

La movilidad es de todos

Mintransporte

Ministerio de Transporte

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

Resolución Número 4561 de 29 de noviembre de 2022

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

La movilidad es de todos

Mintransporte

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

Presidencia de la República

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de Colombia

Ministerio de Transporte

Guillermo Francisco Reyes González
Ministro de Transporte

María Constanza García Alicastro
Viceministra de Infraestructura

Alejandra Quintero Lopera
Directora de Infraestructura

Rodolfo Castiblanco Bedoya
Asesor Dirección de Infraestructura

Instituto Nacional de Vías – INVÍAS

Guillermo Toro Acuña
Director General (E)

Luis Carlos Mantilla Pérez
Subdirector General (E)

Guillermo Toro Acuña
Director Técnico y de Infraestructura

Carolina Jackeline Barbanti Mansilla
Directora de Ejecución y Operación (E)

Juliana Sánchez Acuña
Directora Jurídica

Catalina Téllez Posada
Secretaria General

Gladys Gutiérrez Buitrago
Subdirectora de Reglamentación Técnica e Innovación

Hermes Mauricio Alvarado Sáchica
Coordinador de Normativa Técnica

Neyla Teresa Moreno Vega
Supervisora de los contratos interadministrativos No. 1595 de 2019 y No. 1165 de 2020

Equipo de Trabajo

Carolina Alarcón Vargas

Hermes Mauricio Alvarado Sáchica

Francisco Eugenio Andrade Vargas

Diego Alberto Giraldo Posada

María de los Ángeles Ospina Parra

Universidad Nacional de Colombia

Dolly Montoya Castaño
Rectora

Jaime Franky Rodríguez
Vicerrector de Sede Bogotá

José Ismael Peña Reyes
Director Nacional de Extensión, Innovación y Propiedad Intelectual

María Alejandra Guzmán Pardo
Decana, Facultad de Ingeniería, Sede Bogotá

Camilo Andrés Cortés Guerrero
Vicedecano de Investigación y Extensión

Jorge Iván Sofrony Esmeral
Director Instituto de Extensión e Investigación (IEI)

Carlos Alberto Moncada Aristizabal
Director Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola

Caori Patricia Takeuchi Tam
Directora Área Curricular de Ingeniería Civil y Agrícola

Equipo de trabajo

Dirección y Coordinación
Camilo Ríos Fresneda
Carlos Alfonso Gómez Guacaneme
José Andrés Cruz Wilches
Manuel Leonardo Perilla Ardila
Maximiliano Vargas Cortés

Docentes / Investigadores
Carol Andrea Murillo
Ferney Betancourt Cardozo
Juan Manuel Lizarazo Marriaga
Julio Esteban Colmenares Montañez
Mauricio Alberto Tapias Camacho
Octavio Coronado García

Investigadores e Ingenieros de Apoyo
Álvaro Fabián Pedraza Peña
Ana María Latorre Balaguera
Ángela Patricia Álvarez Rodríguez
Angélica Marcela Orjuela Garzón
Carlos Román Reina Leal
Cesar Santiago Ramírez Rodríguez
Diego Andrés Peña Suarez
Eliana Marcela Gómez
Joan Nicolás Hernández Morales
Luis José Parra Gómez
Luz Dary Pulido
Nicolás Ortiz Álvarez
Oscar Fabián Espinel Manrique
Ronald Steve Garzón Espejo

Corrección de estilo
Dora Inés Pinzón Chamorro

Diagramación
Carolina Norato Anzola

Universidad del Quindío

José Fernando Echeverri Murillo
Rector

Luis Fernando Polanía Obando
Vicerrector de Extensión y Desarrollo Social

Gustavo Botero Echeverri
Decano Facultad de Ingeniería

Carolina Valenzuela Botero
Directora Programa de Ingeniería Civil

Equipo de Trabajo

Director del proyecto
Luis Fernando Polanía Obando
Asesor de dirección
Uriel Orjuela Ospina
Coordinadora
María Rosa Guzmán Meléndez

Docentes / Investigadores
Elkin Aníbal Monsalve Durango
Luisa Fernanda Cuartas Varón
Alba Lucía Castro Benavides
Carlos Arturo García Ocampo
Liberth David Guzmán Mosquera
Leonardo Cano Saldaña
Jorge Hernán Flórez Gálvez
Gabriel Lozano Sandoval
Uriel Orjuela Ospina

Ingenieros de apoyo
Cristian Camilo Orjuela Yusti
Chintya Yustin García Valencia
Alejandra Orjuela Yusti
Marlyn A. Muñoz Moscoso
Carolina Cardona Abad
Daniel Ramírez Sepúlveda
Francy Mariana González Zuluaga

Apoyo jurídico y administrativo
Andrés Mauricio Quiceno Arenas
Carolina Álvarez Echeverry

Corrección de estilo
Jennifer Montes Osorio
Gustavo Giraldo García

Diagramación
Jorge Eliécer Ramírez Bedoya
José Édgar Martínez Ariza

Agradecimientos

Para el Instituto Nacional de Vías, la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad del Quindío, es motivo de complacencia y reconocimiento haber recibido el apoyo de la comunidad en general y diversos actores organizados para la construcción del presente documento, pues su participación en las mesas técnicas y jornadas de trabajo fue de vital importancia. Igualmente, agradecen a todos quienes, con oportunas observaciones y comentarios, retroalimentaron la publicación final de las presentes *Especificaciones generales de construcción de carreteras*.

Asimismo, el Instituto Nacional de Vías destaca y agradece el trabajo y aporte ad-honorem realizado por los profesionales que dedicaron su tiempo y experticia técnica participando en mesas internas de trabajo efectuadas en la vigencia 2019 para la actualización de los artículos 236-13, 235-13, 350-13, 351-13, 500-13 y 630-13, cuyo producto contribuyó en el desarrollo del proyecto de revisión y actualización de la Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras de la Entidad, realizado por la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad del Quindío. Estos profesionales fueron:

Alejandra Hidalgo
Alexander Torres
Alfonso López
Carlos Farid Ávila
Carlos Mario Gómez
Carlos Sanmartin
Carolina Bueno
Claudia Uribe
Delia Curiel
Diana Carolina Soler
Didier Bellon
Diego Jaramillo
Diego Meléndez
Diego Sánchez de Guzmán
Eliana Marcela Montoya
Everlein Orozco
Fabio Blanco
Fredy Rodríguez
Germán Hermida
Germán Pardo
Harol Zambrano
Hernán Pimentel
Iván Ricardo Sánchez
Jhon Jairo Giraldo
Jonathan Angel
Juan Fernando Arango
Juan Ramírez
Luis Fernando Cano
Mariana Castro
Miguel Santamaría
Oscar Javier Reyes
Rafael González
Sandra Liliana Rodríguez
Sergio Cifuentes

Prólogo

El Ministerio de Transporte, a través del Plan Estratégico Sectorial 2019 – 2022, dispuso al Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) poner en marcha un Plan de Acción Institucional que tiene como propósito entre otros: la terminación de proyectos estratégicos, la gestión vial integral con el mantenimiento y rehabilitación de la red nacional de carreteras, la terminación de corredores viales principales 2022, el planeamiento de corredores prioritarios de largo plazo visión 2030 y la construcción de corredores regionales y pactos territoriales; mediante la transformación técnica y modernización del Instituto, que incluye entre otras acciones: la actualización y/o elaboración de nueva regulación técnica, expedir la reglamentación técnica, identificar y evaluar nuevas tecnologías que puedan ser adoptadas y normalizadas, establecer lineamientos de sostenibilidad, la virtualización, banco de lecciones aprendidas; a través de la articulación con Escuelas y Universidades, Gremios, Entidades Territoriales, Veedurías Ciudadanas, entre otros.

El INVÍAS encargado de promover procesos de desarrollo sostenible e innovación tecnológica y normativa para la ejecución de políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de infraestructura de transporte carretero, férreo, fluvial y marítimo, que contribuyan con la competitividad y modernización de la infraestructura del país, conocedor del ritmo del cambio y renovación permanente de la ingeniería, luego de siete años, y teniendo en cuenta los retos planteados en el país en materia de infraestructura, los lineamientos dados por el Plan Nacional de Desarrollo y la modernización técnica que viene adelantando la Entidad, encomendó a la Universidad Nacional de Colombia y a la Universidad del Quindío realizar la revisión y actualización de la versión 2013 de las *Especificaciones generales de construcción de carreteras*, cuyo alcance abarcó los ciento seis (106) artículos existentes en los que se establecen los propósitos, requisitos y estándares de calidad, tolerancias, condiciones de ejecución, controles, aceptación, medida y pago de las actividades constructivas de ejecución habituales en la red nacional de carreteras.

Esta normativa técnica ha marcado la pauta y ha sido la guía para la construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de las carreteras del país. No obstante, el desarrollo científico y tecnológico en la materia a nivel mundial, hacen necesaria la actualización periódica y la complementación de estos documentos, en procura de que el desarrollo y modernización vial colombiano continúe contribuyendo y fortaleciendo la competitividad.

Este proceso de actualización incluyó una innovadora metodología participativa liderada por el Instituto Nacional de Vías, compuesta en dos etapas. La primera consistió en la realiza-

ción de mesas técnicas como un espacio de trabajo colaborativo en las que se contó con la participación de reconocidos profesionales de las áreas del conocimiento tratadas, previa remisión de la propuesta inicial de actualización de los documentos, en las que se debatieron los ajustes propuestos y se llegó a consensos y acuerdos para tal fin. La segunda etapa consistió en la divulgación al público en general y, en la que, mediante publicación en la página web, uso de formularios web y redes sociales del Instituto, fueron recibidos comentarios y observaciones frente a los documentos actualizados, a los que se les dio el tratamiento individual respectivo, así como los ajustes que resultaran pertinentes.

En desarrollo de la actualización de las especificaciones, con las limitaciones que pudieron resultar, se procuraron incorporar los avances científicos, tecnológicos y las experiencias profesionales en materia de construcción vial, con soporte de reconocidas instituciones extranjeras y de la industria nacional.

Igualmente, algunos artículos objeto de actualización fueron unificados sin perder sus posibilidades y ámbito de aplicación, considerando su similitud en aspectos técnicos, de requisitos, de alcance y filosofía de desarrollo; así entonces, los artículos que fueron objeto de la actualización aquí contenida, en conjunto con las consideraciones expuestas previamente, se detallan a continuación:

Capítulo 1, Aspectos Generales:
Artículos 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107 y 108.

Capítulo 2, Explanaciones:
Artículos 200, 201, 203, 210, 211, 220, 221, 223, 230, 231, 232, 233, 234, 235 y 236.

Capítulo 3, Afirmados, Subbases y Bases:
Artículos 300, 310, 311, 312, 320, 321, 330, 340, 341, 350 y 351*.

*Nota: El artículo 351 (el cual se rescinde a partir de la adopción oficial) fue integrado al artículo 350.

Capítulo 4, Pavimentos Asfálticos:
Artículos 400, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 420, 421, 422, 430, 431*, 432, 433, 440, 441*, 442, 450, 451, 452, 453, 460, 461, 462, 464, 465, 466 y 467.

*Nota: Los artículos 431 y 441 (los cuales se rescinden a partir de la adopción oficial) fueron integrados a los artículos 430 y 440 respectivamente.

Capítulo 5, Pavimentos de Concreto:
Artículos 500, 501, 505 y 510.

Capítulo 6, Estructuras y Drenajes:
Artículos 600, 610, 620, 621, 622, 623, 630, 631, 632, 640, 641, 642, 650, 662, 663, 660, 661, 670, 671, 672, 673, 674, 680, 681, 682*, 683 y 690.

*Nota: El artículo 682 (el cual se rescinde a partir de la adopción oficial) fue integrado al artículo 681.

Capítulo 7, Señalización y Seguridad:
Artículos 700, 701, 710, 720*, 730, 731, 740 y 741.

*Nota: El artículo 720 (el cual se rescinde a partir de la adopción oficial) fue eliminado porque el Manual de Señalización no utiliza este tipo de señal.

Capítulo 8, Obras Varias:
Artículos 800, 802, 810, 811, 812 y 820.

Capítulo 9, Transporte:
Artículo 900.

Por su parte, el grupo de normativa técnica de la Subdirección de Reglamentación Técnica e Innovación del INVÍAS, a través de mesas técnicas de trabajo colaborativo, realizó una labor de revisión y armonización de cuatro (4) especificaciones particulares para gestionar su adopción como especificaciones generales de construcción de carreteras, elaborando una versión actualizada de estos artículos con los mismos criterios y estructura empleada para los ciento un (101) artículos vigentes que fueron adoptados el 6 de mayo de 2022. Los nuevos artículos incorporados al presente documento técnico son los siguientes:

Artículo 321, Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural
Artículo 341, Base estabilizada con mezcla asfáltica natural
Artículo 442, Mezcla densa en frío con asfalto natural
Artículo 467, Mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico modificado con Grano de Caucho Reciclado (GCR).

Algunos de los criterios generales adoptados para la actualización de las especificaciones señaladas fueron:

- Mantener la línea filosófica y tecnológica del documento existente, conservando y mejorando aquellas técnicas que se mantienen vigentes y han demostrado su utilidad durante el período en que se han venido aplicando.
- Integrar conocimiento científico reciente aplicable a los requisitos de calidad de los materiales y las técnicas constructivas.
- Resaltar la responsabilidad y completitud en los aspectos que deben contener los estudios y diseños, definidos como los documentos del proyecto, así como el rol de la interventoría en las distintas situaciones constructivas en relación con los mismos.
- Incorporar técnicas actualizadas y requisitos de materiales de construcción que cuenten con el soporte de normas y especificaciones de reconocidos organismos extranjeros.
- Incorporar técnicas actualizadas y requisitos de materiales de construcción que cuenten con el soporte de normas y especificaciones de reconocidos organismos extranjeros.
- Introducir y actualizar, en los diferentes artículos, las versiones más recientes de las normas nacionales e internacionales sobre ensayos de materiales para carreteras.
- Incorporar ítems de pago, de acuerdo con las especificaciones y partidas de trabajo incluidas en ellas.

El alcance de las especificaciones en el presente documento mantiene, como su nombre lo indica, el carácter de general. Esto implica que, aún cuando se trata de especificaciones de amplios espectros de aplicación, ajustadas y redactadas por profesionales de diversas áreas de la ingeniería, estas no deben ser susceptibles de aplicación de manera indiscriminada en todas las obras, dada la diversidad de características y circunstancias en que estas puedan desarrollarse. Por lo tanto, resulta necesario, en la mayoría de los casos, complementar las especificaciones generales con aquellas de carácter particular de cada proyecto las cuales, como ha ocurrido siempre, han de prevalecer sobre disposiciones de tipo general.

Con la misma justificación que precedió el presente proyecto de actualización de los ciento seis (106) artículos de las *Especificaciones generales de construcción de carreteras*, el Instituto liderará la revisión y complementación a estas especificaciones, con el fin de mantener una actualización periódica sobre las mismas, en cumplimiento de su misión y visión, aplicable a sus políticas, estrategias, planes, programas y proyectos.

Finalmente, el Instituto Nacional de Vías, la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad del Quindío agradecen a quienes hicieron parte de este trabajo de actualización de las *Especificaciones generales de construcción de carreteras.*

Contenido

Capítulo 1	Aspectos generales
Artículo 100 - 22	Ámbito de aplicación, términos y definiciones
Artículo 101 - 22	Documentos de referencia y consulta
Artículo 102 - 22	Aspectos generales de seguridad y salud
Artículo 103 - 22	Responsabilidades especiales del constructor
Artículo 104 - 22	Supervisión de los trabajos
Artículo 105 - 22	Desarrollo de los trabajos
Artículo 106 - 22	Aspectos ambientales
Artículo 107 - 22	Control y aceptación de los trabajos
Artículo 108 - 22	Medida y pago de la obra ejecutada

Capítulo 2	Explanaciones
Artículo 200 - 22	Desmonte y limpieza
Artículo 201 - 22	Demolición y remoción
Artículo 203 - 22	Trasplante de árboles
Artículo 210 - 22	Excavación de la explanación, canales y préstamos
Artículo 211 - 22	Remoción de derrumbes
Artículo 220 - 22	Terraplenes
Artículo 221 - 22	Pedraplenes
Artículo 223 - 22	Terraplenes reforzados con geosintéticos
Artículo 230 - 22	Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales
Artículo 231 - 22	Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil
Artículo 232 - 22	Estabilización de suelos de subrasante con geotextil
Artículo 233 - 22	Estabilización de suelos de subrasante y refuerzo de capas granulares con geomallas
Artículo 234 - 22	Conformación de taludes existentes
Artículo 235 - 22	Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento
Artículo 236 - 22	Estabilización de la subrasante y terraplén con cal

Capítulo 3	Afirmados, subbases y bases
Artículo 300 - 22	Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas.
Artículo 310 - 22	Conformación de la calzada existente
Artículo 311 - 22	Afirmado
Artículo 312 - 22	Tratamiento paliativo del polvo en afirmados
Artículo 320 - 22	Subbase granular
Artículo 321 - 22	Subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural
Artículo 330 - 22	Base granular
Artículo 340 - 22	Base estabilizada con emulsión asfáltica
Artículo 341 - 22	Base estabilizada con una mezcla asfáltica natural
Artículo 350 - 22	Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural

Capítulo 4	Pavimentos asfálticos
Artículo 400 - 22	Disposiciones generales para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos
Artículo 410 - 22	Suministro de cemento asfáltico
Artículo 411 - 22	Suministro de emulsión asfáltica catiónica
Artículo 412 - 22	Suministro de aditivo mejorador de adherencia
Artículo 413 - 22	Suministro de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado
Artículo 414 - 22	Suministro de cemento asfáltico modificado con polímeros
Artículo 415 - 22	Suministro de emulsión asfálticas catiónica modificada con polímeros
Artículo 416 - 22	Suministro de asfalto líquido para riegos de imprimación
Artículo 420 - 22	Riego de imprimación
Artículo 421 - 22	Riego de liga
Artículo 422 - 22	Riego de curado
Artículo 430 - 22	Tratamientos superficiales
Artículo 432 - 22	Sello de arena-asfalto
Artículo 433 - 22	Lechada asfáltica
Artículo 440 - 22	Mezclas asfálticas en frío (densa y abierta)
Artículo 442 - 22	Mezcla densa en frío con asfalto natural
Artículo 450 - 22	Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto asfáltico)
Artículo 451 - 22	Mezcla abierta en caliente
Artículo 452 - 22	Mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura (microaglomerado en caliente)
Artículo 453 - 22	Mezcla drenante
Artículo 460 - 22	Fresado de pavimento asfáltico
Artículo 461 - 22	Reciclado de pavimento asfáltico in situ empleando ligantes bituminosos
Artículo 462 - 22	Reciclado de pavimento asfáltico en planta y en caliente
Artículo 464 - 22	Geotextiles para repavimentación
Artículo 465 - 22	Excavación para reparación de pavimento asfáltico existente
Artículo 466 - 22	Sello de grietas en pavimentos asfálticos
Artículo 467 - 22	Mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico modificado con Grano de Caucho Reciclado (GCR)

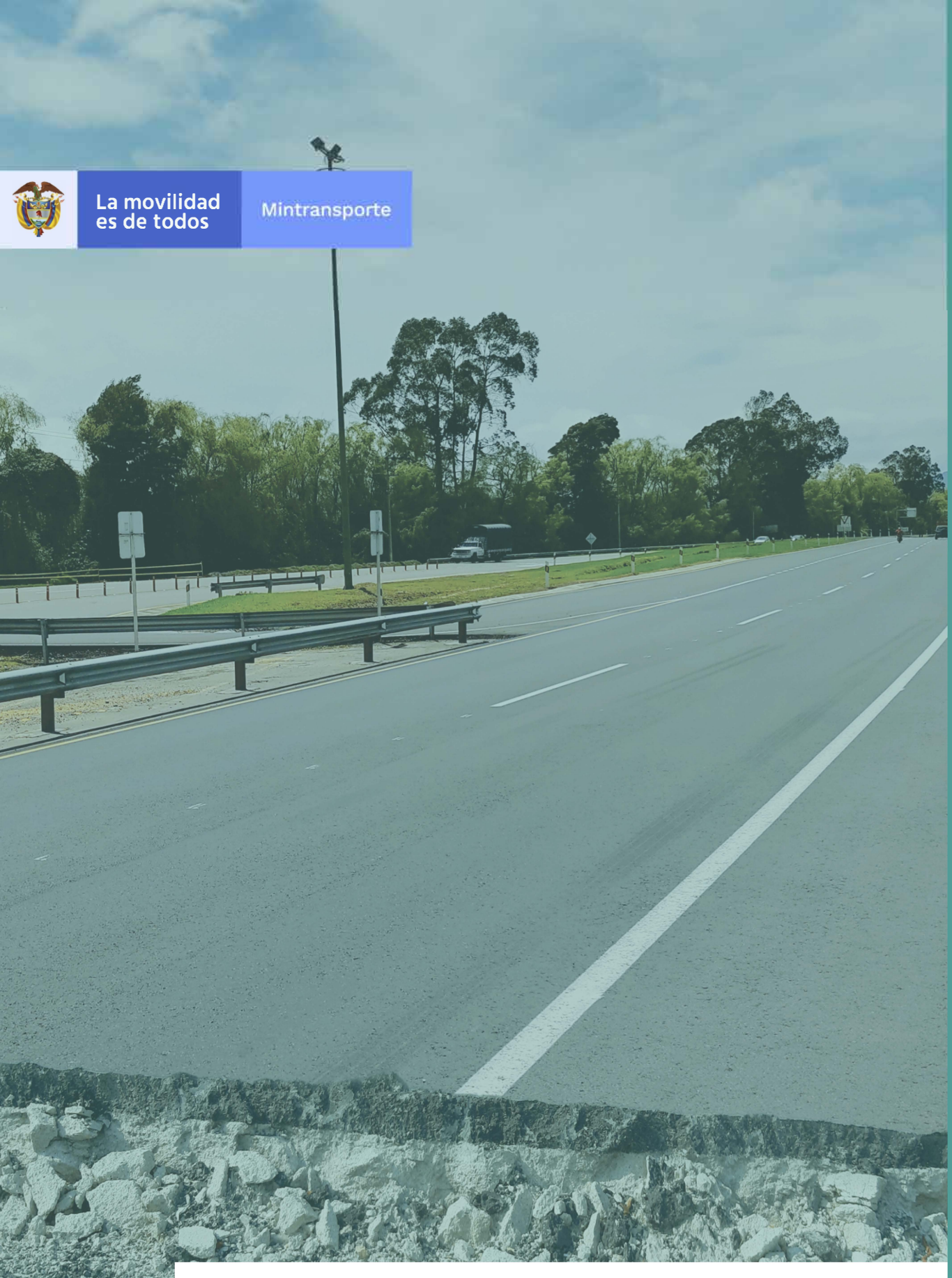
Capítulo 5	Pavimentos de concreto
Artículo 500 - 22	Pavimento de concreto hidráulico
Artículo 501 - 22	Suministro de cemento hidráulico
Artículo 505 - 22	Base de concreto hidráulico
Artículo 510 - 22	Pavimento de adoquines de concreto

Capítulo 6	Estructuras y drenajes
Artículo 600 - 22	Excavaciones varias
Artículo 610 - 22	Rellenos para estructuras
Artículo 620 - 22	Pilotes prefabricados de concreto
Artículo 621 - 22	Pilotes preexcavados
Artículo 622 - 22	Tablestacados
Artículo 623 - 22	Anclajes
Artículo 630 - 22	Concreto estructural
Artículo 631 - 22	Lechada para ductos de concreto preesforzado
Artículo 632 - 22	Barandas de concreto
Artículo 640 - 22	Acero de refuerzo
Artículo 641 - 22	Acero de preesfuerzo
Artículo 642 - 22	Apoyos y sellos para juntas de puentes
Artículo 650 - 22	Estructuras de acero
Artículo 660 - 22	Tubería de concreto simple
Artículo 661 - 22	Tubería de concreto reforzado
Artículo 662 - 22	Tubería metálica corrugada
Artículo 663 - 22	Tubería de plástico
Artículo 670 - 22	Disipadores de energía y sedimentadores, en gaviones de alambre de acero entrelazado o en concreto ciclópeo
Artículo 671 - 22	Cunetas revestidas en concreto
Artículo 672 - 22	Bordillos en concreto
Artículo 673 - 22	Subdrenes con geotextil y material granular
Artículo 674 - 22	Drenes horizontales en taludes
Artículo 680 - 22	Muros de tierra estabilizada mecánicamente con paneles de concreto
Artículo 681 - 22	Gaviones y colchogaviones de malla de alambre de acero entrelazado
Artículo 683 - 22	Muros de tierra estabilizada mecánicamente con geosintéticos
Artículo 690 - 22	Impermeabilización de estructuras

Capítulo 7	Señalización y seguridad
Artículo 700 - 22	Líneas de demarcación y marcas viales
Artículo 701 - 22	Tachas reflectivas
Artículo 710 - 22	Señales verticales de tránsito
Artículo 730 - 22	Defensas metálicas
Artículo 731 - 22	Defensas de concreto
Artículo 740 - 22	Captafaros
Artículo 741 - 22	Delineadores de corona

Capítulo 8	Obras varias
Artículo 800 - 22	Cercas de alambre
Artículo 802 - 22	Poda de árboles
Artículo 810 - 22	Protección vegetal de taludes
Artículo 811 - 22	Protección de taludes con productos enrollados para control de erosión
Artículo 812 - 22	Recubrimiento de taludes con malla y mortero
Artículo 820 - 22	Plantación de árboles

Capítulo 9	Transporte
Artículo 900 - 22	Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes



UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS



La movilidad es de todos

Mintransporte

CAPÍTULO 1

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

1

Aspectos generales

Ámbito de aplicación, términos y definiciones

Artículo 100 – 22

100.1 Ámbito de aplicación

Las presentes especificaciones generales de construcción de carreteras, forman parte de los contratos celebrados por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) para la construcción, rehabilitación, mantenimiento, mejoramiento y conservación de las carreteras y puentes u otras obras de infraestructura a cargo de INVÍAS, cuando así lo indiquen los documentos respectivos.

Las unidades de obra que no se encuentren incluidas en este documento se deben ejecutar de acuerdo con lo establecido en las especificaciones particulares aplicables al contrato, las cuales deben prevalecer sobre las especificaciones generales y pueden modificarlas o complementarlas.

En todos los artículos de las presentes especificaciones generales de construcción de Carreteras, se debe entender que su contenido rige para las materias que expresan sus respectivos títulos, en tanto no se opongan a lo establecido en la ley de contratación vigente ni al pliego de condiciones que dio origen al contrato.

Los temas contemplados en el Capítulo 1, Aspectos generales, del presente documento, forman parte de todas y cada una de las especificaciones generales y particulares de construcción, salvo que el Pliego de Condiciones aplicable al contrato manifieste expresamente lo contrario.

Adicionalmente, si alguna norma citada en las presentes especificaciones es modificada o actualizada con posterioridad a la promulgación de las presentes especificaciones, debe quedar automáticamente incluida en las mismas, de tal forma que no sea necesario esperar una nueva actualización de las especificaciones generales de construcción de carreteras para generar su sustitución.

100.2 Gradualidad en las exigencias de calidad

Las exigencias en relación con la calidad de los materiales y de las mezclas para la construcción y la rehabilitación de pavimentos que se establecen en las presentes especificaciones son, en algunos casos, proporcionales al grado de solicitación que debe tener la capa fabricada con ellos, una vez esta forme parte de la estructura del pavimento.

En concordancia con ello, se consideran en el documento tres (3) niveles de tránsito en función del tránsito de diseño expresado en número de ejes equivalentes de ochenta kilonewtons (N_{80kN}) en el carril de diseño, como se indica en la Tabla 100 – 1.

Tabla 100 – 1. Niveles de Tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N_{80kN}) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} > 5,0$

100.3 Siglas y acrónimos

Las presentes especificaciones hacen referencia ocasional a instituciones o métodos de ensayo nacionales y extranjeros, que son más conocidos por su sigla o por su acrónimo. Algunos de ellos se presentan en la Tabla 100 – 2.

Tabla 100 – 2. Instituciones o métodos de ensayos de referencia

Sigla	Institución o método de ensayo
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ACI	American Concrete Institute
AFNOR	Association Française de Normalization
API	American Petroleum Institute
ASTM	ASTM International (antes American Society for Testing and Materials)
AWS	American Welding Society
BS	British Standard
BSI	British Standards Institution
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (antes Centro de Estudios de Carreteras)
CEN	Comité Europeo de Normalización
FHWA	Federal Highway Administration
GSI	Geosynthetic Institute
GRI	Geosynthetic Research Institute
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
INVÍAS	Instituto Nacional de Vías de Colombia
IRAM	Instituto Argentino de Normalización y Certificación
ISO	International Organization for Standardization
MELC	Método de Ensayo de Laboratorio Central - Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente de España
MT	Ministerio de Transporte de Colombia
EN	Norma Europea
NLT	Normas de Ensayo del Centro de Estudios de Carreteras de España
NTC	Norma Técnica Colombiana
PCA	Portland Cement Association
TRL	Transport Research Laboratory del Reino Unido
UNE	Una Norma Española

100.4 Unidades de medida

Algunos de los símbolos para las unidades de medida utilizadas en estas especificaciones se definen como se indica en la Tabla 100 – 3. Aquellos que no se encuentren incluidos, se deben definir como lo establece la NTC-ISO 80000-1 vigente, aquella que la modifique o sustituya o las que se encuentren establecidas en cada uno de los artículos que conforman las presentes especificaciones.

Tabla 100 – 3. Unidades de medida

Símbolo	Definición
°C	Grado Celsius
cd	Candela
cm	Centímetro
cm^2	Centímetro cuadrado
cm^3	Centímetro cúbico
cP	Centipoise
cSt	Centistoke
dm	Decímetro
g	Gramo
ha	Hectárea
hm	Hectómetro
kg	Kilogramo masa
km	Kilómetro
kN	Kilonewton
kPa	Kilopascal
l	Litro
lb	Libra
lm	Lumen
lx	Lux
m	Metro
mcd	Milicandela
mg	Miligramo
mm	Milímetro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
MPa	Megapascal
µm	Micrómetro
N	Newton
P	Poise
Pa-s	Pascal-segundo
psi	Libras por pulgada cuadrada
s	Segundo
St	Stoke
sSF	Segundo Saybolt Furol
t	Tonelada (1 000 kg)
u	Unidad

100.5 Definiciones aplicables al documento

Aunque los diferentes oficios y funciones que se definen a continuación y que se describen a lo largo del documento, se encuentran en género masculino en aras de la brevedad, siempre se debe interpretar que la referencia es extensiva al género femenino.

100.5.1 Constructor

Es el oferente, persona natural o jurídica, adjudicatario del contrato para ejecutar los trabajos de construcción, que ha de cumplir lo establecido en el Pliego de Condiciones Definitivo, sus adendas y en las especificaciones generales y particulares correspondientes.

100.5.2 Contrato

Acuerdo bilateral de voluntades suscrito por INVÍAS y el constructor, que describe el alcance, el valor y la forma de pago de los trabajos de obra por realizar y que cubre el suministro de materiales, mano de obra, ensayos, herramientas y equipos necesarios para la ejecución de cada obra, en acuerdo con las especificaciones generales y las particulares y los demás documentos del proyecto según lo establezca el Pliego de Condiciones Definitivo y sus adendas, así como la responsabilidad del constructor sobre la estabilidad de los trabajos y todas las demás obligaciones que impone la ley a los contratos de obra pública.

100.5.3 Especificaciones Generales

Conjunto de disposiciones que describen las exigencias sobre la calidad de materiales a utilizar, los procedimientos constructivos, las pruebas de control de producción y de instalación, los criterios de aceptación y las modalidades para la medida y el pago de la obra ejecutada. Dicho grupo de disposiciones también deben incluir aspectos ambientales, sociales, de sostenibilidad, de seguridad y salud en el trabajo, y de gestión del riesgo, a aplicar durante la planeación y el desarrollo de los trabajos.

Las especificaciones generales constituyen el objeto del presente documento.

100.5.4 Especificaciones Particulares

Disposiciones no cubiertas en las especificaciones generales, que priman sobre estas, las cuales abarcan y definen aspectos específicos de una obra particular. Deben estar basadas en referentes internacionales de organismos de amplia aceptación y/o en estudios locales que garanticen la calidad y durabilidad de la respectiva obra.

100.5.5 Interventor

Es el oferente, persona natural o jurídica, adjudicatario del contrato de consultoría para efectuar, en representación de INVÍAS, el control y la vigilancia técnica, administrativa, financiera y jurídica de los trabajos realizados por el constructor, que ha de cumplir lo establecido en el Pliego de Condiciones Definitivo, sus adendas y en todas las disposiciones legales vigentes en relación con el ejercicio de su función, en especial el Manual de Inter-ventoría de la Dirección General de INVÍAS vigente a la fecha.

100.5.6 Norma de ensayo

Norma que suministra métodos de ensayo y requisitos a los que se debe ajustar un determinado producto o trabajo. Viene acompañado de la definición o de notas explicativas, o de ambas, ilustraciones, ejemplos.

100.5.7 Obra

Trabajos y suministros especificados, diseñados, mostrados o contemplados en el contrato para la construcción de un proyecto para la construcción de infraestructura vial y obras complementarias, incluyendo todas las variaciones, correcciones o extensiones por adición o modificación del contrato o por instrucciones escritas del interventor, con la aprobación previa de INVÍAS.

100.5.8 Supervisión

La supervisión de un contrato estatal consiste en "el seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable y jurídico que, sobre el cumplimiento del objeto del contrato, es ejercido por la misma entidad estatal cuando no se requieren conocimientos especializados". El artículo 83 de la Ley 1474 de 2011 permite que las Entidades Estatales celebren contratos de prestación de servicios para apoyar las actividades de supervisión de los contratos que suscriben.

Dicha supervisión recae en los contratos tanto de interventoría como de construcción y/o consultoría.

100.5.9 Infraestructura de transporte sostenible

Se refiere al desarrollo de los modos de transporte en carretera, férreo, fluvial y marítimo que son planificados, diseñados, construidos, operados y desmantelados, en equilibrio con las dimensiones técnica, social, ambiental, económica y financiera, a fin de elevar el bienestar social y el crecimiento económico, sin agotar la base de los recursos naturales renovables.

100.5.10 Infraestructura verde

Red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales, que presta una extensa gama de servicios ecosistémicos. La infraestructura verde consiste en la utilización de vegetación, suelos y procesos naturales para funciones tales como la gestión del agua de lluvia y la creación de ambientes más saludables.

100.5.11 Aclaración sobre las definiciones

INVÍAS no considera necesario definir, en este artículo, aquellos términos técnicos cuyo significado o interpretación resulten suficientemente conocidos o claros para los ingenieros que ejercen su actividad en la ingeniería vial en la República de Colombia, ni para aquellos otros que se puedan encontrar definidos de manera explícita en el pliego de condiciones y sus adendas, estudios previos y otros documentos precontractuales o en los diferentes artículos de las presentes especificaciones. Sin embargo, si en el pliego de condiciones definitivo o en sus adendas se encuentra alguna definición que no concilia

con las presentadas en este artículo, se debe entender que, para efectos de la aplicación de las especificaciones generales de construcción de carreteras, prevalecen las definiciones indicadas en estas.

100.6 Cambios de denominación o de responsabilidades

Si durante el período de vigencia de las presentes especificaciones generales de construcción de carreteras, INVÍAS o cualquiera de las demás entidades y de los organismos a los cuales se hace referencia en este documento, sufren modificación en su nombre, en su sigla o su acrónimo, o son suprimidos o reestructurados, se debe entender, para los efectos de la aplicación de todos los artículos, que la denominación con la cual aparecen tales entidades y organismos en el presente documento, es reemplazada inmediatamente por la de aquellas que hayan asumido sus funciones, en relación directa y exclusiva con el tópico sobre el cual son citadas de manera específica.

Documentos de referencia y consulta

Artículo 101 – 22

101.1 Normas de ensayo

En todo lo relacionado con ensayo de materiales o de la calidad de la unidad de obra terminada, deben regir en primer lugar las normas respectivas del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS); para los ensayos no cubiertos por estas, se deben aplicar las normas más recientes de las agencias que se han indicado en la Tabla 100 – 1 o aquellas normas que sean indicadas en las especificaciones particulares.

En todo caso, en los diferentes artículos de las presentes especificaciones se indican las normas de referencia aplicables a los diferentes ensayos por realizar.

101.2 Documentos informativos

Los datos sobre geología y geotecnia, sondeos, apiques y trincheras (calicatas), procedencia de materiales, ensayos, condiciones locales, diagramas de movimientos de tierras, diseño geométrico, programación, condiciones climáticas e hidrológicas, análisis de precios, presupuestos, tránsito, gestión del riesgo, aspectos ambientales, sociales y de sostenibilidad y, en general, todos los que habitualmente contienen los estudios relacionados con el proyecto objeto del contrato, son documentos meramente informativos; en consecuencia, no suponen responsabilidad de INVÍAS sobre la información que suministran y, por lo tanto, deben aceptarse tan sólo como complementos de toda la información que el constructor debe adquirir directamente y con sus propios medios para el cabal cumplimiento del contrato.

Por ello, el constructor debe ser el único responsable de los errores que se puedan derivar de su defecto o de la negligencia en la consecución de todos los datos que afecten al contrato y que sea de su incumbencia obtener, así como al planeamiento y a la correcta ejecución de las obras contratadas.

101.3 Contradicciones, omisiones o errores en documentos

En caso de contradicciones entre los planos del proyecto y las especificaciones particulares de construcción, prevalece lo prescrito en estas últimas. En todo caso, ambos documentos deben prevalecer sobre las especificaciones generales de construcción de carreteras.

Lo mencionado en las especificaciones particulares y omitido en los planos, o viceversa, se debe ejecutar como si estuviese expuesto en ambos documentos siempre que, a juicio del interventor, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente y esta tenga establecida una especificación particular y acordado un precio en el contrato.

En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que adviertan en estos documentos el interventor o el constructor, se deben informar por escrito al supervisor, tan pronto como sean detectados.

Aspectos generales de seguridad y salud

Artículo 102 – 22

102.1 Introducción

Las responsabilidades generales del constructor relacionadas con aspectos de seguridad y salud en el trabajo, se deben regir por lo previsto en el contrato y por el marco legal nacional vigente.

102.2 Seguridad y salud en el trabajo

El constructor debe diseñar e implementar un sistema de seguridad y salud en el trabajo y aplicarlo en el desarrollo del contrato, de acuerdo con el Decreto 1072 de 2015, la Resolución 0312 de 2019 y las normas que los modifiquen o sustituyan.

El constructor tiene la obligación de adoptar las medidas de seguridad y salud en el trabajo necesarias en todas sus instalaciones, en los frentes de trabajo y en las proximidades afectadas por ellos, y de mantener programas permanentes que logren y conserven una adecuada salud física y mental de todo su personal, contratistas, subcontratistas y proveedores, garantizando las condiciones de contratación y seguridad y salud en el trabajo, de acuerdo con la normativa vigente.

Igualmente, el constructor debe contar con un Plan de Manejo de Tránsito (PMT) e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

En las zonas de las obras, el constructor debe disponer instalaciones sanitarias adecuadas y en la cantidad apropiada, debidamente distribuidas por género, para uso por parte del personal adscrito a las obras y debe garantizar que las condiciones de salubridad estén de acuerdo con las exigencias de la reglamentación vigente.

El constructor es el único responsable de los perjuicios ocasionados por la falta de medidas de seguridad, salubridad y control de estas en sus ambientes de trabajo y debe tener en cuenta en la ejecución de los proyectos, las disposiciones ambientales en materia de construcción de carreteras establecidas en el artículo 106, Aspectos ambientales. Todos los riesgos evidenciados en la gestión del riesgo

de desastres, que puedan afectar la salud de las personas, deben considerarse dentro del diseño e implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST).

102.3 Prevención y control de incendios

El constructor debe atenerse a las disposiciones vigentes para la prevención y control de incendios, para lo cual debe capacitar a su personal en obra sobre los diferentes tipos de fuego que se pueden producir, características, causas y la forma adecuada de contenerlos.

Debe, también, tomar las medidas necesarias para evitar que se produzcan fuegos innecesarios, conformar las brigadas de emergencia y capacitarlas, al igual que a su personal en obra. Así mismo, es responsable de evitar la propagación, de aquellos que se puedan requerir para la ejecución de las obras, así como de todos los daños y perjuicios que se puedan producir a causa de ellos.

102.4 Sanidad y limpieza en zonas de campamentos

El constructor debe proporcionar espacios apropiados para cambio de ropa y toma de alimentos y mantener todas las áreas de sus campamentos en satisfactorias condiciones sanitarias y de limpieza, cumpliendo con los requisitos y reglamentos vigentes en relación con los protocolos de bioseguridad, conservando la sanidad pública y protección del ambiente.

Responsabilidades especiales del constructor

Artículo 103 – 22

103.1 Cumplimiento de la normatividad legal

El constructor debe conocer todas las leyes y decretos de la República de Colombia, además de las ordenanzas, acuerdos y decretos expedidos por las corporaciones públicas y ejecutivos regionales y locales que puedan afectar de alguna manera el desarrollo del contrato y es su obligación el cumplimiento de todos ellos.

Así mismo, debe cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 101.1 del artículo 101, Documentos de referencia y consulta.

El constructor debe proteger y salvar al Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y a sus representantes, de cualquier reclamo o juicio que surja como consecuencia de la contravención o falta de cumplimiento de dichas disposiciones por parte de su personal.

103.2 Calidad

El constructor debe incluir, dentro de su organización administrativa, el diseño e implantación de un sistema de gestión de la calidad, el cual contiene el Plan de Inspección, Medición y Ensayo (PIME) que, previo al inicio de las obras, debe ser revisado y aprobado por la interventoría. Para cumplir con este requisito, se debe utilizar la NTC vigente.

Además, debe garantizar un área destinada al laboratorio de calidad y disposición de muestras para el laboratorio. El lugar debe estar libre de obstáculos, señalizado, protegido de acuerdo con la especificación particular e independiente de otra área específica de trabajo, para conservar, identificar y salvaguardar los especímenes tomados para cada prueba.

La responsabilidad por la calidad de la obra es única y exclusivamente del constructor y cualquier supervisión, revisión, comprobación o inspección que realicen el interventor, INVÍAS o sus representantes, se debe hacer para verificar su cumplimiento, y no exime al constructor de su obligación sobre la calidad de las obras objeto del contrato.

103.3 Autocontrol

El constructor es el responsable del control de calidad del proyecto. Por lo tanto, y como quedó establecido en el numeral 103.2, es deber del mismo en compañía de la interventoría según sea el caso, realizar de forma correcta, a tiempo y con resultados efectivos, el control de las variables de calidad en cada una de las especificaciones que apliquen y tomar las acciones correctivas y de mejora en el momento de una desviación de los estándares o métricas de calidad establecidas por la norma.

Dentro de sus responsabilidades de control se encuentran:

- El constructor debe tener en obra, y, previamente aprobado por el interventor, la programación de los trabajos a realizar, con sus respectivos tiempos y ruta crítica. Así mismo, es su obligación, proteger las obras que puedan verse afectadas por factores climáticos predecibles.

- El constructor debe seguir, en la ejecución de los proyectos, las disposiciones ambientales en materia de construcción de carreteras establecidas en el artículo 106, Aspectos ambientales.

- Realizar todas las inspecciones y los controles de materiales, equipos, procedimientos constructivos, verificaciones de calidad y mediciones que se mencionan en las especificaciones. Esto debe incluir la realización de todas las pruebas de diseño y control de calidad exigidas por las presentes especificaciones, en la cantidad y frecuencia señaladas, las cuales tienen carácter preceptivo. El constructor debe permitir el libre acceso de los funcionarios de INVÍAS y de la interventoría para la vigilancia y control de estas actividades, cuando así lo requieran.

- Documentar todos los resultados de las inspecciones, pruebas y verificaciones de control realizadas. Esta documentación debe estar archivada siguiendo los lineamientos de control documental fijados en el plan de calidad aprobado.

- Implementar un sistema de detección de riesgos de incumplimiento de calidad, en todos sus procesos, para poder tomar acciones correctivas de manera oportuna. Para ello, el plan de calidad debe identificar no solamente los límites de aceptación y rechazo de las especificaciones, sino límites de acción con valores más estrictos que los límites de aceptación y rechazo (PIME).

- Para atender estas obligaciones, y como parte del sistema de gestión de la calidad requerido según el numeral 103.2, el constructor debe contar con un laboratorio de campo, controlado por personal calificado e idóneo para tal labor, previamente aprobado por el interventor, que le permita realizar todas las pruebas de diseño y control de calidad exigidas por las presentes especificaciones, las cuales tienen carácter preceptivo.

Todos los elementos del laboratorio deben encontrarse en perfectas condiciones de funcionamiento y aquellos que lo requieran, deben tener al día su certificado de calibración.

Igualmente, debe contar con las comisiones de topografía necesarias para atender las necesidades de medición del proyecto, de acuerdo con los rendimientos requeridos según el programa de trabajo aprobado. Estas comisiones deben contar personal calificado e idóneo para tal labor, previamente aprobado por el interventor, y con equipos en perfectas condiciones de funcionamiento y certificado de calibración vigente.

Siempre que INVÍAS ordene al constructor realizar algunas pruebas que no estén contempladas en las especificaciones, con el fin de verificar si algún trabajo ejecutado tiene

defectos, y la prueba revele que los tiene, el costo de ellas debe estar a cargo del constructor.

103.4 Permisos y licencias

El constructor debe obtener todos los permisos y licencias que le correspondan para la ejecución correcta y legal de las obras, y pagar los impuestos y derechos de los cuales no esté exonerado.

En lo relacionado con la extracción de materiales, el constructor debe contar con el permiso de las autoridades competentes para tal fin.

Así mismo, el constructor debe contar con todas las licencias requeridas para el uso de datos, software, equipos informáticos y de telecomunicaciones que puedan llegar a requerirse para la ejecución del proyecto. Además, debe presentar a la interventoría copia de los respectivos permisos y licenciamientos para verificar su validez y fechas de vigencia.

103.5 Patentes y regalías

El constructor es el único responsable del uso y pago de regalías, y cualquier costo relacionado con el uso de patentes, marcas registradas y derechos reservados ya sea de equipo, dispositivos, materiales, procedimientos u otros con destino a las obras, debe estar incluido en los precios de los ítems contractuales, ya que por estos conceptos INVÍAS no le debe efectuar ningún abono directo.

103.6 Servidumbres

El constructor está obligado a mantener provisionalmente durante la ejecución de la obra y a reponer a su finalización, todas aquellas servidumbres que INVÍAS le entregue debidamente relacionadas, siendo de cuenta del constructor los trabajos necesarios para el mantenimiento y la reposición de tales servidumbres.

También, debe mantener y reponer aquellas servidumbres existentes antes de la suscripción de la orden de iniciación del contrato que se hayan omitido en la referida relación, caso en el cual debe tener derecho a que se le abonen los costos correspondientes, previo el trámite que para el efecto tenga establecido INVÍAS.

Cuando se produzca algún deterioro de una instalación como consecuencia de las acciones del constructor, este debe avisar de inmediato a la compañía o al individuo responsable de la instalación y debe colaborar en la reparación del daño y en la restauración del servicio, si este queda interrumpido. Los costos que se produzcan por dicha causa, deben ser sufragados en su totalidad por el constructor.

103.7 Contratación de personal

Todas las personas requeridas por el constructor para la ejecución de los trabajos en las condiciones previstas por el contrato deben ser nombradas por él, quien debe cumplir con todas las disposiciones legales sobre la contratación del personal colombiano y extranjero. Así mismo, se obliga a realizar el pago de todos los salarios, prestaciones sociales y aportes parafiscales que se establezcan en relación con los trabajadores y empleados, ya que el personal que vincula el constructor no tiene carácter oficial y, en consecuencia, sus relaciones trabajador - empleador se rigen por

lo dispuesto en el Código Sustantivo del Trabajo y demás disposiciones concordantes y complementarias. Ninguna obligación de tal naturaleza corresponde a INVÍAS y este no asume responsabilidad ni solidaridad alguna.

Igualmente, de acuerdo con la Ley 1618 de 2013, el contratista debe contar con personal calificado (siempre que cumpla con los requisitos exigidos en los pliegos) y no calificado, así como con personas con capacidades reducidas y reinsertados, tanto femenino como masculino, pertenecientes a la zona donde se desarrolla el proyecto.

El constructor debe disponer, a pie de obra, del equipo técnico necesario para la correcta interpretación de los documentos técnicos del proyecto, para la ejecución de los replanteos que le correspondan y para la ejecución de las obras de acuerdo con las especificaciones generales y particulares de construcción.

El constructor es el responsable por los fraudes o malversaciones de su personal en relación con el suministro o el empleo de los materiales requeridos para la ejecución de las obras.

El constructor debe asumir toda la responsabilidad de la ejecución de la obra ante INVÍAS y, por lo tanto, en los casos en los cuales se autorice la subcontratación, debe responder ante INVÍAS por los subcontratistas, para quienes deben regir, además, todas las disposiciones del pliego de condiciones, de las especificaciones y del contrato en relación con asuntos laborales, de salud y seguridad, ambientales, de control de calidad y demás materias.

103.8 Responsabilidad por daños y reclamos

Los daños que se ocasionen a personas y a elementos de propiedad pública o privada por causas imputables al constructor debido a la operación de sus equipos en las obras o en la vía pública, deben ser reparados por su cuenta y a costa suya y, por lo tanto, debe liberar de responsabilidad a INVÍAS y a sus representantes en la obra, de todo reclamo, demanda o juicio de cualquier naturaleza que surja como resultado de daños o perjuicios que puedan atribuirse a la construcción de las obras o estar relacionados con ellas.

103.9 Uso de explosivos

El constructor debe tener en cuenta todas las disposiciones legales vigentes para la adquisición, transporte, almacenamiento, manipulación y empleo de los explosivos e implementos relacionados. En ningún caso se debe permitir el almacenamiento de explosivos a menos de trescientos metros (300 m) de una vía pública o de cualquier edificio o zona de campamento.

El uso de explosivos se debe permitir únicamente con la aprobación por escrito del interventor. Estas actividades deben estar relacionadas con lo establecido en el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud, de las presentes especificaciones. Antes de realizar cualquier voladura se deben tomar todas las precauciones necesarias para la protección de las personas, vehículos, la banca de la vía y toda otra estructura adyacente al sitio de las voladuras.

En ningún caso se debe permitir que los fulminantes, espoletas y detonadores de cualquier clase se almacenen, transporten o

conserven en los mismos sitios que la dinamita u otros explosivos. La localización y el diseño de los polvorines, los métodos para transportar los explosivos y, en general, las precauciones que se tomen para prevenir accidentes, deben estar sujetos a la aprobación del interventor, pero esta aprobación no exime al constructor de su responsabilidad única por tales accidentes. Todo daño resultante de las operaciones de voladura debe ser reparado por el constructor a su costa y a satisfacción de INVÍAS y demás autoridades competentes.

El personal que intervenga en la manipulación y empleo de explosivos debe ser de reconocida práctica y pericia en estos menesteres y reunir las condiciones adecuadas en relación con la responsabilidad y normativa que corresponda a estas operaciones.

El constructor debe suministrar y colocar las señales necesarias para advertir al público de su trabajo con explosivos. Su ubicación, tamaño, luminosidad y estado de conservación deben garantizar, en todo momento, su perfecta visibilidad.

Durante los periodos en que se usen explosivos, el constructor debe ubicar, en lugares apropiados, miembros de su personal que alerten a los transeúntes sobre el trabajo en ejecución y eviten que estos ingresen a dicha zona de trabajo.

No debe haber ningún pago directo por el suministro, transporte, almacenamiento, manejo, empleo y medidas de señalización y control referentes al uso de explosivos, por cuanto se considera que los gastos respectivos deben quedar incluidos en los precios unitarios de las unidades de obra en las cuales se van a utilizar los materiales explotados.

En todo caso, el constructor debe cuidar especialmente de no poner en peligro vidas o propiedades, y es responsable de todos los daños que se deriven del empleo de los explosivos destinados a la ejecución de las obras objeto del contrato.

103.10 Comodidad del público

En todo momento, el constructor debe realizar sus operaciones de manera que se produzcan los menores inconvenientes y demoras al tránsito público y debe ofrecer condiciones adecuadas y razonables de seguridad a los demás usuarios y moradores aledaños a las obras en ejecución. Como primera medida debe realizar actas de vecindad para determinar el estado de las estructuras circundantes previo al inicio de los trabajos; además, debe mantener a su costa, un acceso adecuado a las propiedades adyacentes a la obra, así como a los caminos públicos interceptados por el proyecto y no puede cortar el acceso a ninguna propiedad, hasta que se encuentre en servicio la instalación que lo reemplace.

Si sus operaciones representan algún peligro evidente o potencial al tránsito o al público en general, el constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, con los cuales se garantice la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT.

Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

Por el suministro de todas estas medidas no debe haber abono directo por parte de INVÍAS, por lo que su costo debe estar incluido dentro de los costos indirectos.

Supervisión de los trabajos

Artículo 104 – 22

104.1 Vigilancia de los trabajos

La coordinación y la vigilancia de la ejecución para el cumplimiento del contrato deben ser ejercidas por un interventor, quien representa al Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) ante el constructor. El interventor está autorizado para solicitar y exigir al constructor la información necesaria sobre temas que versen sobre la relación contractual con INVÍAS, en lo referente a aspectos financieros, calidad de obra, gestiones ambientales, sociales, prediales de sostenibilidad, salud y seguridad en el trabajo, y gestión del riesgo, y cualquier otra información requerida para la ejecución de obra y el cumplimiento del contrato dentro de los plazos previstos. Así mismo, el interventor está autorizado para impartir instrucciones al constructor sobre asuntos de responsabilidad de este. Esta autorización debe incluir también, a los funcionarios acreditados de INVÍAS.

Las unidades administradoras y ejecutoras de INVÍAS deben suministrar de manera adecuada, suficiente y oportuna, la información relacionada con la ejecución del proyecto a los diferentes tipos de actores.

El interventor no tiene autorización para exonerar al constructor de ninguna de sus obligaciones o deberes contractuales. Tampoco puede, sin autorización escrita previa de INVÍAS, ordenar trabajo alguno que derive en variaciones en el plazo o en el valor del contrato, ni efectuar ninguna modificación de la concepción del diseño o de los precios o unidades de medida de los ítems de obra. Todas las comunicaciones u órdenes del interventor, deben ser expedidas o ratificadas por escrito.

El interventor debe verificar que el constructor minimice los impactos ambientales, de seguridad y salud en el trabajo, sociales y de sostenibilidad que se presenten, en caso de modificaciones a los estudios o diseños del proyecto de construcción de infraestructura vial y obras complementarias.

El interventor debe verificar que durante la ejecución del proyecto de infraestructura vial y sus obras complementarias, se adopten la totalidad de las especificaciones establecidas en los estudios y diseños definitivos.

Además, debe hacer una verificación permanente del estado de la licencia ambiental otorgada por la autoridad competente, en caso de que el proyecto la requiera. De lo contrario, se debe verificar el cumplimiento del Programa de adaptación de las guías de manejo ambiental (PAGA).

Las funciones del interventor son las relacionadas en el respectivo contrato y en el Manual de Interventoría de Obra Pública de la entidad.

104.2 Bitácora de obra

El interventor debe abrir una Bitácora de Obra, en la cual se debe individualizar la obra por ejecutar y se debe señalar los hechos más importantes durante el transcurso de su ejecución, desde el instante de la expedición de la orden de iniciación de los trabajos hasta el recibo definitivo de los mismos.

En especial, en dicha bitácora se debe dejar constancia del cumplimiento o incumplimiento de las especificaciones y demás obligaciones contraídas por el constructor en acuerdo con el contrato.

En la citada bitácora solamente se pueden realizar anotaciones sobre los asuntos inherentes a la ejecución de la obra.

104.3 Reuniones de evaluación y coordinación

Al menos con la frecuencia que se establece el Manual de Interventoría de Obra Pública de INVÍAS se deben celebrar reuniones entre las partes con el fin de evaluar y armonizar los aspectos de ejecución de obra y cumplimiento contractual. Como mínimo, a ellas deben asistir los representantes de la entidad, los interventores y su grupo asesor y el constructor con su equipo de trabajo. Complementariamente y cuando así se estime necesario para el desarrollo de dichas reuniones, puede convocarse a otros funcionarios de INVÍAS, delegados de grupos de interés y representantes de la comunidad, de tal modo que se analicen y resuelvan coordinadamente los diferentes aspectos inherentes a las obras y al contrato.

De cada una de estas reuniones se debe levantar un acta, cuyo original debe ser mantenido en custodia por el interventor, según sea el caso.

104.4 Acceso a la zona de las obras

Los funcionarios y contratistas autorizados por INVÍAS, deben tener acceso permanente al lugar de los trabajos, a las fábricas en donde estén en elaboración o fabricación de los materiales que se utilizan en la obra, y a los laboratorios en los que se realicen ensayos a las muestras tomadas y a los materiales utilizados en la construcción. Para tal fin, el constructor debe proporcionar los medios necesarios para facilitar la inspección de los procedimientos de elaboración de los materiales y de los productos finales que son incorporados en la obra.

104.5 Supervisión de ensayos y pruebas

Los funcionarios y contratistas autorizados por INVÍAS, pueden supervisar, en cualquier momento, los ensayos y pruebas que realicen el constructor o el interventor en relación con la obra contratada. Para que esta supervisión pueda ser efectiva, la parte supervisada debe informar a sus contrapartes el sitio y fecha programados para su realización.

De la misma manera, los representantes del constructor pueden supervisar en cualquier momento los ensayos y pruebas que realice el interventor relacionados con la obra. El interventor debe mantener informado al constructor sobre el sitio y fecha programados para su realización.

Desarrollo de los trabajos

Artículo 105 – 22

105.1 Movilización

El constructor debe realizar todos los arreglos necesarios con miras al oportuno y cuidadoso embarque y transporte de las plantas de producción, maquinarias, vehículos y demás bienes muebles que constituyen su equipo de construcción, así como el traslado o contratación en el lugar del personal requerido, con el fin de asegurar el avance normal de los trabajos, de acuerdo con el programa aprobado. En la provisión de equipos deben incluirse los elementos mínimos requeridos para el control de suelos, pavimentos, concretos y demás materiales que deban ser sometidos a inspección, según las unidades de obra incluidas en el contrato.

Así mismo, debe proveer oportunamente las instalaciones destinadas a campamentos, siguiendo los lineamientos establecidos en la normativa nacional vigente, oficinas, laboratorios y demás espacios que sean requeridos para la correcta administración y ejecución de los trabajos contratados. El constructor no puede implantar dichas instalaciones en áreas naturales protegidas, de patrimonio o áreas que incluyan algún tipo de ecosistemas estratégicos.

Por estas actividades el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) no debe realizar ningún abono directo, motivo por el cual los gastos que ellos ocasionen deben ser incluidos dentro de los costos de administración que forman parte de los costos indirectos de las diferentes partidas de trabajo.

105.2 Entrega del terreno y replanteo del trazado

INVÍAS debe poner a disposición del constructor el terreno requerido para el emplazamiento y la ejecución de las obras conforme con lo indicado en los documentos del contrato. El constructor debe adoptar sus propias medidas en relación con cualquier otro terreno que requiera para la ejecución del contrato y que se encuentre por fuera de los límites de la obra contratada, ya que INVÍAS no debe asumir ninguna responsabilidad en relación con dicho terreno.

Una vez recibido el terreno, es responsabilidad del constructor replantear el trazado de la obra y conservar todos sus elementos, reponiendo periódicamente aquellos que sufran deterioro y emplazando los auxiliares que sean necesarios para la correcta ubicación y ejecución de los trabajos contratados. Este replanteo debe ser verificado por el interventor y aprobado por este cuando lo considere correcto.

Ningún trabajo de movimiento de tierras puede comenzar sin que el terreno se encuentre chaflanado de conformidad con lo indicado en los documentos del proyecto.

Con el objeto de llevar un adecuado control y referencia de los trabajos, junto con el replanteo del trazado, el constructor debe ejecutar o reponer las estacas del proyecto (balizado) cada veinte metros (20 m), demarcando el abscisado completo cada cien metros (100 m), así como cada vez que se encuentre un elemento singular como una obra de arte, puente, poste u otros. Se recomienda que en caso de que la vía presente condiciones particulares el constructor, en conjunto con la interventoría, modifiquen el balizado del proyecto para ajustarlo a dichas condiciones con el fin de que se cumpla a cabalidad con el objeto contractual.

El constructor debe instalar, además, puntos de referencia altimétricos distanciados a no más de quinientos metros (500 m) entre sí, ubicados fuera de la zona de los trabajos y en lugares donde no puedan sufrir ningún daño previsible durante el período de construcción; también, debe instalar referencias planimétricas que garanticen el establecimiento y control de los puntos del proyecto en las coordenadas establecidas X y Y. La ubicación y las cotas de estos elementos deben ser entregadas al interventor antes de iniciar el trabajo que las requiera.

Los trabajos referentes al replanteo, al balizado de la vía y a la localización y mantenimiento de puntos de referencia, no deben ser objeto de abono directo por parte de INVÍAS, motivo por el cual deben ser considerados dentro de los costos indirectos del proyecto.

105.3 Señalización y defensa de la zona de las obras

Desde la orden de iniciación y entrega de la zona de las obras al constructor y hasta la entrega definitiva de las obras a INVÍAS, y si está prevista la utilización temporal o permanente de la vía por el tránsito público, el constructor dabe estar en la obligación de señalizar y mantener el tránsito en el sector contratado, como prevención de riesgos a los usuarios y personal que trabaja en la vía en construcción, de acuerdo con las estipulaciones y especificaciones vigentes sobre la materia. En dicho lapso, el constructor es el único responsable de la señalización y el mantenimiento del tránsito en el sector objeto del contrato.

La señalización debe realizarse en estricto cumplimiento de las disposiciones vigentes sobre la materia, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, la cual debe garantizar la seguridad del tránsito público y de los equipos de construcción durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para las actividades que impliquen el cierre total o parcial de la vía se debe presentar un Plan de Manejo de Tránsito (PMT), que debe tener la aprobación del interventor y/o de la entidad contratante.

No se pueden iniciar actividades que afecten la libre circulación por una vía, sin que se hayan colocado los elementos reglamentarios de señalización. Estos elementos deben ser modificados o retirados siempre que corresponda, tan pronto como se modifique o desaparezca la afectación a la libre circulación que originó su colocación.

En todos los casos en los cuales la señalización se aplique sobre instalaciones dependientes de otros organismos públicos, el constructor debe estar obligado a cumplir los requisitos

que aquellos establezcan sobre el particular, siendo de cargo del constructor los gastos en que incurra dicho organismo en ejercicio de las facultades de inspección que le correspondan.

El constructor debe, así mismo, señalizar adecuadamente los sitios de almacenamiento de los materiales por utilizar en los diferentes procesos constructivos y debe tomar las medidas necesarias, a su costa, para que los materiales, instalaciones y obras que constituyan el objeto del contrato, no sufran daños o perjuicios como consecuencia de cualquier fenómeno natural previsible de acuerdo con la situación de la obra y que no supongan ningún riesgo adicional al personal y a las instalaciones, en consonancia con las condiciones propias de los trabajos y de los materiales por utilizar.

105.4 Equipos

El constructor debe mantener en los sitios de las obras los equipos adecuados a las características y magnitud de las obras y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones de construcción, programas de trabajo y dentro de los plazos previstos, con los índices de calidad exigidos en la especificación respectiva.

Todos los equipos deben ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del interventor. Los equipos que no estén en obra deben permanecer en áreas acondicionadas para su estacionamiento, sin obstaculizar la vía pública ni la movilidad de los transeúntes

105.4.1 Condiciones generales de los equipos

El constructor debe mantener los equipos y herramientas de construcción en óptimas condiciones, con el objeto de evitar demoras o interrupciones debidas a daños en los mismos. La mala calidad de los equipos o los daños que ellos puedan sufrir, no deben ser causal que exima al constructor del cumplimiento de sus obligaciones. INVÍAS o la interventoría se reservan el derecho de exigir el reemplazo o reparación, por cuenta del constructor, de aquellos equipos que a su juicio sean inadecuados o ineficientes o que por sus características no se ajusten a los requerimientos de seguridad, a los ambientales o sean un obstáculo para el cumplimiento de lo estipulado en los documentos del contrato.

105.4.2 Emisiones

Las condiciones de operación de los equipos deben ser tales, que no se presenten emisiones de sustancias nocivas que sobrepasen los límites permisibles de contaminación de los recursos naturales, de acuerdo con las disposiciones ambientales vigentes. El constructor es el único responsable, en caso de presentarse incumplimiento en las emisiones permisibles de todo equipo.

105.4.3 Aspectos de seguridad

Todos los equipos deben tener los dispositivos acústicos y de señalización necesarios para prevenir accidentes de trabajo.

En todo caso debe estar incluido en el Sistema General de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) y cumplir con la normativa vigente.

105.5 Transporte de equipos y materiales peligrosos

El transporte de equipos, de materiales de excavaciones, materiales pétreos y demás materiales y mezclas provenientes de la zona de los trabajos o con destino a las obras objeto del contrato, deben hacerse en las rutas aprobadas por el interventor, sin interrupción del tránsito normal. Sobre el particular, el constructor debe tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas de las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte (carga y dimensiones) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (emisiones).

Durante el acarreo de los materiales de construcción o generados durante el proceso constructivo, estos deben ser protegidos con un recubrimiento debidamente asegurado a la carrocería del vehículo, para impedir su caída sobre las vías por donde se transportan, así como en las zonas aledañas a las obras. Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deben limpiar perfectamente las llantas de todos los vehículos empleados en el transporte de materiales.

Por ningún motivo se debe permitir la circulación autopropulsada de los equipos de construcción por las vías públicas en desarrollo de actividades diferentes a la ejecución de las partidas de obra. En consecuencia, todo traslado de equipos y maquinaria, dentro o fuera de los frentes de trabajo, se debe realizar en absoluta conformidad con las disposiciones que al respecto tenga el Ministerio de Transporte. El constructor es el único responsable por cualquier daño y perjuicio que pueda resultar del incumplimiento de esta disposición.

105.6 Transporte y manejo de materiales peligrosos

El transporte y manejo de elementos tales como combustibles, lubricantes, explosivos, asfaltos, desechos, basuras y materiales radiactivos debe efectuarse en pleno acuerdo con la reglamentación nacional existente sobre la materia para cada uno de ellos. En todos los casos, el constructor debe garantizar las condiciones de seguridad necesarias y razonables para prevenir derrames, fugas y daños por lluvia o inundación, robos, incendios u otras eventualidades.

Teniendo en cuenta que algunas pruebas de laboratorio requieren el uso de solventes químicos y en el refrentado de los cilindros de concreto se suele emplear el azufre, el constructor debe tomar las disposiciones para que en el área de trabajo donde se realicen tales pruebas no se haga uso indebido de esos elementos, garantizando todas las condiciones de seguridad, según la normativa vigente. Se debe verificar que la ventilación sea apropiada, que el personal se encuentra adecuadamente protegido contra la aspiración de vapores tóxicos, contra el contacto con cualquier producto que pueda afectar la piel o los ojos y que el almacenamiento del material cumpla con las condiciones establecidas para tal fin.

Para el transporte de dispositivos que hagan uso de tecnología de emisiones radioactivas se deben adelantar las medidas pertinentes de prevención, tales como la verificación de que el

personal a cargo y de que el vehículo de transporte cuente con las respectivas autorizaciones, el uso de aislamientos de plomo, medidores de radiación y pictogramas de advertencia sobre la presencia de materiales radiactivos. En todo caso, estas consideraciones deben estar incluidas en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST).

105.7 Organización de los trabajos

En la organización de los trabajos se deben considerar las recomendaciones establecidas en los estudios técnicos, de seguridad y salud en el trabajo y ambientales del proyecto, además debe disponer de los espacios o áreas necesarios y adecuados para desarrollar correctamente las labores.

El constructor debe organizar los trabajos en tal forma que los procedimientos aplicados sean compatibles con los requerimientos técnicos necesarios, las medidas de manejo ambiental establecidas en el plan de manejo ambiental del proyecto, los requerimientos definidos en la licencia ambiental y los permisos, autorizaciones y concesiones de carácter ambiental y administrativo y demás normas nacionales y regionales aplicables al desarrollo del proyecto.

Los trabajos se deben ejecutar de manera que no causen molestias a personas, ni daños a estructuras, servicios públicos, cultivos y otras propiedades cuya destrucción o menoscabo no estén previstos en los planos, ni sean necesarios para la construcción de las obras. Igualmente, se deben minimizar, de acuerdo con las medidas de manejo ambiental y los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales, las afectaciones sobre recursos naturales y la calidad ambiental del área de influencia de los trabajos.

El avance físico de las obras en el tiempo debe ajustarse al programa de trabajo aprobado, de tal manera que permita el desarrollo armónico de las etapas constructivas siguientes a la que se esté ejecutando.

Cualquier contravención a los preceptos anteriores es responsabilidad del constructor. Por esta causa, el interventor puede ordenar la modificación de procedimientos o la suspensión de los trabajos.

Para la organización y planeación de los frentes de trabajo, el constructor debe tener en consideración lo establecido en el artículo 17 de la Ley 1682 de 2013 (Disposiciones Especiales en material de Contratación de Infraestructura de Transporte) o la que la modifique o sustituya, especialmente en lo referente a frentes de trabajos en jornadas de siete días (7 d) por veinticuatro horas (24 h).

El constructor debe seguir en la ejecución de los proyectos, las disposiciones ambientales en materia de construcción de carreteras, establecidas en el artículo 106, Aspectos ambientales, cuyos costos deben ser incluidos en los análisis de costos indirectos.

105.8 Conservación del patrimonio cultural, científico, histórico y arqueológico

Si durante las excavaciones de las obras se encuentran restos de estructuras de grupos

humanos del pasado, fósiles, restos arqueológicos u objetos de interés histórico, científico o cultural, el constructor debe suspender inmediatamente todos los trabajos que puedan afectar el hallazgo, notificar a INVÍAS, al Instituto Colombiano de Antropología e Historia (en caso de hallazgo arqueológico), al Servicio Geológico Colombiano (en caso de hallazgo geológico y paleontológico) o la autoridad civil o policiva más cercana. El constructor tiene como obligación informar del hecho a dicha(s) entidad(es), dentro de las veinticuatro horas (24 h) siguientes al encuentro y seguir las instrucciones que le impartan al respecto. Así mismo, debe colocar un equipo permanente de vigilancia, mientras se reciben indicaciones precisas sobre su manejo, sin que haya lugar a pago separado por esta actividad.

La remoción de los hallazgos por parte del constructor está expresamente prohibida sin el consentimiento de la autoridad local o nacional responsable, de conformidad con lo que establece la ley. En caso de que se ordene al constructor la extracción de tales objetos, este debe tener derecho a compensación económica por el gasto que le causen tales trabajos.

El constructor debe advertir a su personal de los derechos de la administración local, regional o nacional sobre tales objetos, siendo responsable subsidiario de las sustracciones o desperfectos que pueda ocasionar el personal empleado en la obra.

105.9 Trabajos nocturnos

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar la ejecución de trabajos nocturnos, total y parcialmente, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra, el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

El constructor debe, además, tomar las medidas del caso, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte, las cuales deben garantizar la seguridad del tránsito público y de los equipos de construcción durante las veinticuatro horas (24 h) del día, para evitar cualquier tipo de accidente, tanto al personal vinculado al proyecto como a los usuarios de la vía o daños a bienes de propiedad pública o privada.

105.10 Trabajos no autorizados

Cualquier trabajo, obra o instalación auxiliar, obra definitiva o modificación de la misma, que haya sido realizado por el constructor sin la debida autorización del interventor, debe ser removido, desmontado o demolido, según corresponda, si el interventor lo exige, siendo de cuenta del constructor todos los costos de remoción, desmontaje o demolición y los de retiro y disposición de desperdicios y escombros, así como los daños y perjuicios que se puedan derivar de la ejecución de trabajos no autorizados.

105.11 Trabajos defectuosos

Todo trabajo rechazado por no cumplir con las especificaciones exigidas, debe ser demolido y posteriormente reconstruido o, puede ser reparado, cuando la interventoría lo considere, dentro del plazo que determine el interventor mediante comunicación escrita. Los sobrecostos los debe asumir el constructor y queda obligado a retirar del sitio respectivo los materiales o elementos defectuosos, a su costa, sin perjuicio alguno para INVÍAS.

105.12 Construcción de desvíos

La construcción de los desvíos debe estar sujeta a lo reglamentado en el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte.

105.12.1 Desvíos para el transporte de los materiales del proyecto

En aquellos casos en que, a juicio del interventor, el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el constructor debe efectuar los desvíos necesarios de acuerdo con lo especificado en el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte, en lo referente a los dispositivos uniformes para la regulación de tránsito en las vías de Colombia vigente, los cuales deben garantizar la seguridad del tránsito público y de los equipos de construcción durante las veinticuatro horas (24 h) del día. Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor o la entidad contratante debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT.

La construcción de estos desvíos no tiene pago por separado y su costo debe estar incluido como parte del suministro de materiales en los precios unitarios de los ítems correspondientes.

105.12.2 Desvíos para la circulación del tránsito público

Si por necesidades surgidas durante el desarrollo de las obras se hace indispensable, para la circulación del tránsito público, la construcción de desvíos provisionales o de accesos a tramos parcial o totalmente pavimentados, su construcción debe ser objeto de reconocimiento pecuniario a los precios unitarios previstos en el contrato o a los no previstos que se pacten con INVÍAS.

105.13 Materiales

105.13.1 Aspectos generales

Todos los materiales necesarios para la ejecución de las obras deben ser suministrados por el constructor; por lo tanto, es el responsable de la selección de las fuentes por utilizar, teniendo en cuenta que los materiales y las mezclas elaboradas con ellos deben cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos en las presentes especificaciones generales de construcción de carreteras y en las especificaciones particulares, así como las recomendaciones y requerimientos establecidos en los estudios técnicos y ambientales del proyecto, en la licencia ambiental del mismo y en los permisos otorgados por las autoridades ambientales competentes.

El constructor debe conseguir oportunamente todos los materiales y suministros que se requieran para la construcción de las obras y mantener permanentemente una cantidad

suficiente de ellos para no retrasar el progreso de los trabajos. En todos los casos, el constructor debe estar obligado a notificar al interventor, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se propone utilizar, con el fin de que este pueda realizar todos los ensayos que considere necesarios para acreditar su idoneidad.

La aceptación de las fuentes de materiales propuestas por el constructor debe someterse a las pruebas y ensayos que garanticen su calidad para ser utilizadas en procesos de explotación y transformación en diferentes subproductos utilizados en la construcción de carreteras.

Todos los materiales deben estar sujetos a inspección, muestreo, pruebas, repetición de pruebas y rechazo, en cualquier momento antes de la aceptación de los trabajos. Siempre que se produzcan rechazos, los materiales deben ser retirados de la obra por el constructor, a su costa y deben ser reemplazados por otros de calidad satisfactoria.

Los materiales suministrados y demás elementos que el constructor emplee en la ejecución de las obras deben ser de primera calidad y adecuados al objeto al cual se destinan. Los materiales y elementos que el constructor emplee en la ejecución de las obras sin la aprobación del interventor pueden ser rechazados por este, cuando no los encuentre adecuados. La aprobación del interventor a los materiales, no exonera al constructor de la plena y total responsabilidad por la calidad de la obra ejecutada.

Los productos industriales de empleo en las obras se deben definir por sus calidades y características, sin poder hacer referencia a marcas, modelos o denominaciones específicas. Si en algún documento contractual aparece alguna marca de un producto industrial para designarlo, se debe entender que tal mención se constriñe a las calidades y características del producto, pudiendo emplearse productos de otras marcas que tengan las mismas o mejores propiedades, sin que ello genere reajustes en los precios unitarios.

Los materiales que posean sello de calidad oficialmente reconocido en el territorio colombiano deben venir acompañados de un certificado de garantía del producto sobre las características especificadas.

Todos los parámetros de especificados como mediciones de la calidad de materiales se deben verificar según se indican en los respectivos artículos. Los valores de los ensayos realizados pueden llegar a ser usados como referentes durante el periodo de garantía y de estabilidad de obra, y no deben eximir la realización de nuevas pruebas comprobatorias para dicho periodo.

Los materiales generados en el proceso constructivo, especialmente de desmonte, descapote o excavaciones, que no se utilicen en la obra, se deben disponer adecuadamente en sitios acondicionados para tal fin. El material de cobertura vegetal que se destine para uso posterior en actividades de revegetalización de taludes u otros fines, se debe almacenar adecuadamente, de manera temporal, en sitios adecuados para este propósito, hasta su utilización, cuidando de no mezclarlo con otros materiales considerados como desperdicios.

105.13.2 Fuentes de materiales

El constructor es el responsable de la calidad de los materiales empleados en la ejecución de las obras del proyecto. Esta responsabilidad comprende, entre otros, los siguientes aspectos:

- Selección de las fuentes de materiales.
- Equipos y procedimientos de explotación, producción y transporte de agregados.
- Implementación de un sistema de control de calidad.
- Ejecución de los estudios y ensayos de control de calidad.
- Cumplimiento de todas las normas y requisitos generales y particulares asociados a este tipo de actividades.

105.13.2.1 Selección de fuentes de materiales

Es responsabilidad del constructor la selección de las fuentes por utilizar, teniendo en cuenta que los materiales deben cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos en las presentes especificaciones generales de construcción de carreteras y en las especificaciones particulares, así como con los requerimientos y recomendaciones establecidas en los documentos del proyecto, en la licencia ambiental del mismo y en los permisos otorgados por las autoridades ambientales competentes. Con el fin de reducir las emisiones, el consumo de combustible y contribuir con la economía de la región, se pueden comprar los materiales en la zona de desarrollo del proyecto, siempre y cuando cumplan con las condiciones de calidad exigidas en el proyecto y los precios establecidos en los análisis de precios unitarios contractuales.

La información sobre fuentes de materiales que figure en los estudios realizados por firmas consultoras o directamente por INVÍAS, debe tener únicamente el carácter de informativo, así mismo el constructor debe realizar sus propias verificaciones.

105.13.2.2 Calidad de los agregados

Los agregados pétreos deben ser duros y durables; deben estar libres de sustancias deletéreas o perjudiciales; deben ser compatibles con el ligante cuando se incorporan en mezclas o están en contacto con materiales que lo usen, y deben cumplir con los requisitos que se especifiquen para cada uso.

Además, los agregados pétreos no son susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco pueden dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento o contaminar corrientes de agua.

El uso de agregados reciclados debe ser permitido siempre y cuando se demuestre que, con la proporción incorporada de materiales vírgenes, se satisfacen o superan los requisitos de las presentes especificaciones.

105.13.2.2.1 Propiedades de los agregados

Las propiedades de los agregados se clasifican en dos (2) grandes categorías que, a su vez, definen requisitos diferentes para la evaluación de su cumplimiento, como se indica en la Tabla 105 – 1.

Tabla 105 – 1. Categorías de propiedades de agregados

Categoría	Descripción general	Verificación del cumplimiento
Propiedades de origen. (O): Nomenclatura en tablas de requisitos	Dependen del tipo de roca y no del proceso de fabricación. Entre las principales propiedades de origen de encuentran: • Composición mineralógica • Dureza • Durabilidad • Adherencia • Reactividad • Contenidos de sales	**Individual** En el caso de mezclas de materiales de diferentes fuentes o vetas de una misma fuente, los requisitos deben ser cumplidos por cada uno de los componentes de la mezcla.
Propiedades de fabricación. (F): Nomenclatura en tablas de requisitos	Dependen principalmente del proceso de fabricación. Entre las principales propiedades de fabricación se encuentran: • Limpieza • Granulometría • Grado de trituración • Forma	**Mezcla** En el caso de mezclas de materiales de diferentes fuentes o vetas de una misma fuente, los requisitos deben ser cumplidos por la mezcla final.

105.13.2.2.2 Control de calidad de los agregados

Es responsabilidad del constructor la ejecución de todos los estudios y ensayos que se requieran para garantizar la calidad de los materiales. Como mínimo, el constructor debe ejecutar todos los estudios y ensayos de control de calidad exigidos en las presentes especificaciones generales de construcción y/o en las especificaciones particulares, tanto para la aprobación inicial de fuentes y agregados como para la verificación periódica de los mismos, con la frecuencia mínima establecida.

Adicionalmente, se debe considerar el reciclaje de materiales que contribuya con la economía circular, promuevan el uso eficiente de recursos y disminuyan la presión sobre los puntos de disposición de materiales. Los materiales pétreos reciclados que aporten a la economía circular del proyecto, deben cumplir con las especificaciones particulares según sea el fin o la destinación; en caso de ajustarse, debe establecerse la mejora del mismo material pétreo para alcanzar la especificación particular respectiva.

105.13.2.2.3 Aprobación de las fuentes de materiales

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deben tener aprobación previa del interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el constructor

suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

El constructor debe acompañar la solicitud de aprobación de las fuentes de materiales con un informe que demuestre que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos según su uso. El informe debe tener el concepto del ingeniero de materiales del proyecto, los resultados completos de los ensayos de laboratorio y la lista de verificación de cumplimiento.

El constructor debe estar obligado a notificar al interventor, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se propone utilizar, con el fin de que este pueda realizar todos los ensayos de verificación que considere necesarios.

La aceptación de las procedencias propuestas es un requisito indispensable para la explotación y el acopio de materiales, sin perjuicio de la ulterior comprobación de la permanencia de dicha idoneidad.

105.13.3 Explotación y procesamiento de materiales

105.13.3.1 Aspectos generales

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento de los agregados pétreos, deben garantizar el suministro de un producto de características uniformes; el constructor debe verificar permanentemente el cumplimiento de este requisito y, de manera oportuna, debe hacer las correcciones, en caso de desviaciones respecto a las tolerancias permisibles. Así mismo, debe permitir en todo momento la verificación por parte del interventor, quien puede exigir los cambios que considere necesarios para la buena ejecución de los trabajos contratados, cuando se detecte algún incumplimiento al requisito antes mencionado.

Todos los trabajos de clasificación de agregados, separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado y en especial la eventual mezcla de dos (2) o más agregados para obtener una determinada gradación, se deben efectuar en el sitio de explotación o elaboración y bajo ninguna circunstancia se debe permitir ejecutarlos en la vía.

De igual forma, se deben implementar buenas prácticas en los procedimientos de explotación, clasificación y trituración que mitiguen la dispersión de material particulado que pueda generar afectaciones ambientales y a la salud.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deben ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el constructor debe remodelar el terreno, con el fin de recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

A su vez, los vehículos para transporte de agregados y mezclas deben contar con dispositivos para depositar los materiales de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presente, debe ser subsanada por el constructor, a su costa, antes de proseguir el trabajo.

No debe haber pagos por separado para los transportes de materiales pétreos; por lo tanto, los precios unitarios de afirmados, subbase granular, base granular, revestimientos bituminosos y concretos de cemento hidráulico, deben cubrir, entre otros, los costos de adquisición, trituración, lavado, clasificación, transportes, cargue y descargue de los materiales pétreos. Tampoco debe haber pago por separado por el transporte de los suelos y agregados destinados a la construcción de subbases y bases estabilizadas.

105.13.3.2 Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta de trituración debe estar provista de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria siempre que esta última se requiera; debe incluir, también, una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, debe estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

105.13.4 Acopio de los agregados

Los agregados se deben acopiar en cobertizos o cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales. Cada agregado diferente se debe acopiar por separado, para evitar cambios en su granulometría original. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no deben ser utilizados, a menos que se hayan colocado sobre esta, lonas que prevengan la contaminación del material de acopio o que la superficie tenga pavimento asfáltico o rígido.

105.14 Fase de experimentación

Algunos de los artículos de las presentes especificaciones generales de construcción de carreteras exigen que, antes de iniciar los respectivos trabajos a escala industrial, el constructor emprenda una fase de experimentación, cuya finalidad es verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidos en acuerdo con el interventor, el método definitivo de preparación, transporte, colocación, y compactación, de manera que se cumplan los requisitos indicados en el respectivo artículo.

En tales casos, el interventor debe tomar muestras del producto, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el constructor debe efectuar inmediatamente todas las correcciones requeridas en los equipos y sistemas de trabajo o fórmulas de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas dichas correcciones.

El interventor debe determinar si los tramos de prueba resultan aceptables como parte integrante de la obra en construcción. En caso contrario, deben ser demolidos por el constructor, a su costa.

105.15 Disposición de desechos y sobrantes

El constructor debe disponer, de acuerdo con la normativa ambiental vigente y con el visto

bueno de la interventoría, todos los desechos, escombros, sobrantes y demás residuos provenientes de los trabajos necesarios para la ejecución de las obras, en los sitios indicados en los documentos del proyecto o autorizados por INVÍAS. La disposición debe incluir el transporte (cuando sea el caso), la colocación, conformación y compactación de los materiales de acuerdo con los procedimientos y secciones descritos en los documentos del proyecto.

105.16 Conservación de las obras

El constructor debe estar obligado a conservar, hasta el recibo definitivo, todas las obras objeto del contrato, incluyendo las correspondientes a las modificaciones del proyecto autorizadas. Estos trabajos no son susceptibles de abono por parte de INVÍAS, salvo que expresamente y para determinados trabajos se prescriba lo contrario en los documentos contractuales, o que se presenten casos de fuerza mayor legalmente establecidos.

En el caso de los desvíos a los cuales hace referencia el numeral 105.12.2 del presente artículo, se entiende que dentro de los precios de construcción se deben encontrar incluidos los correspondientes a su conservación.

Los trabajos de conservación no pueden obstaculizar el uso público o servicio de la obra y, en caso de que la afectación sea inevitable, ella debe ser previamente autorizada por el interventor debiendo disponerse, además, la señalización adecuada y oportuna.

105.17 Limpieza final del sitio de los trabajos

A la terminación de cada obra, el constructor debe retirar del sitio de los trabajos todo el equipo de construcción, los materiales sobrantes, escombros y obras temporales de toda clase, dejando la totalidad de la obra y el sitio de los trabajos en un estado de limpieza satisfactorio para el interventor. Las áreas pavimentadas deben quedar completamente libres de cualquier material extraño, suciedad y polvo.

Así mismo, el constructor debe retirar toda la señalización provisional y cancelar los desvíos de tránsito que haya implementado para el desarrollo de la obra, de manera que no se advierta la existencia previa de estos.

Si se requiere borrar demarcaciones efectuadas sobre la superficie de pavimentos para la regulación del tránsito durante el período de las obras, se deben emplear métodos que no afecten adversamente ni el ambiente ni la integridad de los pavimentos.

No debe haber pago separado por concepto de las actividades descritas en este numeral.

Aspectos ambientales

Artículo 106 - 22

106.1 Descripción

Desde el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) se establece la Política de Sostenibilidad para la Infraestructura de Transporte en Colombia, fundamentada en la planeación, ejecución y operación. Mediante esta política, adoptada por la Resolución 405 del 13 de febrero de 2020, se busca desde cuatro (4) ejes estratégicos la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la eficiencia en el uso de los recursos naturales en las fases de construcción y operación, el empleo de materiales alternativos y reciclados, el aseguramiento de las estrategias de sostenibilidad a nivel institucional e interinstitucional, prácticas constructivas y operativas amigables con los recursos naturales y el entorno, adaptación a la variabilidad climática, actualización tecnológica, transporte inclusivo para diferentes grupos poblacionales, el desarrollo de una cultura de sostenibilidad y la promoción de la investigación académica y de espacios de intercambio de conocimiento.

Así entonces, en el artículo 106, Aspectos ambientales, de las presentes especificaciones, se encuentran las pautas y lineamientos a seguir en este sector respecto a los aspectos de sostenibilidad, componente ambiental y social. En dicho documento, se deben relacionar medidas a tener presente para la gestión sostenible en la construcción de carreteras; se definen las pautas de promoción de capacidades para la sostenibilidad en el personal de obra, subcontratistas y comunidad en general. De igual manera, los deberes relacionados con aspectos y criterios de sostenibilidad, componente ambiental y social en las actividades de construcción. Finalmente se establecen lineamientos en el manejo de información, seguimiento y reconocimiento de las actividades relacionadas con este artículo.

106.2 Generalidades de la gestión sostenible en la construcción de carreteras

La gestión en los aspectos de sostenibilidad, componente ambiental y social en el contexto de proyectos de construcción de carreteras, está fundamentada en la relación ser humano – naturaleza. Bajo este parámetro, los vínculos, la correspondencia, las interrelaciones y la retroalimentación de los distintos componentes sociales, culturales, políticos, institucionales, económicos, ecológicos y tecnológicos, entre otros, permiten desarrollar buenas prácticas de protección ambiental y social que contribuyen a un desarrollo sostenible del país.

En este sentido, son afines a la política de sostenibilidad para la infraestructura de transporte de INVÍAS, la política de crecimiento verde, los lineamientos de infraestructura verde vial, las soluciones basadas en la naturaleza, la NTC-ISO 14001 relacionada con

los sistemas de gestión ambiental, los acuerdos y leyes en cambio climático y diversidad biológica, además los convenios, compromisos y obligaciones que ha suscrito y suscriba el Estado colombiano en términos de sostenibilidad.

Por lo tanto, en la planeación previa de las obras y posterior desarrollo de actividades objeto del contrato, el constructor está obligado a realizar: 1) El análisis e incorporación de criterios en materia de sostenibilidad y prácticas constructivas amigables con los recursos naturales y el entorno, en concordancia con los aspectos mencionados en el párrafo anterior. 2) El análisis y cumplimiento de las disposiciones y de la normativa ambiental y social aplicable a proyectos de construcción de carreteras; así mismo, a cumplir los procedimientos establecidos para la ejecución, avance, seguimiento, control, informes, balances ambientales, sociales y de sostenibilidad establecidos desde las instituciones y autoridades competentes.

Con base en esos parámetros, los proyectos pueden ser: **A) Proyectos sujetos a licencia ambiental,** y **B) Proyectos no sujetos a licencia ambiental.**

A) Proyecto sujeto a licencia ambiental. De conformidad con la legislación ambiental, el Decreto 1076 de 2015 y sus reglamentarios (o aquellos que lo sustituyan o modifiquen), el constructor puede estar en una de las siguientes condiciones:

- Encontrarse en la etapa de pre construcción, donde lleva a cabo el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), tramita y obtiene la respectiva licencia ambiental.
- Contar con la respectiva licencia ambiental, por lo tanto, existe un documento de Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

El constructor debe revisar y analizar desde el componente ambiental y social el alcance de las obras contratadas, con el objeto de tener claridad en los lineamientos establecidos en la licencia ambiental, sus modificaciones, cesiones y autos de seguimiento.

De la misma manera, el constructor es responsable del cumplimiento de la licencia ambiental, en concordancia con el alcance y contenido señalados en los reglamentos sobre licencias expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible o la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA): Ley 99 de 1993, Decreto 1076 de 2015 (o aquellos que los sustituyan o modifiquen), y los términos de referencia que establezca la autoridad ambiental.

B) Proyecto no sujeto a licencia ambiental. De acuerdo con la legislación ambiental aplicable, el Decreto 1076 de 2015, especialmente lo estipulado en los artículos 2.2.2.5.1.1 y 2.2.2.5.4.3 y sus reglamentarios; así como la Ley 1682 de 2013, Decretos 769 y 770 de 2014 (o aquellos que los sustituyan o modifiquen), el constructor debe revisar y analizar desde el componente ambiental y social, el alcance de las obras contratadas con el objeto de tener claridad si el proyecto se ejecuta bajo los lineamientos generales de las Guías de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura (elaboración del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental – PAGA) y obtener los permisos de uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales renovables que sean necesarios.

El constructor debe tener presente que, si durante la ejecución del contrato de obra se requiere el trámite de una licencia ambiental, el proyecto ya no se ejecuta siguiendo los lineamientos de las Guías de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, sino que debe tramitar (a su nombre y a cargo del porcentaje (%) de administración del costo directo del contrato) la respectiva licencia ambiental y regirse por lo que disponga.

A continuación, se relacionan otros deberes del constructor, ya sea en proyectos sujetos o no a licencia ambiental:

- Está obligado, tanto en proyectos licenciados (Plan de Manejo Ambiental - PMA) y no licenciados (PAGA) a un eficiente uso y aprovechamiento de los recursos naturales; promover la participación de la comunidad beneficiaria, y ejecutar prácticas constructivas amigables con los recursos naturales y el entorno. Estas prácticas deben permitir prevenir, mitigar, corregir y compensar afectaciones y posibles impactos negativos sobre los componentes naturales y sociales del área de influencia del proyecto, tal y como se encuentra definido en la política de sostenibilidad y en los lineamientos de infraestructura verde vial.
- En las actividades de obra, con o sin licencia ambiental se debe establecer e incorporar criterios de sostenibilidad y de infraestructura verde vial que permitan llevar a cabo el proyecto, reduciendo los impactos negativos tanto al medio natural como a las comunidades, buscando la sostenibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera. Estos criterios deben ser armonizados con los documentos PAGA o de EIA, de acuerdo con lo establecido en los lineamientos y la política de sostenibilidad de INVÍAS.
- Conocer, acatar e implementar la normativa social de carácter constitucional, legal o de desarrollo jurisprudencial, con el fin de garantizar la protección y ejercicio de los derechos de los ciudadanos y comunidades.
- Está obligado a identificar, evaluar, pagar y tramitar a su nombre de manera oportuna, todas las certificaciones, autorizaciones, concesiones, licencias y/o permisos relacionados con la gestión ambiental y social. Además debe cumplir con las obligaciones y requerimientos contenidos en estos actos administrativos.
- Ejecutar las medidas de compensación, programas ambientales, sociales y de sostenibilidad requeridos, de manera simultánea a la ejecución de las obras del contrato y dentro del plazo contractual.
- Aportar las certificaciones de cumplimiento expedidas por las autoridades competentes (no procesos en curso y cierre de expedientes, entre otros), como soporte del balance final del contrato de obra en lo que respecta a lo ambiental, social y de sostenibilidad.
- Conocer las disposiciones contenidas en los documentos que complementan la operatividad y desarrollo de la gestión ambiental, social y de sostenibilidad en el desarrollo de obras de infraestructura emitidos por INVÍAS, como: el Manual de Interventoría de Obra Pública, Guías Ambientales, Apéndice de Gestión Ambiental, Apéndice de Gestión Social, Apéndice de Sostenibilidad, protocolos, formatos e informes para el seguimiento y evaluación de la

gestión ambiental, social y aspectos de sostenibilidad (los que complementen, sustituyan o modifiquen).

- Es el responsable del pago de multas, sanciones y otras medidas impuestas y ejecutoriadas por las autoridades, cuando estas resultaren del no acatamiento de la normativa ambiental, social o de los compromisos y obligaciones impuestas en los actos administrativos emitidos por la autoridad competente. Dichos pagos se deben realizar a su costa, en ningún concepto se debe aceptar que se reconozcan por el contrato.

El constructor debe ser conocedor que todas las actividades ejecutadas en cumplimiento a esta especificación, deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales, sociales y aspectos de sostenibilidad. De esta manera, dichas labores deben estar incluidas en los costos del proyecto, por lo tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo.

106.3 Promoción de capacidades para la sostenibilidad

El constructor está obligado a desarrollar un conjunto de actividades y acciones educativas destinadas, a promover y fortalecer valores, aportar conocimiento, contribuir a adquirir competencias y mejorar las prácticas y hábitos en el marco de los compromisos que ha suscrito el Estado colombiano en torno al desarrollo sostenible. Todos ellos materializados en leyes como la Ley 99 de 1993 y la Ley 1844 de 2017, así como en las políticas CONPES 3928-2018 (estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible) y CONPES 3934 de 2018 (Política de Crecimiento Verde), o aquellas que se implementen.

Por lo tanto, el constructor mediante sus profesionales vinculados para la gestión ambiental, social, de sostenibilidad y técnica del proyecto de construcción de carreteras, debe concentrar sus esfuerzos en los lineamientos establecidos en el párrafo anterior, tanto hacia la población beneficiaria de las obras y demás actores sociales localizados en su área de influencia, como para su personal administrativo, profesional, técnico, obrero y subcontratistas. Para ello, puede consultar los documentos desarrollados por UNESCO sobre: 1) “El fomento de Competencias para el Desarrollo Sostenible”, que brinda lineamentos de Educación para el Desarrollo Sostenible en el lugar del trabajo, y 2) “Fomentando y desarrollando la Enseñanza y Formación Técnica y Profesional” desde una perspectiva ecológica, aplicado a sectores como la construcción.

En la planificación y ejecución de actividades, puede tener como referentes:

- La relación ser humano y naturaleza desde la interacción entorno y proyectos de infraestructura de transporte.
- La comunidad y sus modos de participación en las decisiones ambientales y sociales.
- La importancia de la biodiversidad y la fragilidad de los ecosistemas.
- Los corredores de conectividad ecológica.
- Medidas de prevención del atropellamiento de fauna.
- El rescate del conocimiento tradicional asociado a la biodiversidad y el conoci-

miento del manejo ecológico para mejorar y potencializar prácticas de uso de los recursos naturales.

- La alteración del clima y las políticas relacionadas con el cambio climático.
- La calidad del agua, el suelo y el aire.
- El uso eficiente de energía.
- Los impactos y problemáticas asociadas con la demanda de recursos naturales para sustentar las tendencias actuales del crecimiento y desarrollo.
- El consumo responsable (ecológico o sostenible).
- La economía circular, en la cual se establece una correcta separación de residuos, reducción del consumo, prolongación en el tiempo de los recursos y materiales, entre otras acciones.
- Inclusión social en proyectos de infraestructura de transporte.
- Los aspectos de ingeniería verde y buenas prácticas ambientales y sociales.
- Las áreas de distribución de fauna endémica, migratoria y/o en condición de amenaza o vulnerabilidad.
- La recolección de residuos: medicamentos vencidos, materiales electrónicos, papel, bombillas, entre otras, con la debida divulgación y capacitación sobre el tipo de residuos (sólidos domésticos, industriales y residuos o desechos peligrosos - RESPEL)

El contenido de dichas actividades, su cronograma y la metodología de ejecución, deben ser puestos a consideración del interventor y requieren de su aprobación para ser desarrollados. El equipo de gestión ambiental, social y sostenibilidad del constructor debe hacer seguimiento y retroalimentación de los programas y actividades de fortalecimiento, fomento de valores, capacitación y educación ejecutados. En estas actividades se deben emplear elementos amigables con el ambiente, evitar el plástico, reducir los residuos sólidos generados y evitar al máximo el consumo de energía, entre otros aspectos.

El constructor es responsable de acatar e informar entre su personal y subcontratistas el contenido de la Ley 1333 de 2009 “Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones” (o la que la modifique o sustituya), la que faculta a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y demás autoridades ambientales del orden regional y nacional, para ejercer las actividades preventivas y sancionatorias que considere, en caso de establecerse conductas, hechos o actividades consideradas infracciones que atenten contra el medio ambiente o que sean violatorias de la normativa vigente, en especial el Código de Recursos Naturales Renovables Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y en las demás disposiciones que las sustituyan o modifiquen, y el contenido de los actos administrativos emanados de la autoridad ambiental competente.

106.4 Componente de sostenibilidad

El constructor debe conocer la Política de Sostenibilidad de INVÍAS y los lineamientos establecidos desde la institución que contextualizan y complementan su aplicación, con el fin de determinar e incorporar sus criterios en un documento o anexo de sostenibilidad, de acuerdo con el tipo de proyecto (proyecto no

sujeto a licencia ambiental (PAGA) o proyecto sujeto a licencia ambiental (EIA)).

Asimismo, debe determinar, valorar y evaluar los parámetros y/o medidas de sostenibilidad del proyecto a ejecutar, teniendo en cuenta como mínimo los pilares establecidos en la Política de Sostenibilidad de INVÍAS, el uso eficiente de recursos, la contribución a las condiciones de sostenibilidad para las comunidades; con el fin de implementar actividades que garantizan que el proyecto es sostenible ambiental, social, financiera y técnicamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Los parámetros de sostenibilidad se deben establecer considerando las condiciones y presupuesto asignado al proyecto, con la respectiva justificación de su inclusión.

En la valoración de los criterios de sostenibilidad, se debe partir de un diagnóstico de las interacciones de la infraestructura existente con los medios físico, biótico y socio económico. La finalidad es formular medidas de manejo de carácter preventivo, de mitigación, de compensación y correctivo con base en consideraciones ambientales, sociales, tecnológicas y de ingeniería.

El constructor debe aplicar la metodología de evaluación de la sostenibilidad establecida por INVÍAS, la cual debe contribuir a:

- Cuantificar y demostrar los beneficios de la infraestructura sostenible.
- Identificar los impactos o efectos tanto positivos como negativos en la comunidad y el medio ambiente por efecto de las actividades del proyecto.
- Generar una mayor viabilidad a largo plazo mediante el aumento de la resiliencia (tener en cuenta las condiciones cambiantes).
- Reducir los costos y los riesgos a largo plazo.
- Obtener una mayor confianza y participación pública para la aceptación del proyecto.
- Estimular la innovación significativa y cambiante.

El constructor debe estructurar un plan de trabajo con su respectivo cronograma para la implementación de las acciones o medidas de sostenibilidad del proyecto a ejecutar, el cual debe ser presentado a la interventoría para los respectivos trámites de gestión y aprobación. Este plan debe comprender todas las actividades desde el diagnóstico, la inclusión de los pilares fundamentales de la política de sostenibilidad, la escogencia y desarrollo de la metodología de evaluación, hasta la ejecución de las actividades de sostenibilidad, todo dentro del tiempo contractual.

106.5 Componente ambiental

El constructor está obligado a cumplir con todos los requerimientos, disposiciones ambientales vigentes, y demás medidas de carácter ambiental de acuerdo con la especificidad de los proyectos de construcción de carreteras. Es responsable además, en la ejecución de actividades, de seguir buenas prácticas ambientales para salvaguardar los recursos de patrimonio colectivo (agua, suelo, aire, fauna, flora, conectividad ecológica y del paisaje, entre otros). En este sentido, para cada uno de los aspectos bióticos y abióticos busca generar el menor impacto ambiental y social, ya que se implementan y mantienen estrategias para prevenir, mitigar, corregir o compensar impactos negativos e incrementar los positivos.

Por lo tanto, previamente, debe precisar el alcance de la gestión ambiental para el proyecto en cuanto a su sujeción o no a licencia ambiental, conservando un criterio de unidad territorial, ecológica y paisajística, según el resultado de los estudios y evaluaciones realizados en concordancia con la normativa ambiental vigente y los términos de referencia emitidos por la autoridad ambiental competente.

106.5.1 Uso y manejo del agua

El recurso agua se considera como eje integrador de todos los ecosistemas debido a los procesos biológicos que se dan, siendo además un elemento importante del desarrollo social y económico. Así entonces, el constructor está obligado a realizar un uso y manejo eficiente de este, evitando en todas las actividades de construcción de carreteras la alteración y posibles impactos de las fuentes superficiales y subterráneas.

Debe conocer, en consecuencia, las fuentes superficiales y subterráneas abastecedoras o no en el área de influencia del proyecto; identificar los usos (acorde con los establecidos en el artículo 2.2.3.2.7.6 del Decreto 1076 de 2015, o aquellos que lo sustituyan o modifiquen) y usuarios actuales (y potenciales, si existe información para ello) de aquellos presentes en el área de estudio y que pueden verse expuestos a los posibles impactos generados por el desarrollo del proyecto.

En el mismo sentido y antes de escoger para el proyecto una fuente de abastecimiento superficial o subterránea (además de realizar los trámites respectivos de uso, intervención de cauce y concesión de agua ante la autoridad ambiental competente) el constructor debe evaluar otras alternativas de suministro, como también el uso de tecnologías de manejo eficiente de agua con el propósito de reducir el impacto sobre el recurso hídrico natural.

En este aspecto cabe mencionar el suministro de agua a través de carrotanques de empresas constituidas y autorizadas legalmente para este fin, alternativas como el uso de agua lluvia, el reciclaje de agua y demás no convencionales dentro del consumo de recursos hídricos en el proyecto. En concreto, es requerimiento para el suministro y manejo del agua en obra aplicar buenas prácticas y medidas socioambientales para su uso y conservación (calidad y cantidad).

El constructor es responsable de realizar las gestiones o actividades ante las respectivas empresas de servicios públicos para suministrar agua en la calidad y cantidad requerida para actividades humanas en el desarrollo de obras (alimentación, duchas, servicios sanitarios y de higiene, elementos de bioseguridad, entre otros). De igual manera, deben ser de su competencia las gestiones o actividades para la recolección, manejo y disposición de los vertidos líquidos que se generan en dichas actividades, todo dentro del marco normativo colombiano.

Asimismo, debe vigilar que los sistemas de almacenamiento, depósitos y distribución de agua no presenten filtraciones, fugas, derivaciones, pérdidas y usos innecesarios. En particular, el constructor debe corregir cualquier problema o avería que suponga pérdida de agua, debe fijar objetivos de ahorro, realizar seguimiento al consumo de agua procurando ajustarlo a las necesidades reales y, de manera

plena, debe establecer los lineamientos e instrucciones de limpieza que minimicen el consumo de agua y generación de sedimentos.

El constructor es responsable de un correcto manejo de las aguas superficiales, subterráneas y escorrentía en el área de influencia del proyecto.

Y, entre otros aspectos, debe estar en la obligación de:

- Mantener en perfectas condiciones y no ocupar los drenajes naturales y sus rondas, ya que son hábitat y medio de conectividad de la fauna acuática y terrestre. Estas acciones incluyen tanto las operaciones directas como la de proveedores de materiales de construcción.
- Proteger y no afectar los sistemas de recolección y transporte de aguas lluvias.
- Mantener en perfectas condiciones de funcionamiento hidráulico las estructuras de drenaje existentes o que se constituyan temporalmente para el desarrollo de obras.
- Evitar modificar o alterar el cauce de las fuentes hídricas aledañas. No debe realizarse taponamiento y/o desvíos. Si se requiere intervenir la fuente se debe contar previamente con el respectivo permiso de la autoridad ambiental competente.
- Respetar la capacidad hidráulica de las estructuras y dispositivos de drenaje.
- Los vertimientos de aguas residuales de cualquier tipo de actividad deben tener algún tipo de gestión para su tratamiento o disposición acorde con la normativa vigente y lo establecido por la autoridad competente.
- Disponer de las medidas necesarias para evitar el arrastre de sedimentos o partículas sólidas generadas por la escorrentía en los frentes de obra, patios, talleres y campamentos.
- Evaluar las obras de drenaje que se proyecten construir, según la característica hídrica y ecológica de la zona. La finalidad es evitar la fragmentación de los ecosistemas terrestres y acuáticos presentes en el área de influencia del proyecto, que se afecte la morfología, calidad y funcionalidad hídrica, además de alteraciones de la vegetación y fauna asociada a la fuente y ronda hídrica.
- Seleccionar la solución constructiva óptima teniendo presente las consideraciones de adaptación a la variabilidad climática y la gestión del riesgo de desastres.

En definitiva, el constructor es el único responsable por el uso indebido del agua para el desarrollo de la obra

106.5.2 Calidad del aire

Bajo este aspecto, el constructor debe conocer las fuentes o puntos de contaminación del aire en el área de influencia del proyecto. Por ello, en el desarrollo de las obras debe prever que no existan aumentos de concentraciones de compuestos a la atmósfera y material particulado de acuerdo con las normas vigentes en la materia.

En tal sentido, las plantas de asfalto, concreto, triturados, los vehículos, maquinaria, equipos y los procedimientos constructivos empleados por el constructor deben minimizar la emisión de contaminantes hacia la atmósfera. Para lograrlo, debe inmovilizar, someter a repara-

ción o realizar cambios en aquellos equipos que generan emisiones excesivas, garantizando que su operación se realiza siempre dentro de los límites admisibles.

Es de entera responsabilidad del constructor, cuando se requiera, implementar sistemas para la medición y el control de la calidad de las emisiones, olores, humos, polvo, uso de productos químicos tóxicos y/o volátiles o cualquier otro elemento. La concentración del polvo ocasionado por la ejecución de las obras, la circulación por ellas o por los desvíos dispuestos por el constructor no pueden afectar a la población y los sistemas naturales del entorno.

El constructor debe implementar buenas prácticas ambientales y tecnológicas para reducir la contaminación atmosférica dentro del proceso de construcción del proyecto. Resulta pertinente, entre diferentes aspectos, emplear alternativas tecnológicas en equipos, vehículos (eléctricos), maquinaria y procesos hacia opciones de producción más limpia, eficiencia energética y cero emisiones, con el fin de reducir los impactos en el ambiente. Otra alternativa debe ser evaluar el suministro de materiales por las empresas constituidas, buscando generar menos emisiones a la atmósfera que al instalar y operar plantas en esta materia. El constructor, por tanto, debe planificar rutas, ajustar capacidades de la maquinaria, seguir criterios de conducción eficiente y, en el caso de surtidores de combustible, instalar mecanismos de absorción de gases.

106.5.3 Control del ruido y vibraciones

El constructor debe conocer las fuentes (fijas y móviles) de ruido en el área de influencia del proyecto. En cualquier caso, en el desarrollo de las obras garantiza que no existen aumentos de ruido por fuera de lo establecido en las normas vigentes en la materia.

En tal sentido, la contaminación por ruidos y vibraciones ocasionados por la ejecución de las obras se debe mantener dentro de límites de frecuencia e intensidad tales, que ellos no resulten nocivos para la fauna, las personas (de obra y externas), según sea el tiempo de permanencia continua bajo el efecto del ruido o la eficacia de la protección auricular adoptada.

El constructor debe inmovilizar, someter a reparaciones o realizar cambios en aquellos equipos que generan ruido excesivo, para garantizar siempre que su operación se realiza dentro de los límites admisibles.

El constructor, de manera eficaz, debe instaurar buenas prácticas ambientales y tecnológicas para reducir la contaminación por ruido y vibraciones dentro del proceso de construcción del proyecto. Por tal motivo, debe tomar iniciativas a través del uso de mejores tecnologías (equipos y maquinaria), debe emplear equipos de trabajo más silencioso o con bajo nivel de ruido, debe evitar dejar en marcha los vehículos y la maquinaria, implementar barreras naturales como vegetación, entre otras acciones que permitan mitigar la generación del ruido en el desarrollo del proyecto.

106.5.4 Protección de ecosistemas, biodiversidad y conectividad ecológica

El constructor debe identificar en el área de influencia del proyecto (obras nuevas o de mejoramiento), los ecosistemas (terrestres, acuáticos, costeros o insulares) sensibles y áreas definidas por la ley como de importancia ambiental; así como los corredores ecológicos existentes. Esencialmente, consulta para su identificación, los sistemas de información ambiental establecidos, tal como se menciona en el numeral 106.7 de estas especificaciones.

Si durante la construcción se descubren áreas o ecosistemas biológicos muy sensibles, que puedan ser afectados adversamente o destruidos por la ejecución de obras, los trabajos deben suspenderse de inmediato, dando cuenta del hecho al interventor. También, debe notificar a la autoridad ambiental competente y realizar los estudios y evaluaciones ambientales pertinentes para tomar las respectivas decisiones.

El constructor debe, entre otros aspectos:

- Identificar los ecosistemas presentes en el derecho de vía y protegerlos.
- Evitar que sus procesos constructivos fragmenten los corredores biológicos y la conectividad ecológica.
- Asegurar la permanencia de la cobertura vegetal, prevenir la deforestación y restringir el acceso a estos sitios.
- Si requiere realizar obras contiguas a los ecosistemas en mención en este ítem, debe evaluar, establecer y ejecutar medidas o programas específicos para evitar su afectación y perturbación.
- Tener presente que no debe ocurrir en estos sitios ningún tipo de aprovechamiento de recursos naturales para el desarrollo del proyecto.
- Adoptar las medidas necesarias para evitar que sus empleados actúen en forma depredativa sobre la vegetación, o realicen captura o caza de la fauna.
- Promover en todos los casos medidas de preservación y conservación.

106.5.5 Protección de fauna

En constructor, antes de iniciar labores debe identificar las áreas que sean hábitat potencial de fauna y las especies de fauna más sensibles que se encuentren allí presentes; definir límites para proteger y mantenerse fuera de ella; de igual manera, debe revisar el plan de manejo ambiental para prever cualquier medida de protección de la fauna en el sitio.

Con miras a la protección de la fauna, el constructor se debe obligar en el desarrollo de obras, a:

- No perturbar el hábitat natural de la fauna.
- No generar su desplazamiento y ampararle su hábitat.
- En caso de encontrar una especie protegida, inmediatamente, detener las actividades en la obra correspondiente, notificando a la interventoría y autoridad competente.
- Vigilar que su personal no realice actividades de caza y pesca.

En aquellos entornos en los cuales se detecte una asociación de alto valor ecológico entre la vegetación y la fauna, se debe reprogramar en conjunto con el interventor los trabajos de

desmonte y limpieza hacia épocas que no afecten el ciclo reproductivo, o analizar la posibilidad de reducir la extensión de las obras, con el fin de minimizar el impacto de ambos elementos.

El constructor debe ejecutar las obras que, en las etapas de formulación de estudios y diseños definitivos se concibieron, entre otros fines, para evitar la generación de impactos negativos sobre la movilidad de la fauna silvestre tales como viaductos, puentes y/o túneles, entre otra infraestructura complementaria que contribuya a mitigar este tipo de impactos como los pasos de fauna.

Igualmente, debe tener en cuenta otras medidas adicionales incluyendo protocolos de identificación de especies, el reconocimiento de la presencia y ubicación de individuos, la definición de mecanismos de captura de ejemplares, la aplicación de protocolos para el rescate y traslado, la atención primaria veterinaria especializada de ejemplares heridos, el monitoreo y manutención de individuos, y la rehabilitación y reintroducción de animales. El constructor debe promover la participación de organizaciones ambientales en el trabajo de identificación de sitios críticos y en las actividades de manejo de fauna en las áreas de influencia del proyecto.

Estas medidas pueden ser definidas en el marco de la construcción y/ fortalecimiento de los Centros de Atención y Valoración de Fauna Silvestre (CAV) y Centros de Atención, Valoración y Rehabilitación de Fauna Silvestre (CAVR) localizados en las proximidades del área de influencia del proyecto. En este aspecto, debe tener en cuenta la Resolución 2064 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (o aquellas que las sustituyan o modifiquen).

En forma adicional, debe realizar actividades y tomar medidas necesarias, si es el caso, para garantizar durante el desarrollo de obras el no atropellamiento de animales. Como medidas útiles a evaluar al respecto, se tienen: instalar barreras perimetrales que conduzcan a los animales a puntos de cruce seguros con el fin de reducir la mortalidad de la fauna por colisiones y atropellamiento e incrementar la seguridad al conductor que se desplace por las áreas de trabajo; instalar dispositivos sonoros que ahuyentan, además de reforzar la señalización que advierta o alerte la presencia de fauna silvestre y la alta probabilidad de cruce en la carretera.

El constructor debe disponer de un directorio de centros de recuperación de especies, para los casos de animales heridos por atropello.

El constructor, en el caso de que aplique y previa aprobación de interventoría, debe evaluar y mejorar las obras hidráulicas con el fin de utilizarlas como pasos de fauna silvestre.

Finalmente, en aras de hacer seguimiento a la fauna existente en el área de influencia del proyecto y considerando la importancia de la información obtenida en campo, el constructor debe realizar el registro de los individuos de fauna atropellados en la vía que hace parte del proyecto constructivo. Para este fin, debe capturar información de fecha, hora, tipo (reptil, ave, mamífero, anfibio, doméstico, otro), coordenadas o PR, foto, tipo de cobertura en las márgenes de la vía, e información adicional que permita realizar un seguimiento y sea útil en la implementación de medidas para mitigar la afectación de la biodiversidad por atropellamiento.

El constructor, para tal fin, debe diligenciar información en el aplicativo dispuesto por INVÍAS para avistamiento y atropellamiento de fauna en el tiempo que dure el contrato; por lo tanto, contacta a la Subdirección de Medio Ambiente y Gestión Social (SMA) – Equipo de Sostenibilidad de INVÍAS.

106.5.6 Protección de flora y manejo de vegetación

El constructor debe adoptar todas las medidas necesarias para evitar que su personal realice actividades que afecten la vegetación nativa. En estos lugares se debe restringir la circulación, evitando el movimiento innecesario de maquinaria y personal. Se deben acoger medidas correctivas previa autorización de la intervención por la autoridad ambiental competente.

Siempre que se produzca un daño no contemplado en las obras contratadas y aprobadas, que afecte la cubierta vegetal en zonas de préstamo, sitios de disposición de sobrantes o campamentos, debe ser de completa cuenta y riesgo del constructor la recuperación de la cubierta vegetal. Debe crear las condiciones óptimas de posibilitar a corto plazo la implantación de especies herbáceas y, a largo plazo, la colonización de la vegetación nativa. Estas actividades las deben adelantar atendiendo a cabalidad las instrucciones de la autoridad ambiental competente.

El constructor debe mitigar los impactos negativos sobre la vegetación y flora de acuerdo con lo establecido en los estudios ambientales, Plan de Manejo Ambiental, Plan de Adaptación a la Guía Ambiental, determinaciones, permisos y requerimientos que emite la autoridad ambiental competente.

Cuando el proyecto lo contempla, la vegetación que se utiliza para el recubrimiento de taludes debe ser de rápido crecimiento y regeneración para minimizar los efectos de procesos de erosión incipientes. Utilizar especies nativas demanda menos mantenimiento y permite adaptarse al clima y al suelo de la zona. El constructor debe tener presente la especificación al respecto (artículo 810, Protección vegetal de taludes).

Si el proyecto contempla la plantación de especies arbóreas, aquellas que puedan alcanzar gran tamaño y/o extensión radicular, deben ser plantadas a distancias tales que su eventual caída no represente peligro para el tránsito y que su avidez por el agua subsuperficial no produzca daños en el pavimento.

El constructor debe realizar la caracterización de la cobertura vegetal existente en el área de influencia directa del proyecto, registrar los árboles aislados que se encuentran sobre el corredor vial y que no deben ser afectados por las actividades constructivas, con el fin de hacer seguimiento a su permanencia y controlar que no sean afectados por el desarrollo de las obras.

Si el proyecto lo requiere, el constructor debe gestionar el levantamiento de vedas, la sustracción de reserva forestal o la tala de árboles; además, debe levantar la información y realizar los respectivos estudios acorde con los requerimientos y la normativa que rige la materia. Acto seguido, debe remitir el informe o documento a la autoridad ambiental con el fin de obtener a su nombre el correspondiente permiso y cumplir las disposiciones que origina el acto administrativo. En las labores de tala y poda se debe prestar especial atención a la presencia de nidos para evitar que estos sean

afectados, y si fuera necesario, aplicar el plan de manejo de avifauna.

Además, el constructor debe disponer el material de residuo vegetal en concordancia con las disposiciones establecidas en los actos administrativos generados por la autoridad ambiental competente.

Para la obtención de productos forestales que sean utilizados en actividades de obra o de compensación forestal, el constructor debe exigir a los proveedores o propietarios del material, el salvoconducto que ampara la movilización y/o adquisición de los productos, acreditando su procedencia legal; en su defecto, contar con el acto administrativo por el cual se otorgó el aprovechamiento forestal de dónde se obtiene el material y relacionar los salvoconductos que amparan la movilización de los productos.

El constructor se debe abstener de adquirir productos forestales que no están amparados con el respectivo salvoconducto o autorización de la autoridad ambiental.

En el caso de realizar compensaciones ambientales por uso de recursos naturales y/o permisos otorgados en el proyecto, se debe proponer la estrategia de compensación que contribuye a la conectividad ecológica, según las condiciones del proyecto y la zona en la que se sugiera revisar nuevas alternativas de compensación más sostenibles como bancos de hábitat, BanCO2, compra de predios estratégicos ambientalmente, entre otros, en el marco de procesos de participación social, teniendo en cuenta los criterios que propone INVÍAS en su Política de Sostenibilidad y de conformidad con la normativa ambiental vigente.

También, dentro de las medidas de sostenibilidad debe evaluar la creación de redes de ecosistemas con corredores verdes, arborización, y espacios verdes, asociados al proyecto; además, debe incorporar las iniciativas institucionales de conservación, restauración y reforestación en el área de influencia del proyecto, resaltando las zonas de importancia ambiental.

El constructor debe, asimismo, evaluar el material vegetal generado en los viveros multifuncionales, ya que puede ser empleado para el enriquecimiento de coberturas de áreas, tales como corredores de conectividad ecológica, rondas hídricas, estructuras atractivas, disuasivas y de apantallamiento asociadas a pasos de fauna, con oferta alimentaria y de hábitat para la fauna, de paisajismo, amenazadas por procesos de inestabilidad geológica o erosión, o con presencia de especies vedadas, endémicas o en estado de amenaza o vulnerabilidad.

106.5.7 Aprovechamiento y manejo integral de materiales de construcción

El constructor debe cumplir a cabalidad con las normas legales y reglamentarias vigentes respecto del suministro y aprovechamiento de materiales de construcción.

Debe, entonces, optimizar el uso de los materiales de construcción adquiridos, así como de los desechos y sobrantes. Debe considerar el reciclaje de materiales cuyo porcentaje (%) debe ser informado a las autoridades ambientales, que contribuya con la economía circular, promueva el uso eficiente de recursos y disminuya la presión sobre los puntos de suministro y disposición de materiales.

El constructor, con el fin de generar menores impactos negativos, debe identificar y utilizar las fuentes de materiales de construcción ya consolidadas, que cuenta con las autorizaciones vigentes de la Agencia Nacional Minera (ANM) y las autoridades ambientales competentes.

De otra parte y en caso de no ser posible la compra de los materiales de construcción, el constructor debe, previo al inicio del proyecto, gestionar (a su nombre y a cargo del porcentaje (%) de administración del costo directo del contrato), la autorización temporal para extracción de materiales ante las autoridades competentes, que incluyan las fases de exploración, explotación, cierre, restauración y abandono, cumpliendo las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales. En este proceso, debe acoger las determinaciones que en la licencia ambiental se explicitan para el manejo de materiales. El constructor debe aislar y proteger áreas húmedas y de ronda hídrica de las actividades extractivas, debe implementar buenas prácticas ambientales y tecnologías limpias para reducir los impactos negativos a que se dieran lugar en el proceso de extracción y abandono.

El constructor, respecto del manejo y gestión integral de materiales (pétreos, concreto, asfalto, prefabricados), debe tener presente, entre otras consideraciones:

- Los materiales no deben almacenarse en zonas cercanas a los frentes de obra para evitar que obstaculicen los trabajos.
- Los materiales deben estar cubiertos y protegidos para evitar la emisión de material particulado a la atmósfera, cuerpos de agua, sistemas de drenaje y vegetación.
- Fomentar la reutilización de materiales provenientes de excavaciones, residuos de otras obras y demoliciones, debidamente autorizados por autoridad ambiental competente y siempre que atiendan a las especificaciones técnicas respectivas.
- Separar, confinar y cubrir de forma independiente el material orgánico y el material estéril.
- Reutilizar el suelo orgánico para la reconformación de áreas intervenidas temporalmente y para áreas destinadas a manejo paisajístico.
- Realizar el acopio temporal de materiales, de tal forma que se evite el aporte de sedimentos a las cunetas y drenajes del proyecto.
- Utilizar materiales e insumos desprovistos de sustancias peligrosas, o gestionar adecuadamente su uso y disposición final.
- Evitar la utilización de materiales o insumos sobre los cuales no se tenga certeza del impacto que generan en el ambiente.
- En caso de derrame de mezcla se debe limpiar el sitio, recogiendo y depositando el residuo en el espacio autorizado por la interventoría.
- Está prohibido el lavado de mezcladoras de concreto en los frentes de obra o en cuerpos de agua.
- Tener los cuidados y protocolos respectivos para el correcto manejo y disposición de los residuos de asfalto.
- Respecto de los prefabricados, almacenarse ordenadamente en un sitio con demarcación, señalización y verificando la estabilidad de los acopios.

El constructor siempre debe tener en cuenta otros referentes de manejo sostenible de materiales, pues es el único responsable por el uso indebido de los materiales de construcción para el desarrollo de la obra, so pena de sanciones al respecto.

106.5.8 Manejo y disposición final de residuos de construcción y demolición, sobrantes de obra y lodos

En este sentido, el constructor debe cumplir con las normas legales vigentes para el manejo, transporte y disposición final de residuos y material sobrante de las actividades de construcción de carreteras. Debe tener presente la Resolución 541 de 1994 del Ministerio del Medio Ambiente, y la Resolución 472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (o aquellas que las sustituyan, complementen o modifiquen), en las cuales se establecen las disposiciones para realizar la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

De igual manera debe tener presente la guía para el desarrollo del plan de gestión de residuos para los proyectos de construcción, desmonte y demolición (CDD) - END 098, donde se incluyen directrices para los residuos generados in situ durante los proyectos de construcción, desmonte y demolición.

El constructor, en primera instancia, debe prevenir y reducir la generación de estos residuos, además de promover su aprovechamiento y reutilización. El constructor puede, de acuerdo con los requerimientos de obra, especificaciones técnicas y permisos de la autoridad competente, reutilizar los materiales sobrantes en obra, ya sea como material de lleno, conformación de antiguas canteras o nivelación de terrenos.

Debe, de igual forma, identificar y conocer los sitios de disposición final, lo mismo que los gestores de residuos de construcción y demolición RCD, quienes deben contar los permisos vigentes de las autoridades competentes.

Si una vez ejecutada la gestión integral de los RCD sigue existiendo material para disposición, el constructor debe seleccionar técnicamente el sitio de disposición final autorizado por la autoridad ambiental competente más cercano al frente de obra; adicionalmente, debe cumplir con las condiciones para su recolección y transporte.

El constructor puede ubicar una Zona de Disposición de Material Sobrante de Obra Estéril (ZODME), para disponer el volumen sobrante de residuos resultantes de la actividad de excavación. Para tal fin, debe contar con un diseño técnico-ambiental aprobado por la interventoría, con la autorización de la autoridad ambiental competente y que tenga la certificación de la dependencia de planeación municipal, sobre compatibilidad de uso según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) o Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio donde se ubica la ZODME.

De la misma manera, debe prever técnicamente para el caso del manejo de lodos, entre otros aspectos, una piscina o tanque para propiciar su decantación. Una vez secos, su manejo y disposición final se debe realizar de acuerdo con los requerimientos establecidos y en los sitios autorizados para tal fin.

Indiscutiblemente, el constructor es el único responsable por el manejo y la disposición indebida de los residuos de construcción y demolición, sobrantes de obra y lodos, so pena de sanciones al respecto.

106.5.9 Manejo y disposición final de residuos sólidos convencionales y especiales

El constructor debe incorporar iniciativas que reduzcan la generación de residuos sólidos y peligrosos; no debe usar materiales e insumos que afectan la salud humana y que aún no estén reglamentados por la normativa nacional vigente. En general, las acciones que ejecute el constructor deben estar encaminadas a implementar alternativas más amigables con el entorno, el uso de buenas prácticas y tecnologías que reduzcan la contaminación atmosférica, del suelo e hídrica.

Debe incorporar iniciativas de manejo y disposición de residuos orgánicos en obra, propender por la no utilización de plásticos y, en las reuniones con grupos de interés, usar materiales amigables con el medio ambiente.

El constructor debe identificar los tipos de residuos que se generan durante la ejecución del proyecto; así mismo debe presentar un plan de medidas específicas para su manejo. Las actividades se ejecutan dando cumplimiento a la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos enmarcado en la política del CONPES 3874-2016 (o aquellas que la sustituyan o modifiquen).

En ese sentido, debe implementar estrategias con el fin de reducir el peso, volumen y contaminación de los residuos sólidos; fomentando la reutilización y el reciclaje. En el manejo de estos, debe instalar puntos de almacenamiento en obra (puntos ecológicos), con los cuales se debe promover la separación en la fuente clasificando los residuos sólidos aprovechables. El constructor debe consultar al municipio sobre la existencia de organizaciones de recicladores habilitadas para la entrega de residuos aprovechables en concordancia con lo establecido en el Decreto 596 de 2016 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio o aquel que lo sustituya o modifique.

El constructor debe tener especial manejo con los residuos peligrosos o contaminados; debe disponer los residuos sólidos convencionales y especiales en los sitios autorizados y de acuerdo con los requerimientos establecidos, debe llevar un control de las cantidades y tipos de residuos generados en el frente de obra y entregarlos para su disposición final, a las empresas autorizadas para tal fin. Desde luego, de acuerdo con la normativa vigente en la materia.

106.5.10 Instalaciones temporales para campamento, acopio y patios

El constructor debe cumplir las normas y requerimientos en materia ambiental y territorial en la instalación, funcionamiento y desmantelamiento de campamentos de obra, sitios temporales de acopio de material, residuos de excavación y de obra, caminos de acceso, patios y talleres de máquinas, equipos y vehículos. De igual manera, debe prevenir, minimizar y controlar los impactos ambientales y sociales generados en dicho proceso.

El constructor debe tener presente en la ubicación, diseño y construcción de estas obras temporales y complementarias, prácticas sostenibles, actividades de adaptación al

cambio climático y aspectos de gestión del riesgo de desastres.

Además, debe tener presente en los diseños de los campamentos e instalaciones, los criterios de infraestructura verde y ecodiseños, buscando la integración de aspectos ambientales para la futura construcción e identificar el uso de materiales alternativos y reciclados, siendo estos más amigables con el medio ambiente. El diseño debe ir acorde con el paisaje de la zona, a fin de preservar su sostenibilidad.

El constructor debe realizar un análisis de viabilidad de los espacios actualmente en uso y que han tenido una transformación antropogénica. La finalidad debe ser priorizarlos para ser utilizados en el desarrollo del proyecto, evitando así, el uso de nuevas áreas y materiales, o de áreas de importancia ecológica y de ecosistemas estratégicos.

Estos sitios, como sus obras complementarias deben estar por fuera de zonas inestables, ecosistemas, áreas protegidas, corredores biológicos, rondas hídricas, cuerpos y drenajes de agua, lugares con nivel freático alto, accesos a predios o en infraestructura pública y privada, entre otros. Se ubican cerca de la zona donde se ejecuta el proyecto evitando al máximo los cortes de terreno, llenos y remoción de material vegetal, previendo la disponibilidad de servicios públicos, sin realizar vertimientos líquidos y disposición de residuos sólidos en el entorno.

El constructor debe evaluar e implementar buenas prácticas ambientales, tecnologías limpias, energías alternativas, materiales alternativos y/o reciclados (sostenibles), para la construcción y funcionamiento de las obras complementarias y temporales; así mismo, debe construir un sistema de recolección de desechos sólidos y drenajes adecuados para el manejo y/o recirculación de aguas lluvias.

Debe disponer para el funcionamiento de estos sitios, entre otros aspectos, con: programas de aseo, señalización, equipos de control de incendios, elementos de primeros auxilios, servicios sanitarios, elementos de bioseguridad, manejo de residuos líquidos domésticos, carteleras informativas y cerramientos.

El patio de mantenimiento de los equipos y maquinaria necesarios para la ejecución de las labores del constructor debe contar con sistemas apropiados de manejo y disposición de grasas y aceites. El constructor debe implementar un plan de acción en caso de ocurrencia de derrames y escurrimientos con el fin de que no se presente afectación a los cuerpos receptores. Por lo tanto, todos los residuos de aceites y lubricantes se deben retener en recipientes herméticos y ubicar en sitios adecuados de almacenamiento, con miras a su posterior manejo y disposición final, acorde con la normativa vigente en la materia.

El constructor, con respecto al abastecimiento de combustible, mantenimiento de maquinaria y lavado de vehículos debe ejecutar estas actividades en los sitios autorizados previamente, y con el cumplimiento de las respectivas medidas para prevenir accidentes y generación de residuos.

En el caso de traslado y movimiento de la maquinaria, debe cumplir con los procedimientos, requerimientos y permisos en el marco de las disposiciones normativas nacionales.

También debe estar obligado a realizar acciones para recuperar la morfología de las áreas intervenidas, de acuerdo con sus características propias.

El constructor debe realizar, asimismo, el desmantelamiento, recuperación y revegetalización de las áreas en las cuales fueron instaladas las obras complementarias, redes de servicios y áreas temporales, para dejarlas igual o en mejores condiciones a como las encontró; además, debe presentar paz y salvo de los dueños de los predios. El material debe ser reciclado y si no es posible, disponerlo de acuerdo con la normativa vigente en la materia.

106.5.11 Instalaciones y operación para triturados, concretos y asfaltos

El constructor está obligado a prevenir, minimizar y controlar los impactos generados por la instalación, funcionamiento y desmantelamiento de las plantas de trituración, asfalto y concreto.

Debe evaluar la viabilidad de implementar nuevas prácticas ambientales y tecnologías de cero (0) emisiones y ruido para reducir los impactos que pueden generar la instalación, el funcionamiento y el desmantelamiento de las plantas de trituración, asfalto y concreto. Resulta pertinente, entre tantos aspectos, evaluar el suministro de materiales por las empresas constituidas para no implementar la instalación y operación de plantas.

Si el constructor establece la necesidad de instalar estas plantas para la construcción de las obras, debe, previo al inicio del proyecto, gestionar (a su nombre y a cargo del porcentaje (%) de administración del costo directo del contrato) ante la autoridad ambiental los permisos de localización, emisiones atmosféricas, control de ruidos, concesión de aguas, vertimiento de aguas, disposición de sólidos o manejo de vegetación (o aquellos que se complementen o requieran).

La ubicación de las plantas debe responder a criterios técnicos, ambientales y sociales idóneos. Por ningún motivo, se debe permitir que las plantas se instalen en sitios ecológicamente sensibles, en áreas de preservación ambiental, en zonas con especies bióticas protegidas o en peligro de extinción o cerca a poblaciones. La ubicación y funcionamiento de estas plantas deben cumplir con las disposiciones y requerimientos normativos emitidos por las autoridades competentes.

106.5.12 Gestión del riesgo de desastres y variabilidad climática

El constructor con su equipo de trabajo debe conocer y evaluar el riesgo de desastres y la variabilidad climática donde se desarrolla el proyecto; además debe establecer estrategias y acciones que conduzcan a reducir las condiciones de riesgo actual y futuro.

Para este fin, debe tener presente lo contenido en la Ley 1523 de 2012 en la que se reglamenta la Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, igualmente el Decreto 2157 de 2017 del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República que establece los planes de Gestión de Riesgo de Desastres en entidades públicas y privadas, y la Resolución 1978 de 2020 por la cual se adopta el Plan de Gestión de Riesgo de Desastres de INVÍAS (o aquellas que lo sustituyan o modifiquen).

El constructor, en zonas de alto riesgo debe realizar talleres de diagnóstico con comunidades del área de influencia en las que se identifiquen entre otros aspectos: conflictividad social, seguridad vial, eventos críticos ocurridos de origen social o socio natural, localización de actividades humanas detonantes de fenómenos de movimiento en masa y zonas de tránsito recurrente de poblaciones humanas. Este ejercicio de identificación se debe realizar en el corredor geotécnico y debe acompañarse de la descripción de los eventos en términos de intensidad, duración, localización, frecuencia, desastres causados, poblaciones afectadas, efectos en el área de estudio, redes formales e informales de apoyo y las demás que se estimen pertinentes para profundizar en los análisis de riesgos e impactos del proyecto.

El constructor debe evaluar también, la incorporación de los conceptos de infraestructura resiliente proponiendo nuevas tecnologías relacionadas con materiales, estabilización de taludes, geotecnia y sistemas de monitoreo del riesgo, que permitan una mayor adaptabilidad de la infraestructura de transporte al cambio climático, enfatizando en el análisis de los periodos de retorno.

106.6 Componente social

El constructor está obligado a implementar los ordenamientos constitucionales, a cumplir todos los requerimientos y disposiciones de carácter social, patrimonial y cultural vigentes, y demás medidas de gestión social conforme con las características sociales, culturales y económicas del área de influencia del medio socioeconómico del proyecto, y de acuerdo con la especificidad de los proyectos de construcción de carreteras, sean o no objeto de licencia ambiental

Por tal motivo, en la ejecución de los proyectos de construcción de carreteras, es responsable de identificar y caracterizar cuáles son las partes interesadas alrededor del proyecto. Debe, además:

- Vincular a los diferentes actores locales del área de influencia del proyecto.
- Establecer relaciones interinstitucionales.
- Seguir buenas prácticas de comunicación.
- Definir programas y proyectos sociales que apuntan a óptimas relaciones con la comunidad.
- Informar y divulgar los aspectos relacionados con el proyecto.
- Atender a la comunidad.
- Incentivar la participación comunitaria eficiente, productiva y sostenible.
- Evitar conflictos con las partes interesadas por efectos del proyecto.

Para conocer, acatar e implementar la normativa social de carácter constitucional, legal o de desarrollo jurisprudencial se deben desarrollar actividades sociales comunes a todos los proyectos, que responden a mandatos constitucionales y legales y cuyo reconocimiento se da a través de la administración general del contrato. Su implementación es de obligatorio cumplimiento para el constructor, independientemente de la cuantía, objeto o plazo del contrato. A continuación, se establecen dichas actividades:

- Puesta en marcha de un protocolo para el Servicio de Atención al Ciudadano.
- Socialización a la comunidad al inicio, avance y cierre de los estudios y/u obras a realizar.

- Respuesta oportuna a las inquietudes de las Veedurías Ciudadanas creadas.
- Priorizar, registrar y divulgar el recurso humano local vinculado a los proyectos.
- Realizar el levantamiento de Actas de vecindad de inicio, seguimiento y cierre, siempre que estén involucrados predios cercanos a las obras a ejecutar.

106.6.1 Atención, información y divulgación a la comunidad

El constructor debe proponer e implementar un protocolo para el Servicio de Atención al Ciudadano de acuerdo con el alcance, cuantía, objeto y plazo del contrato. De igual manera, está obligado a establecer mecanismos de acceso y divulgación de la información que facilita el enlace entre los agentes sociales interesados, el contratista, la interventoría e INVÍAS, con el fin de atender oportunamente cualquier manifestación ciudadana, con relación al proyecto.

Adicionalmente, el constructor debe socializar las actividades con las partes interesadas, garantizando la amplia y oportuna divulgación de la información técnica, jurídica, económica, social, ambiental y predial relacionada con el proyecto, a través de reuniones de socialización con la comunidad.

Todo lo anterior acorde con la normativa aplicable a los procesos de participación social e información pública como lo son la Ley 1712 de 2014, la Ley 1755 de 2015 y la Ley 1757 de 2015 (y los que complementen, sustituyan o modifiquen).

106.6.2 Comité de participación comunitaria - Veeduría ciudadana

En el marco del mecanismo democrático de representación que le permite a los ciudadanos y a las diferentes organizaciones comunitarias ejercer vigilancia a contratos de obra pública ejecutados con recursos públicos, el constructor debe habilitar los canales de comunicación, estrategias de apropiación del proyecto y conformación de figuras de participación con los diferentes agentes interesados, en lo relacionado con la ejecución del proyecto. Todo esto en cumplimiento de los principios constitucionales de participación ciudadana, deber y control social efectivo en la función del Estado; además acorde con la Ley 850 de 2003 y el capítulo II de la Ley 1757 de 2015 (y los que complementen, sustituyan o modifiquen), relacionados con la participación de las veedurías en el control fiscal y la entrega de informes para auditoría ciudadana.

106.6.3 Actas de vecindad y de compromiso - Derecho de vía

El constructor debe identificar los predios y redes de servicios públicos cercanos a las obras a ejecutar; luego, registrar el estado físico de infraestructura de predios, áreas de uso y ocupación temporal e infraestructura de servicios públicos, con el fin de prevenir afectaciones sobre estos.

El constructor debe realizar el cronograma para el levantamiento de actas de vecindad de inicio y cierre, actas de compromiso y esquemas de localización de las redes de servicios públicos. Todo esto en consideración al cumplimiento del Código Civil colombiano para determinar la responsabilidad civil que debe asumir el constructor, por los predios, las áreas

de uso y ocupación que pueden ser afectadas por las obras.

El constructor debe identificar, caracterizar, sensibilizar, brindar asesoría y realizar una coordinación interinstitucional para adelantar el traslado de las actividades económicas informales, la recuperación y mantenimiento del derecho de vía.

106.6.4 Proyectos sociales con participación comunitaria

El constructor está obligado a promover proyectos sociales sostenibles en el marco de la ejecución de contratos, con el fin de mitigar los impactos generados por los proyectos de Infraestructura de transporte a cargo de INVÍAS. Para ello, el constructor debe acoger la planeación y ejecución de: Obras con Participación Comunitaria, Proyectos Productivos u otra iniciativa de proyecto social que intrínsecamente promueva la participación comunitaria. Todo proyecto debe ser ampliamente justificado desde todas las dimensiones (técnica, jurídica, social, ambiental, predial etc.) y su aprobación depende de la interventoría. Los proyectos deben incorporar buenas prácticas ambientales, sociales y económicas con enfoque de ciclo de vida.

106.6.5 Protección al patrimonio arqueológico, histórico y cultural – Consulta previa

El constructor se compromete a proteger el Patrimonio de la Nación en el área de influencia del proyecto a su cargo. Debe consultar con las entidades a nivel central y territorial todo trámite necesario para la conservación de dicho patrimonio (bienes de interés cultural, arqueológico, paleontológico, entre otros), de acuerdo a la normativa vigente.

El constructor debe solicitar pronunciamiento a la Dirección Autoridad Nacional de Consulta Previa de la Determinación de Procedencia y Oportunidad de Consulta Previa para Proyectos, Obras o Actividades, en el área de influencia, de acuerdo con lo establecido en la normativa vigente, aplicable y conforme al alcance del proyecto. Por tal razón debe certificar concepto emitido por la entidad competente y en el caso de aplicabilidad, coordinar y ejecutar los procesos de Consulta Previa, garantizando el cumplimiento de todos los acuerdos suscritos con las comunidades. Todo este proceso debe ser objeto de verificación por parte de INVIAS.

El constructor debe cumplir la normativa vigente en materia de protección al Patrimonio Arqueológico de la Nación; esto incluye la ejecución de un protocolo de manejo de hallazgos fortuitos de patrimonio arqueológico y/o del Programa de Arqueología Preventiva, cuando sea necesario.

Adicionalmente, el constructor debe cumplir la normativa vigente en materia de protección al patrimonio geológico y paleontológico, regulado por el Servicio Geológico Colombiano.

106.6.6 Gestión socio predial

Si el proyecto requiere de adquisición predial, el constructor debe identificar, diagnosticar e implementar la reglamentación vigente de la entidad, para el reconocimiento de factores de compensación social de aquellas unidades sociales vulnerables cuyos predios deban requerirse para el desarrollo de las obras de

infraestructura adelantadas por INVÍAS, buscando siempre mantener o mejorar las condiciones de vida de dichas unidades sociales.

106.6.7 Inclusión social

El constructor debe reconocer que existen grupos poblacionales que, por sus condiciones y características (etnia, edad, sexo, identidad de género, discapacidad o personas reconocidas como víctimas, entre otros), son más vulnerables y requieren un abordaje ajustado a sus necesidades y particularidades, para disminuir situaciones de inequidad.

En los planes de gestión socio ambiental, el constructor debe verificar la incorporación del enfoque de género y diferencial en la evaluación y manejo de impactos del proyecto, en el registro de datos y el análisis de información, en el diseño de piezas de divulgación y en los procesos de sensibilización y formación a comunidades, entre otros aspectos.

En la formulación de la línea base y en el análisis de impactos, el constructor debe identificar las particularidades, brechas y patrones de discriminación de las poblaciones según condiciones como: sexo, género, ciclo de vida, discapacidad, etnia, entre otros.

En la gestión del proyecto debe registrar datos e indicadores (de gestión e impacto) asociados al desarrollo del componente de género y equidad poblacional del proyecto.

El constructor debe llevar un registro de perfil y asignación de cargos por sexo, funciones y remuneración, discriminando clase o tipo y forma contractual. Adicional debe favorecer el aumento del porcentaje (%) de vinculación de mujeres diversas en trabajos convencionales y no convencionales (o tradicionalmente masculinos) y de manera especial en áreas de toma de decisión. Debe implementar un código de conducta de cero (0) tolerancias con prácticas discriminatorias para todos los segmentos poblacionales y violencias basadas en género.

106.7 Manejo de información, seguimiento y reconocimiento de las actividades

El constructor está obligado en la etapa de planeación del proyecto, y previo a la ejecución de obras, a realizar para el área de influencia las consultas respectivas en los sistemas de información y documentación social y ambiental, con el fin de identificar:

- Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA).
- Corredores ecológicos existentes en el área de influencia del proyecto.
- Áreas de distribución de especies de fauna endémica, migratoria y/o en condición de amenaza o vulnerabilidad.
- Áreas con reglamentación especial, y determinantes ambientales, definida en los instrumentos de ordenamiento y planificación del territorio.
- Áreas degradadas en procesos de recuperación.
- Áreas en conflicto por uso del suelo.
- Áreas susceptibles a eventos amenazantes de origen hidrometeorológico y geológico como inundaciones, movimientos en masa, avenidas torrenciales, sismos, erupciones volcánicas, tsunamis, entre otras, en los ámbitos nacional, regional y local.
- Áreas destinadas a la producción económica agropecuaria, forestal, pesquera, acuícola, minera, entre otras.

- Áreas cuyas características sociales requieren de manejo especial, pasos urbanos, territorios colectivos, zonas o puntos de captación y/o conducción de servicios públicos domiciliarios y comunitarios, bienes o manifestaciones de patrimonio cultural de la Nación, Zonas de Interés de Desarrollo Rural, Económico y Social (ZIDRES), Espacios Territoriales de Capacitación y Reincorporación (ETCR), entre otros.
- Zonas de importancia o con declaratoria de interés social, de importancia histórica, cultural, antropológica, arqueológica y/o paleontológica.

Es condición indispensable consultar y realizar los reportes a que haya lugar en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (REAA), el cual identifica y prioriza ecosistemas y áreas ambientales del territorio nacional, con excepción de las áreas protegidas registradas en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), en las que se pueden implementar Pagos por Servicios Ambientales (PSA) y otros incentivos y/o instrumentos orientados a la conservación.

El constructor debe cumplir, en el caso de requerirse manejo de información geográfica y cartográfica, tanto en proyectos sujetos o no a licencia ambiental, con los procesos de captura, estructuración y manejo de la información geográfica de acuerdo con las políticas, lineamentos y estándares oficiales vigentes, o los que se adopten para tales fines por las instancias competentes.

El consultor debe identificar riesgos e impactos sociales significativos de acuerdo con la documentación proveniente de fuentes primarias y/o secundarias de consulta abierta, sistemas de información geográfica, portales o bases de datos de instituciones públicas; así como de los datos incluidos en la línea base en proyectos sujetos o no a licencia ambiental y demás documentos o fuentes de información contractual.

El constructor debe evidenciar el cumplimiento de los programas y actividades ambientales, sociales y de sostenibilidad planteados a desarrollar; de igual manera, el seguimiento y monitoreo de los mismos.

En todo caso, debe realizar los respectivos informes de avance, seguimiento y balance final de obra en lo que respecta a lo ambiental, social y de sostenibilidad, acorde con los lineamientos establecidos según el tipo de proyecto sujeto o no a licencia ambiental.

Todos los informes de avance presentados por el constructor, deben generar concepto y aprobación por parte de la interventoría, de acuerdo con lo señalado en el Manual de Interventoría de Obra Pública vigente y normas aplicables.

El constructor debe tener presente que es función dar cumplimiento a la normativa vigente y ajustarse al objeto contractual; por lo tanto, debe ser conocedor que el reconocimiento de las actividades ambientales, sociales y de sostenibilidad se da en tres (3) aspec-tos: 1) El porcentaje (%) de administración del costo directo de obra, 2) La provisión ambien-tal, social y de sostenibilidad establecida en el contrato de obra, y 3) Mediante la revisión y análisis específico de ítem no previsto de obra.

Debe tener en cuenta, de otro lado, que la provisión es el recurso destinado por la entidad en el presupuesto oficial del contrato,

con el fin de respaldar el reconocimiento o pago de algunas actividades cuyos costos no pueden ser determinados previamente. En ningún caso se acepta admitir pagos que están incluidos en las especificaciones generales de construcción o en el AIU del contrato. En el caso del reconocimiento de alguna actividad no prevista, debe realizarse la solicitud y evaluación según los procedimientos establecidos por INVÍAS, entre estos el Manual de Interventoría de Obra Pública.

En otros términos, el constructor debe tener como referente aquellas actividades que están contenidas en las especificaciones y porcentaje (%) de administración, de acuerdo con la Tabla 106 – 1. El constructor puede profundizar respecto del reconocimiento de las actividades, en los apéndices social, ambiental y sostenibilidad para la constitución de los contratos de obra pública, al igual que en el Manual de Interventoría de Obra Pública.

Tabla 106 – 1 Relación del Reconocimiento de las Actividades Ambientales, Sociales y Sostenibilidad

Componente Ambiental		
Proyectos – Actividades	**Artículo EG**	**Observación**
Grupo de gestión social, ambiental y sostenibilidad.	Administración.	Los profesionales del componente ambiental, social y de sostenibilidad deben desarrollar las actividades establecidas en sus planes de gestión, registrando los informes de su gestión cuando los requiera INVÍAS. Todas las actividades de gestión y trámite son reconocidas por el rubro destinado a la administración del contrato. El transporte del personal ambiental, social y de sostenibilidad debe ser garantizado por el constructor, y debe ser reconocido por la administración del contrato.
Fomento de la sostenibilidad (concienciación, fortalecimiento, fomento de valores, capacitación y educación).	Administración. Artículo 106.3.	Los profesionales vinculados al proyecto se deben encargar de definir, ejecutar y evaluar las actividades que responden al fomento de la sostenibilidad.
Cumplimiento requerimientos legales.	Administración. Artículo 106.2. Artículo 103.4.	Es función del constructor dar cumplimiento a la normativa vigente y cumplir con el objeto contractual; por lo tanto, es responsable de la gestión para la obtención de permisos, licencias y autorizaciones para el uso de recursos naturales (incluyendo los estudios, ensayos, monitoreo y demás necesarios para su obtención), los pagos de seguimiento y evaluación de permisos y autorizaciones por parte de la autoridad ambiental competente, como todos los monitoreos ambientales. Los monitoreos derivados de los permisos de ocupación de cauce, al igual que las compensaciones ambientales derivadas de los permisos de aprovechamiento forestal, sustracción de reserva y levantamiento de veda, deben ser analizados por la interventoría para su reconocimiento mediante la provisión y siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS.

Componente Ambiental		
Proyectos – Actividades	**Artículo EG**	**Observación**
Uso y manejo de agua.	Administración. Artículo 103.6. Artículo 105.15, 17. Artículo 106.5.	En las diferentes actividades de obra se tiene previsto el uso de agua. En este aspecto también se dispone de agua para los servicios sanitarios, además del manejo y control del agua superficial. Todas las actividades relacionadas con el manejo de residuos líquidos se encuentran en el porcentaje (%) de administración del contrato. Los monitoreos derivados de los permisos de ocupación de cauce, deben ser analizados por la interventoría para su reconocimiento mediante la provisión y siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS.
Calidad del aire, control del ruido y vibraciones.	Administración. Artículo 105.1, 4, 5. Artículo 106.5.	El constructor debe prever vehículos, maquinaria, equipos y procesos constructivos donde se cumpla con la normativa respecto del control de emisiones y ruido. Debe implementar medidas para mantener las emisiones y ruidos dentro de los límites de frecuencia e intensidad permitidos e implementar sistemas de control del material particulado.
Protección de ecosistemas, biodiversidad y conectividad ecológica.	Artículo 106.5.	Es obligación del constructor proteger los ecosistemas sensibles (terrestres, acuáticos, costeros o insulares) y áreas definidas por la ley como de importancia ambiental.
Protección de fauna.	Artículo 106.5.	En este aspecto el constructor debe cumplir la normativa y se obliga, durante el desarrollo de obras, a evitar perturbar el hábitat natural de la fauna, generar su desplazamiento y a proteger la fauna y hábitat.
Protección de flora y manejo de vegetación.	Artículo 106.5. Artículo 105.13. Artículo 200. Artículo 203. Artículo 802.	En las especificaciones relacionadas, se deben contemplar las medidas a realizar respecto de la vegetación nativa, el control de árboles aislados, la recuperación de la cubierta vegetal, entre otras. Las compensaciones ambientales derivadas de los permisos de aprovechamiento forestal, deben ser analizadas por la interventoría para su reconocimiento mediante la provisión y siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS.
Aprovechamiento y manejo integral de materiales de construcción.	Administración. Artículo 105.13, 15, 17. Articulo 106.5.	El constructor debe proveer y manejar los diferentes materiales para desarrollar el proyecto de acuerdo con las especificaciones y objeto contractual; igualmente, optimizar el uso de los materiales de construcción adquiridos, así como de los desechos y sobrantes.
Manejo y disposición final de residuos de construcción y demolición, sobrantes de obra y lodos.	Administración. Artículo 105.15, 17. Articulo 106.5.	El constructor está en la obligación de cumplir con las normas legales vigentes para el manejo, transporte y disposición final de residuos y material sobrante de las actividades ejecutadas para dar cumplimiento al objeto contractual en la construcción de carreteras. Debe, en primera instancia, prevenir y reducir la generación de estos residuos, además debe promover su aprovechamiento y reutilización.

Componente Ambiental		
Proyectos – Actividades	**Artículo EG**	**Observación**
Manejo y disposición final de residuos sólidos convencionales y especiales.	Administración. Artículo 105.15, 17. Articulo 106.5.	El constructor acorde con la normativa, debe identificar los tipos de residuos que se generan durante la ejecución del proyecto e implementar estrategias con el fin de reducir el peso, volumen y contaminación de los residuos sólidos. También debe fomentar estrategias de reutilización y el reciclaje. Todas las actividades relacionadas con el manejo de residuos sólidos se encuentran en el porcentaje (%) de administración del contrato.
Instalaciones temporales para campamento, acopio y patios.	Administración. Artículo 105.13, 15, 17. Articulo 106.5.	En este aspecto se contempla la instalación, funcionamiento y desmantelamiento de campamentos de obra, sitios temporales de acopio de material, residuos de excavación y de obra, caminos de acceso, patios y talleres de máquinas, equipos y vehículos. El constructor debe cumplir con las normas y requerimientos vigentes en materia ambiental y territorial, según la autoridad competente. La implementación de campamentos, funcionamiento y manejo al igual que infraestructura temporal, uso de baños móviles puntos SAU y señalización, entre otras, están contempladas en la administración del contrato.
Instalaciones y operación para triturados, concretos y asfaltos.	Administración. Artículo 105.1, 13, 15, 17. Articulo 106.2, 5.	El constructor puede instalar plantas para asegurar proveer los diferentes materiales para desarrollar el proyecto de acuerdo con las especificaciones y objeto contractual. Las compensaciones derivadas y la gestión necesaria para los permisos de emisiones atmosféricas, concesiones de aguas, permisos de vertimientos, licencias ambientales de autorizaciones mineras (actividades industriales), así como los monitoreos isocinéticos, trámites de los permisos de vertimientos, concesión de aguas y monitoreo en fuentes hídricas derivados de estos permisos, obligaciones con autoridades ambientales que se requieran para el funcionamiento de las instalaciones temporales y para el suministro de los productos contratados como ítem de obra, deben estar incluidas en las especificaciones generales de construcción en las que no solo se determinan las características técnicas para los materiales sino que se incluyen los insumos y las actividades del proceso de transformación de material, por lo cual deben estar inmersos dentro de dichos ítem de obra y/o la administración del proyecto.
Gestión del riesgo de desastres y variabilidad climática.	Administración. Artículo 106.5.	Los profesionales vinculados al proyecto por administración deben conocer y evaluar el riesgo de desastres y la variabilidad climática de la zona donde se desarrolla el proyecto de acuerdo con la normativa vigente.

Componente Social		
Proyectos – Actividades	**Artículo EG**	**Observación**
Atención, información y divulgación a la comunidad.	Administración. Artículo 106.2, 6.	El constructor debe proponer e implementar un protocolo para el Servicio de Atención al Ciudadano de acuerdo con el alcance, cuantía, objeto y plazo del contrato. La instalación y operación de este protocolo es reconocida en la administración del contrato. El constructor debe socializar las actividades con las partes interesadas, garantizando la amplia y oportuna divulgación de la información técnica, jurídica, económica, social, ambiental y predial relacionada con el proyecto, a través de reuniones de socialización con la comunidad. La realización de reuniones de inicio, avance y cierre son reconocidas en la administración del contrato. Sin embargo, los costos de la logística e insumos para las reuniones se deben analizar de acuerdo con su disponibilidad en el área de influencia del proyecto. La interventoría debe hacer el análisis para su reconocimiento, mediante la provisión y siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS. Son reconocidas por la administración, las piezas divulgativas básicas generadas directamente por el contratista, y la implementación del Proyecto de Contratación de Mano de Obra. Para otras piezas divulgativas, los costos deben ser analizados por la interventoría para su reconocimiento, mediante la provisión y siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS.
Comité de Participación Comunitaria – Veeduría Ciudadana.	Administración. Artículo 106.3, 6.	El constructor desde su personal social vinculado al proyecto debe habilitar los canales de comunicación, estrategias de apropiación del proyecto y conformación de figuras de participación con los diferentes actores involucrados, en lo relacionado con la ejecución del proyecto. La conformación y seguimiento del Comité de Participación Comunitaria y/o Veeduría está contemplada en la administración del contrato.
Actas de vecindad y de compromiso – Derecho de Vía.	Administración. Artículo 103.8, 10. Artículo 106.3, 6.	El constructor debe destinar un equipo integral técnico y social que registra el estado físico de infraestructura de predios, áreas de uso y ocupación temporal e infraestructura de servicios públicos, antes, durante y después del desarrollo de la obra. Estas actividades deben ser reconocidas en la administración del contrato.
Proyectos sociales con participación comunitaria.	Administración. Artículo 106.3, 6.	La gestión, estructuración y trámite para el desarrollo de los proyectos sociales con participación comunitaria se deben reconocer en la administración del contrato. Sin embargo, los costos de ejecución y operación deben ser analizados por la interventoría para su reconocimiento, mediante la provisión y siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS.

Componente Social		
Proyectos – Actividades	**Artículo EG**	**Observación**
Protección al patrimonio arqueológico, histórico y cultural – Consulta Previa.	Administración. Artículo 105.8. Artículo 106.6.	La gestión para la obtención de certificaciones, autorizaciones, concesiones, licencias y/o permisos de índole social debe ser reconocida en la administración del contrato. Sin embargo, los costos de ejecución y operación de los planes de Arqueología Preventiva y las actividades para el cumplimiento de los acuerdos de Consulta Previa deben ser analizados por la interventoría para su reconocimiento, mediante la provisión y siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS.
Gestión socio predial.	Administración. Artículo 106.6.	El constructor desde su personal social vinculado al proyecto, debe establecer las medidas sociales que se implementan y ejecutan dentro del proceso de adquisición predial, con el objetivo de mitigar y compensar los posibles impactos socioeconómicos que se generan a las unidades sociales afectadas directamente por la ejecución del proyecto. El constructor debe garantizar el desarrollo de todas las gestiones necesarias para determinar el reconocimiento de factores de compensación social y desarrollar adecuadamente la gestión socio predial del proyecto. Sin embargo, el reconocimiento del valor de los factores de compensación social, debe ser analizado por la interventoría para su reconocimiento, mediante la provisión y siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS.
Inclusión social.	Administración. Artículo 106.6.	La inclusión social por tratarse de un enfoque de intervención transversal a la gestión socio ambiental del proyecto debe hacer parte de la administración del contrato. Sin embargo, en caso de requerirse personal experto para módulos de formación, material educativo y de divulgación deben ser analizados por la interventoría para su reconocimiento, mediante la provisión y siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS.
Componente Sostenibilidad		

Se encuentra incluido dentro del rubro de la administración las actividades correspondientes a la implementación de campamentos, uso de baños móviles, puntos SAU y señalización, entre otras, a través de la implementación de nuevas tecnologías, uso de energías alternativas, empleo de materiales nuevos y/o reciclados, Ecodiseños y establecimiento de Lineamientos de Infraestructura Verde. Deben estar incluidas también la recolección, análisis de información y la participación de grupos de interés, durante la ejecución del contrato.

Se debe incluir dentro de la provisión de sostenibilidad el desarrollo de obras, actividades, insumos y materiales orientados a promover la movilidad sostenible (senderos peatonales, ciclo infraestructura), la conectividad ecológica y social (cartografía, pasos de fauna, pasos peatonales, semáforos) y la promoción de la cultura de sostenibilidad (personal experto para módulos de formación, material educativo y de divulgación, vallas, señalización informativa de fauna), las cuales deben ser analizadas por la interventoría para su reconocimiento en la provisión de sostenibilidad y/o presupuesto de obra del proyecto, siguiendo los procedimientos establecidos por INVÍAS.

Control y aceptación de los trabajos

Artículo 107 – 22

107.1 Control

La inspección de la calidad de los materiales, de la ejecución de las unidades de obra y de las obras terminadas corresponde al interventor, el cual debe estar encargado de verificar que el constructor realice todos los controles descritos en el numeral 103.3 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor, de las presentes especificaciones, y debe ejecutar las mediciones que le exijan los documentos contractuales a la interventoría y las adicionales que estime convenientes, sin perjuicio del avance de los trabajos. El constructor debe tomar todas las disposiciones necesarias para facilitar el control por parte del interventor.

El interventor, a partir de la aprobación del plan de calidad y el Plan de Inspección, Medición y Ensayo (PIME), debe inspeccionar de forma individual o colectiva el cumplimiento de cada uno de los planes y debe revisar los resultados de las pruebas realizadas frente a los criterios de calidad dados en las especificaciones particulares, para impedir que existan no conformidades y evitar al máximo productos no conformes. También debe revisar las acciones correctivas, esto debe incluir los responsables, las tareas tomadas y la efectividad de la acción ejecutada para eliminar la causa de la no conformidad.

Si alguna característica de los materiales y trabajos objeto del control no está de acuerdo con lo especificado o si, a criterio del interventor, puede poner en peligro seres vivos o propiedades, este debe ordenar la modificación de las operaciones correspondientes o su interrupción, hasta que el constructor adopte las medidas correctivas necesarias.

107.2 Aceptación de los trabajos

107.2.1 Solicitud de aprobación por parte del constructor

El constructor debe solicitar al interventor, por escrito, la aprobación de cada parte de la obra. Además, debe acompañar la solicitud de aprobación con un informe que demuestre que esa parte de la obra cumple con todos los controles y los requisitos de calidad exigidos en las especificaciones. El informe debe tener el concepto del ingeniero de calidad del proyecto, cuando aplique, con la lista de verificación de cumplimiento de todos los requisitos; debe estar acompañado de los resultados completos de inspecciones, mediciones y ensayos de laboratorio que alimentan la lista de inspección.

107.2.2 Aprobación por parte del interventor

Los documentos del contrato deben fijar el alcance de las labores de control, inspección, medición y ensayo a cargo del interventor, para

efectos de aceptación de la obra ejecutada y la autorización de su pago.

Este alcance puede estar dentro de los siguientes lineamientos:

Opción 1: ejecución completa a cargo del interventor.

Le corresponde al interventor la realización de todos los ensayos y mediciones con base en los cuales se aprueban (o rechazan) los materiales, mezclas y obra ejecutada.

En este caso, queda a criterio del interventor decidir si los ensayos realizados por el constructor deben ser tenidos en cuenta para efectos de aceptación o rechazo.

Si decide usarlos como complemento a los realizados por el propio interventor, debe dejarlo consignado por escrito, incluyendo como soporte la comparación estadística de las dos (2) series de datos (norma INV E-822) que demuestre que son consistentes; es decir, que representan a una misma población (el mismo material).

Opción 2: ejecución parcial a cargo del interventor.

Le corresponde al interventor la realización de algunos ensayos y mediciones de verificación para la aprobación (o rechazo) de los materiales, mezclas y obra ejecutada. En este caso, también le corresponde vigilar permanentemente la correcta ejecución de los ensayos realizados por el constructor.

Los ensayos realizados por el constructor deben tenerse en cuenta para efectos de aceptación o rechazo, siempre y cuando la comparación estadística de sus resultados con los efectuados por el interventor (norma INV E-822) demuestre que son consistentes; es decir, que representan a una misma población (el mismo material).

Opción 3: el interventor no realiza ensayos de verificación.

Le corresponde al interventor vigilar permanentemente la correcta ejecución de los ensayos realizados por el constructor.

El interventor debe tomar como referencia los resultados de los ensayos llevados a cabo por el constructor, para el recibo provisional de las diferentes obras. Sin embargo, debe realizar directamente u ordenar la ejecución, en un laboratorio reconocido, de todas las pruebas adicionales de verificación que considere necesarias para autorizar el recibo definitivo de los diferentes volúmenes de obra efectuada y debe avalar, con su firma, los resultados de todos los ensayos que le sirvan de soporte para dicha aceptación.

Si los documentos del contrato no dicen otra cosa, se entiende que aplica la opción 1.

107.3 Herramientas estadísticas de análisis de resultados para la aceptación de los trabajos

En este numeral se presentan algunas herramientas estadísticas que se deben usar como parte de los criterios de aceptación y rechazo, en varios de los artículos de las presentes especificaciones generales.

107.3.1 Valores promedio de un conjunto de datos

En varios de los artículos de estas especificaciones, se establecen criterios de aceptación con base en valores promedio de mediciones efectuadas a una muestra de un lote.

El valor promedio, o valor medio de la muestra (V_m), es un estimativo del valor promedio del lote (V_l) con un grado de confiabilidad del cincuenta por ciento (50 %). Para un mayor grado de confiabilidad, el valor promedio del lote debe estar dentro de los límites de un intervalo de confianza que se calcula para una probabilidad dada en porcentaje (p, en %) a partir del valor promedio de la muestra (V_m) o de la desviación estándar de la muestra (s).

107.3.1.1 Promedio o valor medio de la muestra

El promedio, o valor medio de la muestra (V_m), se determina mediante la expresión:

$$V_m = \frac{\sum V_i}{n} \quad \textbf{[107.1]}$$

Siendo:
V_m, valor promedio de la muestra.
v_i, resultado individual.
n, número de resultados (tamaño de la muestra).

107.3.1.2 Desviación estándar de la muestra

La desviación estándar de la muestra (s) se determina mediante la expresión:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (V_i - V_m)^2}{n-1}} \quad \textbf{[107.2]}$$

Siendo:

V_m, valor promedio de la muestra.
v_i, resultado individual.
n, número de resultados (tamaño de la muestra).

107.3.1.3 Promedio estimado del lote con un grado de confiabilidad dado

El intervalo de confianza en el que, con una probabilidad dada en porcentaje (p, en %), se encuentra el valor promedio del parámetro evaluado en el lote, tiene los siguientes límites:

- Límite inferior, $V_l(p)$

$$V_l(p) = V_m - k(p)\ x\ s \quad \textbf{[107.3]}$$

- Límite superior, $V_{l,sup}(p)$:

$$V_{l,sup}(p) = V_m + k(p)\ x\ s \quad \textbf{[107.4]}$$

Siendo:

$V_l(p)$, límite inferior del intervalo de confianza para una probabilidad dada en porcentaje (p, en %).

$V_{l,sup}(p)$, límite superior del intervalo de confianza para una probabilidad dada en porcentaje (p, en %).

p, probabilidad, en porcentaje (%).

V_m, valor promedio de la muestra, que se determina como se indica en el numeral 107.3.1.1.

$k(p)$, factor que establece los límites del intervalo de confianza. Este factor depende del

número de resultados (n) que integran la muestra y de la probabilidad (p); su valor se indica en la Tabla 107 – 1.

s, desviación estándar de la muestra, que se determina como se indica en el numeral 107.3.1.2.

Tabla 107 – 1. Factor que establece los límites del intervalo de confianza (k)

Probabilidad (p) (%)	Número de resultados (n)											
P	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60	0,489	0,4208	0,3756	0,3424	0,3168	0,2963	0,2792	0,2650	0,2529	0,2421	0,2325	0,2241
70	0,6249	0,5320	0,4719	0,4287	0,3957	0,3694	0,3478	0,3296	0,0253	0,3004	0,2884	0,2778
75	0,7115	0,6011	0,5311	0,4811	0,4540	0,4133	0,3890	0,3681	0,3291	0,3353	0,3218	0,3091
80	0,8189	0,6857	0,6025	0,5442	0,5002	0,4656	0,4373	0,4137	0,3936	0,3761	0,3609	0,3473
85	0,9620	0,7951	0,6936	0,6236	0,5717	0,5307	0,4977	0,4701	0,4469	0,4266	0,4089	0,3932
90	1,1767	0,9534	0,8226	0,7345	0,6698	0,6198	0,5797	0,5465	0,5184	0,4943	0,4733	0,4548
95	1,5912	1,2417	1,0494	0,9248	0,8360	0,7679	0,7154	0,6718	0,6354	0,6043	0,5774	0,5538
99	2,9204	2,0590	1,6461	1,4013	1,2373	1,1185	1,0277	0,9556	0,8966	0,8472	0,8051	0,7686

107.3.2 Porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL)

En varios de los artículos de estas especificaciones, se definen criterios de aceptación con base en el porcentaje de valores de mediciones efectuadas a una muestra de un lote que se encuentran dentro de los límites de la especificación.

El cálculo del porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL), se hace con base en el valor promedio de la muestra (V_m), su desviación estándar (S) y sus índices de calidad inferior (IQl) y superior (IQS).

107.3.2.1 Determinación de los índices de calidad

Para determinar los índices de calidad inferior (IQl) y superior (IQS) se requiere, en primer lugar, calcular el valor promedio de la muestra (V_m) y su desviación estándar (S), empleando las expresiones de los numerales 107.3.1.1 y 107.3.1.2.

Luego, se determinan los índices de calidad superior (IQS) e inferior (IQl), por medio de las expresiones:

$$IQS = \frac{V_{máx} - V_m}{s} \quad [107.5]$$

$$IQl = \frac{V_m - V_{mín}}{s} \quad [107.6]$$

Siendo:

$V_{mín}$, valor mínimo o límite inferior de la especificación. Es igual al valor especificado menos la desviación admisible que se establezca para el parámetro.

$V_{máx}$, valor máximo o límite superior de la especificación. Es igual al valor especificado más la desviación admisible que se establezca para el parámetro.

IQS, índice de calidad superior. Califica la calidad de la producción con base en el cumplimiento del valor máximo o superior establecido como requisito, $V_{máx}$.

IQI, índice de calidad inferior. Califica la calidad de la producción con base en el cumplimiento del valor mínimo o inferior establecido como requisito, $V_{mín}$.

S, desviación estándar de la muestra, que se determina como se indica en el numeral 107.3.1.2.

107.3.2.2 Determinación del PDL

El porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL) se determina por medio de la expresión:

$$PDL = PDLS + PDLI - 100 \quad [107.7]$$

Siendo:

PDL, porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (entre los límites superior e inferior).

$PDLS$, porcentaje estimado de valores bajo el límite superior de la especificación.

$PDLI$, porcentaje estimado de valores sobre el límite inferior de la especificación.

El porcentaje estimado de valores bajo el límite superior de la especificación ($PDLS$), se determina a partir del índice de calidad superior (IQS), y el número de resultados de la muestra (n), con la ayuda de la Tabla 107 – 2. Si la especificación no establece un límite superior para el parámetro evaluado ($V_{máx}$), es cien (100).

El porcentaje estimado de valores sobre del límite inferior de la especificación ($PDLI$) se determina a partir del índice de calidad inferior (IQI) y el número de resultados de la muestra (n), con la ayuda de la Tabla 107 – 2. Si la especificación no establece un límite inferior para el parámetro evaluado ($V_{mín}$), $PDLI$ es cien (100).

Se lee el valor de $PDLS$ ($PDLI$) correspondiente al IQS (IQI) de la tabla que resulte más cercano por defecto al valor IQS (IQI) calculado para el lote. Si el valor de IQS (IQI) es negativo, se reporta como porcentaje estimado de valores bajo (sobre) el límite de la especificación, $PDLS$ ($PDLI$) , el resultado de restar de cien (100) el valor de $PDLS$ ($PDLI$) leído de la tabla para el valor absoluto de IQS (IQI).

Tabla 107 – 2. Porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL)

PDLS o PDLI (%)	Índice de calidad superior (IQS) o Índice de calidad inferior (IQI)						PDLS o PDLI (%)	Índice de calidad superior (IQS) o Índice de calidad inferior (IQI)					
	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8		n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8
100	1,16	1,49	1,72	1,88	1,99	2,07	74	0,78	0,71	0,68	0,67	0,67	0,65
99	-	1,46	1,64	1,75	1,82	1,88	73	0,75	0,68	0,65	0,64	0,63	0,62
98	-	1,43	1,58	1,66	1,72	1,75	72	0,73	0,65	0,62	0,61	0,60	0,59
97	1,15	1,40	1,52	1,59	1,63	1,66	71	0,70	0,62	0,59	0,58	0,57	0,57
96	-	1,37	1,47	1,52	1,56	1,58	70	0,67	0,59	0,56	0,55	0,54	0,54
95	1,14	1,34	1,42	1,47	1,49	1,51							

PDLS o PDLI (%)	Índice de calidad superior (IQS) o Índice de calidad inferior (IQI)						PDLS o PDLI (%)	Índice de calidad superior (IQS) o Índice de calidad inferior (IQI)					
	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8		n=3	n=4	n=5	n=6	n=7	n=8
94	-	1,31	1,38	1,41	1,43	1,45	69	0,64	0,56	0,53	0,52	0,51	0,51
93	1,13	1,28	1,33	1,36	1,38	1,39	68	0,61	0,53	0,50	0,49	0,48	0,48
92	1,12	1,25	1,29	1,31	1,33	1,33	67	0,58	0,50	0,47	0,46	0,45	0,45
91	1,11	1,22	1,25	1,27	1,28	1,28	66	0,55	0,47	0,45	0,43	0,43	0,42
90	1,10	1,19	1,21	1,23	1,23	1,24	65	0,51	0,44	0,42	0,40	0,40	0,39
89	1,09	1,16	1,18	1,18	1,19	1,19	64	0,48	0,41	0,39	0,38	0,37	0,37
88	1 07	1 13	1 14	1 14	1 15	1 15	63	0 45	0 38	0 36	0 35	0 34	0 34
87	1,06	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	62	0,41	0,35	0,33	0,32	0,32	0,31
86	1,04	1,07	1,07	1,07	1,07	1,06	61	0,38	0,30	0,30	0,30	0,29	0,28
85	1,03	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03	60	0,34	0,28	0,28	0,25	0,25	0,25
84	1,01	1,01	1,00	0,99	0,99	0,99	59	0,31	0,27	0,25	0,23	0,23	0,23
83	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,95	58	0,30	0,25	0,23	0,20	0,20	0,20
82	0,97	0,95	0,93	0,92	0,92	0,92	57	0,25	0,20	0,18	0,18	0,18	0,18
81	0,95	0,92	0,90	0,89	0,88	0,88	56	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,15
80	0 93	0 89	0 87	0 86	0 85	0 85	55	0 18	0 15	0 13	0 13	0 13	0 13
79	0,91	0,86	0,84	0,82	0,82	0,81	54	0,15	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10
78	0,88	0,83	0,81	0,79	0,79	0,78	53	0,10	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
77	0,86	0,80	0,77	0,76	0,75	0,75	52	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
76	0,83	0,77	0,74	0,73	0,72	0,72	51	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
75	0,81	0,74	0,71	0,70	0,69	0,69	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo A

Ejemplos de aplicación de las herramientas estadísticas de análisis de resultados para la aceptación de los trabajos

A.1 Promedio estimado del lote con un grado de confiabilidad dado (numeral 107.3.1.3)

Este ejemplo se desarrolla para el caso del control de compactación de una capa de terraplén con suelo seleccionado. Se evalúan dos (2) lotes; en cada lote se efectuaron seis (6) ensayos para la determinación de la densidad seca en el terreno, según la norma de ensayo INV E-161 (método del cono de arena).

A.1.1 Características del material de terraplén

Algunas de las características del suelo seleccionado para el terraplén:

- Tamaño máximo: cincuenta milímetros (50 mm).
- Pasa tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada): ochenta y cinco por ciento (85 %).
- Pasa tamiz de 9,5 mm (3/8 de pulgada): setenta por ciento (70 %).
- Pasa tamiz de 4,75 mm (nro. 4): cincuenta por ciento (50 %)

- Pasa tamiz de 0,075 mm (nro. 200): veintidós por ciento (22 %)
- Límite líquido: veinticinco por ciento (25 %)
- Índice de plasticidad: nueve por ciento (9 %)
- Clasificación AASHTO: A-2-4

El reporte del ensayo de compactación modificado, norma de ensayo INV E-142, tiene la siguiente información:

- Método C, de acuerdo con la granulometría del material y las indicaciones de la Tabla 142 – 1 de la norma. Tamiz de control: 19,0 mm (3/4 de pulgada).
- Gravedad específica (G_S) de la fracción de ensayo o fracción fina (porción que el pasa tamiz de control): dos coma sesenta y tres (2,63)
- Gravedad específica (G_M) de los sobretamaños o fracción gruesa (porción retenida en el tamiz de control): dos coma sesenta y siete (2,67)
- Humedad óptima ($W_{ópt}$), sin corregir por sobretamaños: siete coma dos por ciento (7,2 %)
- Peso unitario seco máximo ($Y_{d,máx}$), sin corregir por sobretamaños: veinte coma cincuenta y cuatro kilonewtons por metro cúbico (20,54 kN/m³)
- Fracción de ensayo (fracción fina, que pasa el tamiz de control) (P_{FE}): ochenta y cinco por ciento (85 %)
- Sobretamaños (fracción gruesa, retenida en el tamiz de control) (P_{FG}): quince por ciento (15 %)

El valor del peso unitario seco máximo se ha reportado con aproximación a cero coma cero un kilonewton por metro cúbico (0,01 kN/m³), de acuerdo con las indicaciones de la norma de ensayo INV E-142, numeral 9.

A.1.2 Criterio de aceptación

El criterio de aceptación para la capa es el siguiente:

$$GC_I(90) \geq 95,0\% \quad \textbf{[107.8]}$$

Siendo:

$GC_I(90)$, límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje.

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje, que se calcula mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

Expresión 1: material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} x\ 100 \quad \textbf{[107.9]}$$

Expresión 2: material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{CY_{d,máx}} x\ 100 \quad \textbf{[107.10]}$$

Siendo:

$Y_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de él por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$Y_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo de compactación modificado) sobre una muestra representativa del mismo.

$CY_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo de compactación modificado) sobre una muestra representativa del mismo y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

El peso unitario seco máximo corregido del material ($CY_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtiene, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG}, , presente en ese sitio.

Como el material tiene sobretamaños, aplica la expresión 2.

A.1.3 Resultados individuales

Los resultados individuales de peso unitario seco del material en el terreno ($Y_{d,i}$), obtenidos de los ensayos de densidad en el terreno, son los mostrados en la Tabla 107A – 1. En esta tabla se muestran, también, los contenidos de sobretamaños (P_{FG}) presentes en cada sitio de ensayo.

Tabla 107A – 1. Resultados individuales de peso unitario seco del material en el terreno

Ensayo	Lote 1		Lote 2	
	$Y_{d\,i}$ (kN/m³)	P_{FG}, (%)	$Y_{d\,i}$ (kN/m³)	P_{FG} (%)
1	20,5	15	19,8	13
2	20,4	12	20,3	13
3	20,3	18	19,7	21
4	20,2	14	20,5	15
5	19,7	17	20,2	22
6	20,8	11	20,4	20

Nota: los valores de peso unitario seco mostrados en la tabla se han redondeado a cero coma un kilonewton por metro cúbico (0,1 kN/m³), de acuerdo con las indicaciones de la norma INV E-161, numeral 7.1.

A.1.4 Cálculo de los valores individuales de compactación, GC_i

Para el cálculo de los valores individuales de compactación (GC_i) es necesario obtener, para cada ensayo, el peso unitario seco máximo corregido del material ($CY_{d,máx}$) a partir del peso unitario seco máximo del material ($Y_{d,máx}$) y del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en el sitio del ensayo. La corrección se hace según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, aplicando la fórmula [143.5] de la siguiente manera:

- CY_d (fórmula) = $CY_{d,máx}$ en kilonewtons por metro cúbico (kN/m³).

- Y_f (fórmula) = $Y_{d,máx}$ = veinte coma cincuenta y cuatro kilonewtons por metro cúbico (20,54 kN/m³).
- Y_w = nueve coma ochocientos dos kilonewtons por metro cúbico (9,802 kN/m³).
- G_M = dos coma sesenta y siete (2,67).
- P_{FG} = sobretamaños por masa, en tanto por uno, para cada ensayo.
- P_{FE} = fracción de ensayo, en tanto por uno, para cada ensayo ($P_{FE} = 1 - P_{FG}$).

Los resultados de estos cálculos se presentan en las Tablas 107A – 2 y 107A – 3 para cada uno de los lotes.

Tabla 107A – 2. Valores individuales de compactación (GC_i), lote 1

Ensayo	Lote 1			
	$Y_{d,i}$ (kN/m³)	P_{FG} (tanto por uno)	$CY_{d,máx}$ (kN/m³)	GC_i (%)
1	20,5	0,15	21,0	97,6
2	20,4	0,12	20,9	97,6
3	20 3	0 18	21 1	96 2
4	20,2	0,14	21,0	96,2
5	19 7	0 17	21 1	93 4
6	20,8	0,11	20,9	99,5

Tabla 107A – 3. Valores individuales de compactación (GC_i), lote 2

Ensayo	Lote 2			
	$Y_{d,i}$ (kN/m³)	P_{FG} (tanto por uno)	$CY_{d,máx}$ (kN/m³)	GC_i (%)
1	19,8	0,13	21,0	94,3
2	20,3	0,13	21,0	96,7
3	19,7	0,21	21,2	92,9
4	20,5	0,15	21,0	97,6
5	20 4	0 22	21 3	95 8
6	20,4	0,20	21,2	96,2

A.1.5 Cálculo de GC_i(90)

El cálculo del límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio de la densidad de cada lote GC_I (90), se ilustra en la Tabla 107A – 4.

Tabla 107A – 4. Cálculo de GC_I (90)

Ensayo	GC_i (%)	
	Lote 1	Lote 2
1	97,6	94,3
2	97,6	96,7
3	96 2	92 9
4	96,2	97,6
5	93,4	95,8
6	99,5	96,2
GC_m, %	96,8	95,6
n	6	6
s	2,0	1,7
k (90)	0,8226	0,8226
GC_I (90), %	95,1	94,2

Nota: los valores de grado de compactación, GC_I (90), se han redondeado a la unidad más cercana en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación cero coma uno por ciento (0,1 %), en acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823, para determinar la conformidad con las especificaciones. El límite de la especificación, en este caso, corresponde al criterio de aceptación establecido al inicio del aparte A.1.2.

Siendo:

GC_m, grado de compactación promedio de la muestra (numeral 107.3.1.1).
n, número de resultados en el lote (tamaño de la muestra).
s, desviación estándar de la muestra (numeral 107.3.1.2).
k (90), factor que establece los límites del intervalo de confianza (Tabla 107 – 1).

A.1.5 Aplicación del criterio de aceptación

La aplicación del criterio de aceptación se muestra en la Tabla 107A – 5.

Tabla 107A – 5. Aplicación del criterio de aceptación

Resultado	GC_i (%)	
	Lote 1	Lote 2
GC_I (90) del lote (%)	95,1	94,2
GC_I (90) mínimo (%)	95,0	95,0
Aceptación	SI	NO

A.2 Porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la 261 especificación, PDL (numeral 107.3.2)

Este ejemplo se desarrolla para el caso del control de resistencia de un pavimento de concreto hidráulico. Se evaluaron tres (3) lotes; en cada lote se efectuaron seis (6) ensayos para la determinación del módulo de rotura a veintiocho días (28 d), según la norma INV E-414.

El valor mínimo de resistencia a la flexión a veintiocho días (28 d) ($f_{,mín}$) especificado para el proyecto, o límite inferior de la especificación, es de cuatro coma cincuenta megapascales (4,50 MPa).

Los resultados de mediciones y cálculos se han redondeado según la norma INV E-823.

A.2.1 Criterio de aceptación

Para la aceptación o rechazo por resistencia del lote de pavimento de concreto se definen tres (3) niveles de calidad, en función del porcentaje estimado de la resistencia dentro de los límites de la especificación (PDL):

- Nivel de aceptación a satisfacción: si el valor de PDL del lote es igual o superior al noventa por ciento (90 %), el lote de pavimento se acepta y se paga al precio unitario del contrato.
- Nivel de aceptación con sanción: si el valor de PDL del lote está entre cincuenta y ochenta y nueve por ciento (50 % y 89 %), el lote de pavimento se puede aceptar con sanción, consistente en la aplicación de una reducción al precio unitario del contrato para el pago del lote, la cual se hace asignando un factor de ajuste de precio. El factor de ajuste de precio por resistencia FAR (menor que la unidad) que se debe aplicar al precio unitario del contrato para el pago del lote, se define para cada lote mediante la Tabla 107A – 6.
- Nivel de rechazo: si el valor de PDL del lote es inferior al cincuenta por ciento (50 %), el lote se rechaza; se debe demoler y reemplazar con otro de calidad satisfactoria.

Tabla 107A – 6. Factor de ajuste del precio unitario por resistencia (FAR)

PDL (%)	Factor de ajuste de precio unitario (FAR)	PDL (%)	Factor de ajuste de precio unitario (FAR)	PDL (%)	Factor de ajuste de precio unitario (FAR)
90 a 100	1,000	73	0,915	56	0,795
89	0,995	72	0,910	55	0,788
88	0,990	71	0,905	54	0,780
87	0,985	70	0,900	53	0,773
86	0,980	69	0,893	52	0,765
85	0,975	68	0,885	51	0,758
84	0,970	67	0,878	50	0,750

PDL (%)	Factor de ajuste de precio unitario (FAR)	PDL (%)	Factor de ajuste de precio unitario (FAR)	PDL (%)	Factor de ajuste de precio unitario (FAR)
83	0,965	66	0,870		
82	0,960	65	0,863		
81	0,955	64	0,855		
80	0,950	63	0,848		
79	0,945	62	0,840	Rechazo	
78	0,940	61	0,833		
77	0,935	60	0,825		
76	0,930	59	0,818		
75	0,925	58	0,810		
74	0,920	57	0,803		

A.2.2 Resultados individuales

Los resultados individuales de resistencia a la flexión a veintiocho días (28 d) ($f_{f,i}$) para estos lotes, determinados mediante la norma INV E-414, son los mostrados en la Tabla 107A – 7.

Los resultados se han reportado con aproximación a cero coma cero cinco megapascales (0,05 MPa), como lo establece la misma norma.

Tabla 107A – 7. Resultados individuales de resistencia a la flexión a veintiocho días (28 d)

Ensayo	$f_{f,i}$ (MPa)		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
1	4,65	4,35	4,65
2	4,60	4,75	4,60
3	4,75	4,40	4,75
4	4,50	4,45	4,50
5	4,65	4,40	4,30
6	4,55	4,45	4,45

A.2.3 Cálculo de los índices de calidad (numeral 107.3.2.1)

El cálculo de los índices de calidad inferior (IQI) y superior (IQS) se ilustra en la Tabla 107A – 8.

Siendo:

$f_{f,m}$, resistencia promedio a la flexión de la muestra.

n, número de resultados en el lote (tamaño de la muestra).

s, desviación estándar de la muestra.

$f_{f,máx}$, valor máximo de resistencia a la flexión, o límite superior de la especificación.

$f_{f,mín}$, valor mínimo de resistencia a la flexión, o límite inferior de la especificación.

Tabla 107A – 8. Cálculo de los índices de calidad

Ensayo	$f_{f,i}$ (MPa)		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
1	4,65	4,65	4,35
2	4,60	4,60	4,75
3	4,75	4,75	4,40
4	4,50	4,50	4,45
5	4,65	4,30	4,40
6	4,55	4,45	4,45
$f_{f,m}$ (MPa)	4,62	4,54	4,47
n	6	6	6
s	0,088	0,16	0,14
$f_{f,máx}$ (MPa)	NA	NA	NA
IQS	NA	NA	NA
$f_{f,mín}$ (MPa)	4,50	4,50	4,50
IQI	1,36	0,25	-0,21

Siguiendo las indicaciones del numeral 5.13 de la norma INV E-823, los valores obtenidos de los cálculos de la resistencia promedio a la flexión de la muestra ($f_{f,m}$), se han redondeado con aproximación a las centésimas, que es el último lugar de dígitos significativos de los valores de resistencia individual ($f_{f,i}$); así mismo, la desviación estándar (s), se ha redondeado con dos (2) dígitos significativos.

En este caso, el índice de calidad superior (IQS) no aplica, porque no se especifica un límite superior para la resistencia a la flexión.

A continuación, se ilustra, el cálculo detallado del índice de calidad inferior (IQI) para el lote 1:

$$IQI = \frac{V_m - V_{mín}}{s} = \frac{f_{f,m} - f_{f,mín}}{s} = \frac{4,62 - 4,50}{0,088} = 1,363636$$

Los resultados del índice de calidad inferior (IQI) mostrados en la Tabla 107A – 8 se han redondeado a la centésima, conservando la aproximación que tienen estos valores en la Tabla 107 – 2.

A.2.4 Aplicación del criterio de aceptación

Para aplicar el criterio de aceptación, se determina primero el porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL) para cada lote, con la ayuda de la Tabla 107 – 2; luego, se aplica el criterio de aceptación al valor de PDL correspondiente a cada lote, como se ilustra en la Tabla 107A – 9. Siendo:

n, número de resultados en el lote (tamaño de la muestra).

IQS, índice de calidad superior.

IQI, índice de calidad inferior.

$PDLS$, porcentaje estimado de valores bajo el límite superior de la especificación.

Tabla 107A – 9. Aplicación del criterio de aceptación

Parámetro	Lote 1	Lote 2	Lote 3
n	6	6	6
IQS	NA	NA	NA
$PDLS$	100	100	100
IQI	1,36	0,25	-0,21
$PDLI$	93	60	42
PDL	93	60	42
Aceptación	Aceptación a satisfacción	Aceptación con sanción	Rechazo

$PDLI$, porcentaje estimado de valores sobre el límite inferior de la especificación.

PDL, porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación.

De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar el criterio de aceptación, se procede de la siguiente manera para cada uno de los lotes:

- El lote 1 se acepta a satisfacción y se paga al precio unitario del contrato.
- El lote 2 se acepta con sanción. En este caso, el valor del factor de ajuste por resistencia (FAR) es de cero coma ochocientos veinticinco (0,825), que corresponde al porcentaje estimado de valores dentro de los límites de la especificación (PDL) de sesenta (60), según la Tabla 107A – 6. Es decir, que este lote se paga, por resistencia, al precio unitario del contrato multiplicado por cero coma ochocientos veinticinco (0,825).
- El lote 3 se rechaza; se debe demoler y reemplazar con otro de calidad satisfactoria.

Medida y pago de la obra ejecutada

Artículo 108 – 22

108.1 Medida

108.1.1 Aspectos generales

Con la frecuencia que se haya prescrito en los documentos del contrato, el constructor y el interventor, deben medir las cantidades de obra ejecutada.

Se deben medir, para efectos de pago exclusivamente, las cantidades correspondientes a las obras previamente aceptadas por el interventor, ejecutadas de acuerdo con sus instrucciones, los planos de construcción, las especificaciones generales y particulares de construcción y los demás documentos contractuales del proyecto.

No se deben medir para efectos de pago, cantidades de obra en exceso de las autorizadas por el interventor.

108.1.2 Procedimiento de medida

La medición se debe efectuar aplicando los procedimientos y unidades de medida contemplados en el correspondiente artículo. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida en el respectivo artículo, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

108.2 Pago

108.2.1 Abono por la obra ejecutada

El abono por la obra ejecutada en cada partida de trabajo y en cada período, se debe determinar multiplicando las cantidades aprobadas por su respectivo precio unitario, descontando de dicha suma los valores fijados en el contrato y las tasas, contribuciones e impuestos determinados por las disposiciones legales vigentes.

108.2.2 Precios unitarios

Los precios unitarios definidos en cada especificación, deben cubrir el costo de todos los suministros y las operaciones relacionadas con la correcta ejecución de las obras especificadas, excepto aquellos costos correspondientes a las actividades que se indiquen explícitamente. Deben incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Por tanto, los precios unitarios deben cubrir los costos requeridos para el suministro en el sitio de las obras, de materiales y mezclas que cumplan, sin excepción, todos los requisitos de calidad exigidos para ellos en los artículos correspondientes de estas especificaciones o de las especificaciones particulares: los desperdicios; transportes; almacenamientos; mano de obra en trabajos diurnos y nocturnos

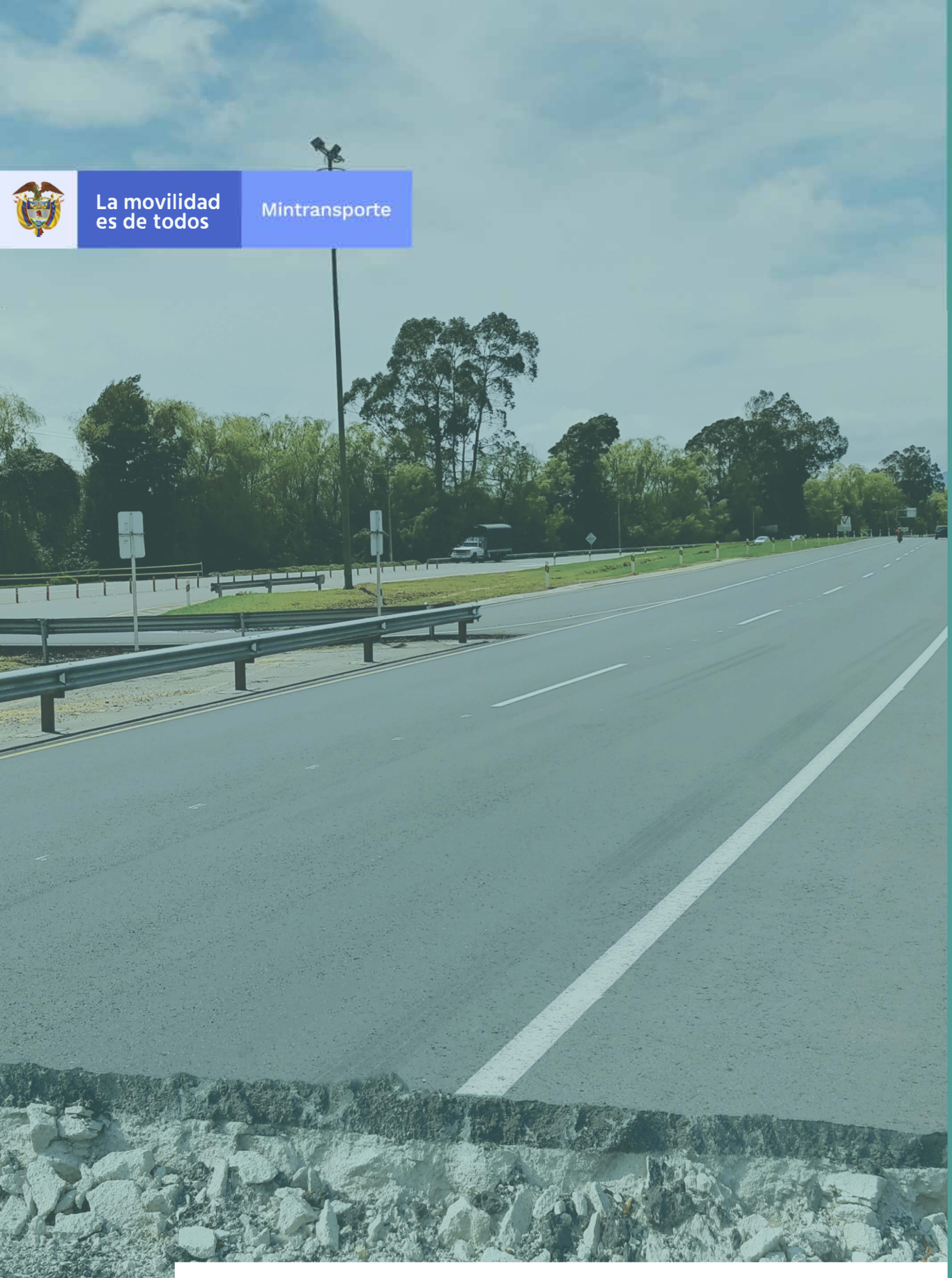
o en días feriados; prestaciones sociales y aportes parafiscales; impuestos, tasas y contribuciones decretados por los gobiernos nacional, departamental o municipal; herramientas; maquinaria; ensayos de control de calidad; patentes; permisos; licencias de toda índole; derechos de explotación y alquiler de fuentes de materiales; regalías; servidumbres; el cumplimiento de todas las disposiciones sobre seguridad, salubridad y ambiente; la adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control de explosivos; la construcción de desvíos (salvo los indicados en el numeral 105.12.2 del artículo 105, Desarrollo y control de los trabajos), canalizaciones y obras de arte provisionales; la conservación de la partida de trabajo aceptada, desde el recibo provisional hasta el recibo definitivo; así como todos los demás costos inherentes al cumplimiento satisfactorio de cada partida de trabajo del contrato, cumplimiento que se debe verificar de acuerdo con lo establecido en el numeral denominado "CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS" de la especificación a la cual aplica el respectivo precio unitario.

Cuando aplique, dentro de los análisis de precios unitarios se deben incluir los costos inherentes a los derechos de disposición y/o conformación de materiales sobrantes, incluyendo los costos inherentes a las obras requeridas en los sitios de disposición.

Los precios unitarios deben incluir, igualmente, los costos de adecuación paisajística y ambiental de las fuentes de materiales utilizadas, para recuperar sus características hidrológicas superficiales al terminar su explotación, así como los costos de la definición de las fórmulas de trabajo que correspondan, de la fase de experimentación y de la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito, durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que fije el interventor.

108.3 Aclaración sobre la medida y el pago

La redacción de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras considera la ejecución de los contratos mediante la modalidad de pago por precio unitario. Por ello, teniendo en cuenta que INVÍAS puede operar bajo distintas modalidades de contratación de obra, los pliegos de condiciones deben definir, en cada caso, las adaptaciones por realizar a las especificaciones generales cuando se emplee otra modalidad para el pago de la obra ejecutada.



UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS



La movilidad es de todos

Mintransporte

CAPÍTULO 2

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

2

Explanaciones

Desmonte y limpieza

Artículo 200 – 22

200.1 Descripción

200.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural en las áreas que deben ocupar las obras del proyecto vial y las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, que se encuentren cubiertas de rastrojo, maleza, bosque, pastos, cultivos, etc., incluyendo la remoción de tocones, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los demás trabajos.

El trabajo debe incluir, también, el retiro y la disposición final dentro o fuera de la zona del proyecto, de todos los materiales provenientes de las operaciones de desmonte y limpieza, previa autorización del interventor, atendiendo las normas y disposiciones legales vigentes, entre ellas las obligaciones que deriven de los permisos y licencias emanadas de la autoridad ambiental competente; siendo de gran importancia el manejo y protección de la fauna silvestre contenidos en la guía ambiental; además de los aspectos generales dispuestos en el artículo 106, Aspectos ambientales y en los lineamientos ambientales para la construcción de infraestructura del Programa Nacional de Transporte Urbano, emitido por el Ministerio de Transporte (Plan de manejo forestal, silvicultura y paisajístico, entre otros).

Al finalizar cada jornada de trabajo no deben quedar elementos de la obra en estado inestable o peligroso.

200.1.2 Clasificación

El desmonte y limpieza se clasifica de acuerdo con los siguientes criterios:

200.1.2.1 Desmonte y limpieza en bosque

Comprende la tala de árboles, remoción de tocones, desraíce y limpieza de las zonas donde la vegetación se presenta en forma de bosque continuo.

200.1.2.2 Desmonte y limpieza en zonas no boscosas

Comprende el desraíce y la limpieza en zonas cubiertas de pastos, rastrojo, maleza, escombros, cultivos y arbustos.

También comprende la remoción total de árboles aislados o grupos de árboles dentro de superficies que no presenten características de bosque continuo.

200.2 Materiales

Los materiales obtenidos como resultado de la ejecución de los trabajos de desmonte y

limpieza, se deben disponer de acuerdo con lo establecido en el numeral 200.4.4.

200.3 Equipo

El equipo empleado para llevar a cabo los trabajos de desmonte y limpieza debe ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere la aprobación previa del interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y su eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de esta especificación.

200.4 Ejecución de los trabajos

200.4.1 Desmonte y limpieza

Los trabajos de desmonte y limpieza se deben efectuar en todas las zonas señaladas en los planos o indicadas por la interventoría y de acuerdo con procedimientos aprobados por esta, tomando las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad satisfactorias. Salvo que los documentos del proyecto indiquen algo diferente, dichas zonas deben abarcar, como mínimo, los límites indicados en la Tabla 200 – 1.

Tabla 200 – 1. Límite de áreas para desmonte y limpieza

Tipo de zona	Límite área
Áreas de fundación de terraplenes.	Hasta un metro (1 m) más, afuera del pie del terraplén.
Áreas de excavación.	Hasta un metro (1 m) más, afuera de los bordes superiores.
Fajas de emplazamiento de canales, zanjas y otras obras de drenaje.	Hasta cero coma cincuenta metros (0,50 m) más, afuera de las líneas de borde.
Áreas de excavación para fundaciones de estructuras.	Hasta un metro (1 m) más, afuera de las líneas de excavación.
Áreas de emplazamiento de las cercas que delimitan la faja de derecho de vía.	En un metro (1 m) de ancho.
Áreas de cauce de escurrimientos naturales.	Toda el área dentro de los límites definidos por el proyecto.
Áreas de cruce de cultivos y plantaciones agrícolas.	Toda el área delimitada por los cercos.

No se debe permitir el procedimiento de desmonte mediante quema, así sea controlada. Tampoco se debe admitir el uso de herbicidas, para ambos casos, sin previo permiso de la autoridad ambiental competente, con la aprobación de la interventoría.

Para evitar daños en las propiedades adyacentes o en los árboles que deban permanecer en su lugar, se debe procurar que los árboles a ser derribados caigan en el centro de la zona objeto de limpieza, troceándolos por su copa y tronco progresivamente, cuando así lo exija el interventor. Las ramas de los árboles que se extiendan sobre el área que, según el proyecto, vaya a estar ocupada por la corona de la vía, deben ser cortadas o podadas para dejar un claro mínimo de seis metros (6 m), a partir del borde de la superficie de esta.

Para el inicio de la actividad, debe efectuarse una visita previa. Esta visita de inspección se debe realizar por el especialista ambiental tanto del contratista como del interventor, así como los directores de la obra; de ella, se debe generar un acta en la que deben quedar consignados los lineamientos de equipo, del personal y de la ejecución.

200.4.2 Remoción de tocones y raíces

En aquellas áreas donde se deban efectuar trabajos de excavación, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deben ser removidos hasta una profundidad no menor de sesenta centímetros (60 cm), contados desde la superficie de la subrasante del proyecto.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de contención o drenaje, los tocones, raíces de más de diez centímetros (10 cm) de diámetro y demás materiales inconvenientes, se deben eliminar hasta una profundidad no menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo de la superficie que se deba descubrir de acuerdo con las necesidades del proyecto; además de las medidas que el interventor avale con base en los métodos de demolición adoptados y teniendo en cuenta las disposiciones ambientales descritas en el artículo 106.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se pueden cortar a ras del suelo.

Igualmente, las oquedades, huecos o vacíos causados por la extracción de tocones y raíces, se deben rellenar con el suelo que haya quedado al descubierto al hacer la limpieza y, para su conformación, se debe apisonar hasta obtener un grado de compactación similar al del terreno adyacente y la superficie se debe ajustar a la del terreno circundante.

200.4.3 Descapote

El volumen de la capa vegetal que se remueva al efectuar el desmonte y la limpieza, no debe incluirse dentro del trabajo objeto del presente artículo. Dicho trabajo se encuentra cubierto por el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

200.4.4 Remoción y disposición de materiales

Los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento, deben ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los cuales deben ser apilados debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el interventor.

El resto de los materiales provenientes del desmonte y la limpieza debe ser retirado del lugar de los trabajos, transportado y depositado en los lugares establecidos en los documentos del proyecto o señalados por el interventor, donde dichos materiales deben ser enterrados convenientemente, extendiéndolos en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos.

Cada capa se debe cubrir o mezclar con suelo para rellenar los posibles huecos y, sobre la capa superior, extender al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos

al descubierto. Estos materiales no se deben extender en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

El trabajo de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) está cubierto por el artículo 203, Trasplante de árboles.

200.4.5 Orden de las operaciones

Los trabajos de desmonte y limpieza se deben efectuar con anterioridad al inicio de las operaciones de explanación. En cuanto dichos trabajos lo permitan, y antes de disturbar con maquinaria la capa vegetal, se deben levantar secciones transversales del terreno original, las cuales deben servir para determinar los volúmenes de la capa vegetal y del movimiento de tierra.

Si después de ejecutados el desmonte y la limpieza, la vegetación vuelve a crecer por motivos imputables al constructor, este debe efectuar una nueva limpieza, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), antes de realizar la operación constructiva subsiguiente.

200.4.6 Limitaciones de ejecución

Los trabajos deben ser realizados en condiciones de luz solar.

200.4.7 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, de estas especificaciones, todas las labores requeridas para el desmonte y limpieza se deben realizar con base en lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, lo mismo que en las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad.

Cuando la autoridad competente lo permita, la materia vegetal inservible y los demás desechos del desmonte y limpieza, se pueden quemar en un momento oportuno y con los controles adecuados para prevenir la propagación del fuego. El constructor es el responsable tanto de obtener el permiso para la quema, como de cualquier conflagración que resulte de dicho proceso.

Por ningún motivo se debe permitir que los materiales de desecho se incorporen en la construcción de los terraplenes, ni disponerlos a la vista en las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, ni en sitios donde puedan ocasionar perjuicios ambientales. Queda prohibida la comercialización de la madera producto de la tala y/o entregarla a terceros que la comercialicen. Tampoco se debe permitir el uso de explosivos para remover la vegetación.

Se sugiere que para el lleno de oquedades se utilicen compuestos orgánicos (naturales). Se insinúa, también, evitar el uso de insecticidas, por cuanto son compuestos químicos que pueden afectar a nivel ambiental, como efectos en la flora, fauna, el suelo, el sistema hídrico y la atmósfera.

En caso de uso de agua lluvia, se recomienda que el pH sea normal entre cinco y cinco coma cinco (5 – 5,5); asimismo, se debe revisar que el material de relleno implementado en la actividad sea biodegradable y cumpla con el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

200.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

200.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, principalmente, se deben adelantar los siguientes controles:

- Verificar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos.
- Confirmar la eficiencia y seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que la disposición de los materiales obtenidos de los trabajos de desmonte y limpieza, se ajuste a las exigencias de la presente especificación y todas las disposiciones legales vigentes.

El interventor, en conjunto con la autoridad ambiental si es requisito, deben establecer qué individuos (árboles) quedan en pie y deben ordenar cuáles deben ser talados; todo esto cumpliendo con lo establecido en el plan de manejo ambiental.

El constructor debe aplicar las acciones y los procedimientos constructivos recomendados en los respectivos estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales; por ello, el interventor debe vigilar su cumplimiento.

El interventor se debe encargar de medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo con esta especificación y el plan de calidad, medición y ensayo. El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor .

200.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

La actividad de desmonte y limpieza se debe considerar terminada cuando la zona quede despejada, de tal manera que permita continuar con las siguientes actividades de la construcción. Para efectos de medida y pago, el interventor únicamente debe controlar las zonas donde el desmonte y la limpieza se realicen en una longitud no mayor de un kilómetro (1 km) adelante del frente de la explanación.

Para evitar incurrir en “causal de procedimiento sancionatorio ambiental”, en ningún caso, la implementación del desmonte descapote y limpieza puede superar el área prevista para ello.

200.6 Medida

La unidad de medida del área desmontada y limpiada debe ser la hectárea (ha), en su proyección horizontal, aproximada al décimo de hectárea.

Para pequeñas zonas como bordes de vía, se recomienda que la unidad de medida sea el metro cuadrado (m^2).

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se deben medir, para pago, las áreas correspondientes a:

- Calzadas de vías existentes.
- Áreas desmontadas y limpiadas en zonas de préstamos o de canteras y otras fuentes de materiales que se encuentren localizadas fuera de la zona del proyecto.
- Áreas que el constructor haya despejado por conveniencia propia, tales como vías de acceso, vías para acarreos, campamentos, instalaciones o depósitos de materiales.

200.7 Forma de pago

El pago del desmonte y limpieza se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a plena satisfacción por el interventor.

El precio debe cubrir todos los costos de desmontar, destroncar, desraizar, rellenar y compactar los huecos de tocones y disponer los materiales sobrantes de manera uniforme en los sitios aprobados por el interventor. El precio unitario debe cubrir, además, el cargue, transporte y descargue y debida disposición de estos materiales, así como la mano de obra, herramientas, equipo necesario para la ejecución de los trabajos y la obtención de todos los permisos requeridos.

El precio unitario también debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

El pago por concepto de desmonte y limpieza, se debe hacer independientemente del correspondiente a la excavación o el descapote en los mismos sitios, aunque los dos (2) trabajos se ejecuten en una (1) sola operación. El descapote y la excavación se deben medir y pagar de acuerdo con el artículo 210.

Por su parte, el pago de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio), debe estar cubierto por el artículo 203.

200.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
200.1	Desmonte y limpieza en bosque	Hectárea (ha)
200.1	Desmonte y limpieza en bosque	Metro cuadrado (m^2)
200.2	Desmonte y limpieza en zonas no boscosas	Hectárea (ha)
200.2	Desmonte y limpieza en zonas no boscosas	Metro cuadrado (m^2)

Demolición y remoción

Artículo 201 – 22

201.1 Descripción

201.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la demolición total o parcial de estructuras o edificaciones existentes en las zonas que indiquen los documentos del proyecto, y la remoción, cargue, transporte, descargue y disposición final de los materiales provenientes de la demolición, en las áreas aprobadas por el interventor y teniendo presente las disposiciones de orden ambiental de la Resolución 541 de 1994 y la Resolución 472 de 2017 (Programa de manejo ambiental de RCD antes denominado programa de manejo ambiental de materiales y elementos en la resolución 541 de 1994), en el que se establecen las disposiciones dirigidas al fortalecimiento de la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD); así como las especificaciones descritas en el artículo 106, Aspectos ambientales; dentro de las cuales se debe incluir:

- Retiro, cambio, restauración o protección de las instalaciones de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del proyecto.
- Manejo, desmontaje, traslado y almacenamiento de estructuras existentes.
- Remoción de cercas de alambre y otros obstáculos.
- Remoción de especies vegetales que no van a ser trasplantadas y no se encuentren dentro de áreas que son objeto de trabajos de desmonte y limpieza.
- Suministro, colocación y conformación del material de relleno para zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, de acuerdo con los planos y las instrucciones del interventor.
- Se recomienda considerar las restricciones del uso de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) proveniente de materiales metálicos como aceros o los contaminados con residuos peligrosos.

El constructor debe identificar y conocer los sitios de disposición final, al igual que los gestores de RCD. Estos deben contar con los permisos vigentes de las autoridades competentes.

Si una vez cumplida la gestión integral de los RCD sigue existiendo material para disposición, el constructor debe seleccionar técnicamente el sitio de disposición final autorizado por la autoridad ambiental competente más cercano al frente de obra; adicionalmente, debe cumplir con las condiciones para su recolección y transporte, previstas en los lineamientos ambientales para la construcción de infraestructura del Programa Nacional de Transporte Urbano, emitido por el Ministerio de Transporte (Plan de manejo forestal, silvicultura y paisajístico, entre otros).

El constructor debe ubicar una Zona de Disposición de Material Sobrante de Obra Estéril (ZODME), para disponer el volumen sobrante de residuos resultantes de la actividad de excavación. Para tal fin, debe contar con un diseño técnico-ambiental aprobado por la interventoría, con la autorización de la autoridad ambiental competente y que tenga la certificación de la dependencia de planeación municipal, sobre compatibilidad de uso según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) o Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio donde se ubica la ZODME, y en el documento END 098 del 2020, Guía para el desarrollo del plan de gestión de residuos para los proyectos de construcción, desmontaje y demolición.

El trabajo de remoción de especies vegetales situadas en áreas que son objeto de trabajos de desmonte y limpieza debe estar cubierto por el artículo 200, Desmonte y limpieza, de estas especificaciones.

El trabajo de remoción de especies vegetales que van a ser trasplantadas, debe estar cubierto por el artículo 203, Trasplante de árboles.

201.1.2 Clasificación

La demolición total o parcial y la remoción de estructuras y obstáculos, se deben clasificar de acuerdo con los siguientes criterios:

- Demolición de estructuras existentes.
- Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas.
- Remoción de especies vegetales.
- Remoción de cercas de alambre.
- Remoción de obstáculos.
- Remoción de ductos de servicios existentes.
- Traslado de postes y torres.
- Remoción de rieles, defensas metálicas y barreras de seguridad.

201.2 Materiales

Los materiales provenientes de la demolición que, según el interventor, sean aptos para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas del proyecto, se deben utilizar para este fin.

El material que suministre el constructor para el relleno de las zanjas, fosos y hoyos resultantes de los trabajos, debe tener la aprobación previa del interventor.

201.3 Equipo

Los equipos empleados por el constructor en esta actividad, deben tener la aprobación previa del interventor y ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo ameriten, el interventor puede autorizar el uso de explosivos, asumiendo el constructor, la responsabilidad de cualquier daño causado por un manejo incorrecto de ellos.

Para remover estructuras, especies vegetales, obstáculos, cercas y conducciones de servicios y demás elementos considerados en el presente artículo, se deben utilizar equipos que no produzcan daño a estos elementos. Para la demolición de losas, se deben imple-

mentar equipos de tipo rompedoras como martillos demoledores o compresores, para los casos que sea necesario su uso, de acuerdo con procedimientos aprobados por el interventor.

Para el trabajo con equipos pesados en pavimentos rígidos, se deben suspender las actividades a una distancia igual a la equivalente a dos (2) losas del pavimento antes de los límites considerados para la remoción. En los demás casos, los trabajos de demolición se deben ejecutar mediante el uso de equipos y herramientas manuales u otros métodos que permitan retirar cuidadosamente las losas, sin afectar en forma alguna las adyacentes.

201.4 Ejecución de los trabajos

201.4.1 Generalidades

Antes de iniciar los trabajos de demolición de estructuras, el constructor debe elaborar un estudio de demolición en el cual se deben definir como mínimo:

- Métodos de demolición y etapas de su aplicación.
- Estabilidad de las construcciones remanentes en cada etapa, así como los armazones y cimbras necesarios.
- Estabilidad y protección de construcciones remanentes que no vayan a ser demolidas.
- Protección de las construcciones e instalaciones del entorno.
- Mantenimiento o sustitución provisional de servicios afectados por la demolición.
- Medios de evacuación y definición de zonas de disposición de los productos de la demolición.
- Cronogramas de trabajos.
- Pautas de control.
- Medidas de seguridad y salud.

El estudio de demolición debe ser aprobado por el interventor antes de iniciar los trabajos de demolición. Tal autorización no exime al constructor de su responsabilidad por las operaciones aquí señaladas, ni del cumplimiento de estas especificaciones y de la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud y de transporte y almacenamiento de los productos de la construcción; así como de las demás condiciones pertinentes establecidas en los documentos del contrato.

El constructor es el responsable de todo daño causado, directa o indirectamente, a las personas, así como a redes de servicios públicos, o propiedades cuya destrucción o menoscabo no se encuentren previstos en los documentos del proyecto, ni sean necesarios para la ejecución de los trabajos contratados.

Los trabajos se deben efectuar en tal forma que produzcan la menor molestia posible a los habitantes de las zonas próximas a la obra y a los usuarios de la vía materia del contrato, cuando esta permanezca abierta al tránsito durante la construcción.

Cuando se especifique la remoción del pavimento de una sola vía, el constructor debe verificar, previamente, si existen barras de acero de amarre entre las losas adyacentes y proceder de acuerdo con ello. También debe considerar que la remoción tiene que extenderse hasta lograr que resulten juntas transversales coincidentes en los extremos de ambas losas. En ningún caso, se deben dejar losas de

menos de dos metros (2 m) de longitud. Cuando la remoción incluya fracciones de losas, el área a remover se debe delimitar con un precorte con sierra, de mínimo cinco milímetros (5 mm) de profundidad.

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

Si los trabajos implican la interrupción de los servicios públicos (energía, cable, gas, teléfono, acueducto, alcantarillado), conductos de combustible, ferrocarriles u otros modos de transporte, el constructor debe coordinar y colaborar con las entidades encargadas del mantenimiento de tales servicios, para que las interrupciones sean mínimas.

Cuando se utilicen explosivos, se debe llevar un registro detallado de su clase, proveedor, existencias y consumo, así como de los demás accesorios requeridos. Estas labores de uso, manejo y almacenamiento deben ser realizadas por personas experimentadas, de manera que se sujeten a las leyes y reglamentos de las entidades que los controlan. Si la demolición aconseja el uso de explosivos, se puede recurrir a técnicas alternativas de fragmentación teniendo en cuenta la normativa vigente referente al uso de explosivos en la construcción; además se deben tener en cuenta todas las consideraciones de seguridad para uso y manejo de estos sistemas de demolición, todo trabajo realizado debe contar con previa aprobación de la interventoría.

Para el uso de explosivos, se deben atender las disposiciones normativas vigentes sobre el uso de explosivos, tales como el Decreto 2535 de 1993 y Decreto 334 de 2002, así como el uso de explosivos a cielo abierto del Decreto 2222 de 1993, y/o o las que le sustituyan, complementen o modifiquen; además de la cartilla de seguridad con explosivos 2019 del Ministerio del Trabajo y buenas prácticas con explosivos para demoliciones.

Al finalizar cada jornada de trabajo no deben quedar elementos de la obra en estado inestable o peligroso; en caso de requerir uso de agua para demolición, se recomienda el uso del agua de lluvia, como también evitar que los residuos y el agua utilizada contaminen los cuerpos hídricos.

Todos los procedimientos aplicados en el desarrollo de los trabajos de demolición y remoción deben ceñirse a las exigencias del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y a las normativas vigentes del orden nacional que rijan sobre las actividades de demolición y remoción.

201.4.2 Demolición total o parcial de estructuras existentes

El constructor debe instalar los elementos de protección e implementar el plan de señalización necesario para adelantar la actividad de forma segura, como establecer estrategias de reutilización o reciclaje de los materiales (residuos de demolición); además, debe reducir el uso de nuevos materiales en futuras construcciones con el fin de prolongar la vida útil del material con otro fin.

201.4.2.1 Demolición de edificaciones

Se refiere al derribo parcial o total de las casas o edificios, incluyendo cimientos y otros bienes que sea necesario eliminar para el desarrollo de los trabajos del proyecto, de acuerdo con lo que indiquen los planos o las especificaciones particulares.

El constructor debe proteger las edificaciones y estructuras vecinas a las que se han de demoler y debe construir las defensas necesarias para su estabilidad y protección; de igual forma, debe tomar las medidas indispensables para la seguridad de personas y especies animales y vegetales que puedan ser afectadas por los trabajos.

Los cimientos de las edificaciones que se vayan a demoler se deben romper y remover, hasta una profundidad mínima de treinta centímetros (30 cm) por debajo de los niveles en que hayan de operar los equipos de compactación en los trabajos de explanación o construcción de bases y estructuras del proyecto. En los sótanos, se debe retirar todo escombro o material objetable, eliminando también los tabiques interiores u otros elementos de la edificación, de acuerdo con las indicaciones del interventor.

Si la edificación tiene instalaciones de servicios públicos, sus acometidas deben ser neutralizadas, en acuerdo con las entidades administradoras o propietarias de estas. Posteriormente, las conexiones, así como los pozos sépticos u obras similares, deben ser removidos y, las zanjas resultantes, se deben rellenar con material adecuado, previamente aprobado por el interventor.

Las cavidades o depresiones resultantes de los trabajos de demolición se deben rellenar hasta el nivel del terreno circundante y si estas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se debe compactar de acuerdo con los requisitos aplicables del artículo 220, Terraplenes.

201.4.2.2 Demolición de puentes, alcantarillas y otras estructuras

Cuando estas estructuras se encuentren en servicio para el tránsito público, el constructor no puede proceder a su demolición hasta cuando se hayan efectuado los trabajos necesarios para no interrumpir el tránsito. El diseño y la construcción de las obras provisionales destinadas a mantener el servicio y el tránsito deben ser de cargo y responsabilidad del constructor.

A menos que los documentos del proyecto establezcan otra cosa o que el interventor lo autorice de manera diferente, las infraestructuras existentes deben ser demolidas hasta el fondo natural o lecho del río o quebrada, y las partes que se encuentren fuera de la corriente,

se deben demoler hasta por lo menos treinta centímetros (30 cm) más abajo de la superficie natural del terreno.

Cuando las partes de la estructura existente se encuentren dentro de los límites de construcción de la nueva estructura, dichas partes se deben demoler hasta donde sea necesario, para permitir la construcción de la estructura proyectada.

Los cimientos y otras estructuras subterráneas deben demolerse hasta las siguientes profundidades mínimas:

- En áreas de excavación, un metro (1 m) por debajo de la superficie subrasante proyectada.
- En áreas que se vayan a cubrir con terraplenes de un metro (1 m) o menos, un metro (1 m) por debajo de la subrasante proyectada.
- En áreas que se vayan a cubrir con terraplenes de más de un metro (1 m) de altura, no es necesario demoler la estructura más abajo del nivel del terreno natural, salvo que los documentos del proyecto presenten una indicación diferente.

Cuando se deba demoler parcialmente una estructura que forme parte del proyecto, los trabajos se deben efectuar de tal modo que sea mínimo el daño a la parte de la obra que se vaya a utilizar posteriormente. Los bordes de la parte utilizable de la estructura, deben quedar libres de fragmentos sueltos y listos para empalmar con las ampliaciones proyectadas.

Las demoliciones de estructuras se deben efectuar con anterioridad al comienzo de la nueva obra, salvo que el pliego de condiciones o los documentos del proyecto lo establezcan de otra manera.

201.4.2.3 Demolición de pavimentos rígidos y flexibles, pisos y andenes de concreto y bordillos

Los pavimentos rígidos y flexibles, andenes y bordillos de concreto, bases de concreto y otros elementos cuya demolición esté prevista en los documentos del proyecto, deben ser demolidos con equipos apropiados y removidos en fracciones de tamaño adecuado, para que puedan ser utilizados en la construcción de rellenos o disponer de ellos como sea autorizado por el interventor y la normativa ambiental vigente. En caso de utilizar equipo pesado, el trabajo que se realice cerca a la demolición se debe suspender a una distancia prudente, el constructor debe atender las disposiciones del artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud, con el propósito de no causar daños ni a las estructuras próximas ni al personal de la obra.

En caso de que resulte dañada o removida una superficie mayor que la contemplada, su reposición se debe encontrar a cargo del constructor, cuando se encuentre a entera satisfacción del interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Las áreas donde se remuevan andenes deben ser mantenidas libres de escombros, con el objetivo de que la circulación de los peatones permanezca expedita y segura.

Cuando los productos de demolición se usen en la construcción de rellenos, el tamaño máximo de cualquier fragmento no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la

capa en la cual se vaya a colocar. En ningún caso, el volumen de los fragmentos debe exceder los veintiocho decímetros cúbicos (28 dm^3), debiendo ser apilados en los lugares indicados en los planos del proyecto o en las especificaciones particulares, a menos que el interventor autorice otro lugar.

201.4.3 Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas

Comprende la identificación, clasificación y marca de todos los elementos de las estructuras metálicas, en concordancia con los planos de taller previamente elaborados por el constructor, para facilitar su utilización posterior, desmontaje y traslado al sitio de almacenamiento o nuevo montaje, de acuerdo con lo indicado por los documentos del proyecto, a satisfacción del interventor.

El retiro de toda alcantarilla que deba ser quitada, se debe hacer cuidadosamente y tomando las precauciones necesarias para evitar que se maltrate o rompa. La alcantarilla que vaya a ser colocada nuevamente, se debe trasladar y almacenar cuando sea necesario, para evitar pérdidas o daños, antes de ser instalada de nuevo. El constructor debe reponer, a su costa, todo tramo de alcantarilla que se extravíe o dañe, si ello obedece a descuido de su parte.

201.4.4 Remoción de especies vegetales

Para el caso de la remoción de especies vegetales y en complemento a lo estimado en el artículo 200, los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento deben ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deben ser apilados debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el interventor.

El resto de los materiales resultantes de la remoción de especies vegetales se debe retirar del lugar de los trabajos y debe ser transportado y depositado en los lugares establecidos en los documentos del proyecto o señalados por el interventor, donde dichos materiales son enterrados convenientemente, extendiéndolos en capas dispuestas de forma que se reduzca al mínimo la formación de huecos. Cada capa se debe cubrir o mezclar con suelo para rellenar los posibles huecos, y sobre la capa superior se deben extender al menos treinta centímetros (30 cm) de suelo compactado adecuadamente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos al descubierto. Estos materiales no deben ser extendidos en zonas donde se prevean afluencias apreciables de agua.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de cualquier tipo, los tocones, raíces de más de diez centímetros (10 cm) de diámetro y demás materiales inconvenientes, se deben eliminar hasta la profundidad que se indique en los documentos del proyecto, la cual no debe ser menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo del nivel apoyo de los terraplenes, de las estructuras o de los rellenos de cimentación de estas.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, se pueden cortar a ras del suelo, si los documentos del proyecto no especifican otra cosa.

Las cavidades o depresiones resultantes de los trabajos de remoción de especies vegetales se deben rellenar hasta el nivel del terreno circundante y, si estas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno se debe compactar de acuerdo con los requisitos aplicables del artículo 220.

El trabajo de trasplante de especies vegetales que deban ser conservadas (que incluye remoción, traslado y plantación en otro sitio) debe ser cubierto por el artículo 203.

201.4.5 Remoción de cercas de alambre

El constructor debe remover, trasladar y reinstalar las cercas de alambre en los nuevos emplazamientos, cuando ello se considere en los documentos del proyecto o lo señale el interventor. El traslado se debe realizar evitando maltratos innecesarios a las partes que sean manipuladas o transportadas. Si la reinstalación no está prevista, los elementos removidos se deben ubicar en los sitios que defina el interventor.

El relleno de los espacios dejados por los postes removidos y que no sean ocupados por las obras proyectadas, se debe realizar con un material similar al circundante. En caso de ser reinstaladas las cercas de alambre, estas deben de cumplir con lo especificado en el artículo 800, Cercas de Alambre, de estas especificaciones.

201.4.6 Remoción de obstáculos

Según se muestre en los planos o en las especificaciones particulares, el constructor debe eliminar, retirar o recolocar obstáculos individuales tales como postes de kilometraje, señales, monumentos y otros. Cuando estos no se deban remover, el constructor debe tener especial cuidado, a efecto de protegerlos contra cualquier daño y proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los documentos citados o sean autorizadas por el interventor.

201.4.7 Remoción de ductos de servicios existentes

El constructor debe retirar, cambiar, restaurar o proteger contra cualquier daño, las conducciones de servicios públicos o privados existentes según se contemple en los planos del proyecto o las especificaciones particulares.

Ningún retiro, cambio o restauración se debe efectuar sin la autorización escrita de la entidad prestadora de servicios afectada y se deben seguir las indicaciones de esta con especial cuidado y tomando todas las precauciones necesarias para que el servicio no se interrumpa o, si ello es inevitable, reduciendo la interrupción al mínimo tiempo necesario para realizar el trabajo, a efecto de causar las menores molestias a los usuarios.

Cuando el trabajo consista en protección, el constructor debe proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los planos o en las especificaciones particulares o que sean autorizadas por el interventor.

Cuando la entidad afectada estime que debido al estado en el cual se encuentra el ducto, resulta imposible obtener partes recuperables del mismo, el constructor debe proceder a su demolición.

201.4.8 Traslado de postes y torres

Cuando los documentos del proyecto lo prevean y su traslado esté debidamente aprobado por la entidad propietaria o concesionaria de servicios públicos, el constructor puede proceder a ejecutar la remoción, traslado y reinstalación o disposición de postes y torres de servicio eléctrico, telefónico y otros existentes que no sean removidos o trasladados directamente por la entidad de servicios públicos propietaria o concesionaria de los mismos. El constructor debe gestionar todos los permisos para la ejecución de esta labor ante la entidad competente.

Esta actividad debe incluir, también, la demolición de los soportes de dichos elementos que se convierten en obstáculos para las obras del proyecto, así como la remoción, transporte y disposición, en sitios de desecho definidos en el proyecto o autorizados por el interventor, de todos los postes y elementos de estos que no sean reutilizables.

El constructor debe solicitar al propietario o concesionario correspondiente, la realización de las modificaciones necesarias de las redes con la debida anticipación. Los traslados de las redes deben ser ejecutados directamente por el propietario o por el concesionario de la instalación o por quien él faculte de manera expresa, con la debida autorización del interventor.

201.4.9 Remoción de rieles

Cuando los documentos del proyecto lo prevean y su remoción esté debidamente aprobada por la entidad afectada, el constructor debe retirar los rieles en la longitud autorizada, trasladarlos y depositarlos en el sitio que ordene dicha entidad.

201.4.10 Remoción de defensas metálicas y barreras de seguridad de hormigón

Antes de iniciar obras en un sector de vía que se encuentre en servicio, se debe verificar la señalización y la implementación del plan estratégico de seguridad vial del área de seguridad y salud en el trabajo, según lo dispuesto en el ordinal 201.4.1 de este artículo, también debe proceder a retirar todas las defensas metálicas y barreras de seguridad existentes en las áreas afectadas.

La remoción de estos elementos se debe realizar empleando procedimientos que eviten todo daño innecesario o no previsto. Las defensas se deben desarmar cuidadosamente y, a continuación, el constructor debe proceder a excavar alrededor de los postes que las sustentaban, para poder retirarlos sin producirles ningún daño.

Si el proyecto contempla la rehabilitación y reinstalación de los elementos retirados, es responsabilidad del constructor su traslado, almacenamiento, limpieza y cuidado hasta el momento de su nueva reinstalación, actividades cuyo costo se debe encontrar incluido dentro del precio unitario de esta partida de trabajo. Si la reinstalación no está prevista, el constructor debe trasladar y almacenar los elementos donde lo señalen los documentos del proyecto o el interventor.

Todos los orificios dejados por las remociones que no vayan a ser ocupados por las obras del proyecto, deben ser rellenados por el constructor con un material igual al circundante.

201.4.11 Disposición de los materiales

Por aprobación del interventor y de acuerdo con sus instrucciones al respecto, los materiales de las edificaciones o estructuras demolidas, que sean aptos y necesarios para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas laterales del proyecto, se deben utilizar para ese fin. Salvo que los documentos del proyecto contemplen lo contrario, todos los demás materiales provenientes de estructuras demolidas deben quedar de propiedad del constructor, quien debe trasladarlos o disponerlos fuera de la zona de la vía, en un lapso no mayor a veinticuatro horas (24 h) después de efectuada la demolición, con procedimientos adecuados y en los sitios aprobados por el interventor.

Los elementos que deban ser almacenados según lo establezcan los planos o las especificaciones particulares, se deben trasladar al sitio establecido en ellos y se deben disponer de la manera que resulte apropiada para el interventor.

Los elementos que deban ser relocalizados se deben trasladar al sitio de nueva ubicación que indiquen los planos, donde deben ser montados de manera que se garantice su correcto funcionamiento.

201.4.12 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de demolición y remoción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel y atendiendo las normativas referidas en el ordinal 201.4.1 de este artículo. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

201.4.13 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales dispuestos en el artículo 106 de estas especificaciones, todas las labores requeridas para el demolición y remoción se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, así como las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad, y los definidos en el plan de inspección medición y ensayo aprobado por interventoría.

El constructor debe cumplir las normas legales vigentes, respecto del manejo, transporte y disposición final de los escombros, generados en las actividades de construcción de carreteras. En este sentido, debe tener presente la Resolución 472 del 2017 “En la gestión integral de los RCD se deberá priorizar las actividades de prevención o reducción de la generación de RCD, como segunda alternativa se implementará el aprovechamiento y como última opción, se realizará la disposición final de RCD”, o las que le sustituyan, complementen o modifiquen.

201.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

201.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.

El interventor debe verificar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos. El constructor debe cumplir las normas legales vigentes, respecto del manejo, transporte y disposición final de los escombros, generados en las actividades de construcción de carreteras. En este sentido, debe tener presente la Resolución 472 del 2017, en relación a la gestión integral de los RCD, o las que le sustituyan, complementen o modifiquen.

El interventor se debe encargar de identificar todos los elementos que deban ser demolidos o removidos; así mismo, debe señalar los elementos que deban permanecer en el sitio, así como debe ordenar las medidas para evitar que ellos sean dañados.

El interventor debe medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo con esta especificación y el plan de calidad, medición y ensayo. El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, son de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

201.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El interventor debe considerar terminados los trabajos de demolición y remoción cuando la zona donde ellos se hayan realizado quede despejada, de manera que permita continuar con las otras actividades programadas, y los materiales sobrantes hayan sido adecuadamente dispuestos de acuerdo con lo que establece la presente especificación.

En general, en caso de que por el uso de procedimientos inadecuados resulte dañado o removido cualquier elemento que no está contemplado en el proyecto, el costo de la reposición de este se debe encontrar a cargo del constructor, a entera satisfacción del interventor.

201.6 Medida

La medida para la demolición y remoción, ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto, la presente especificación y las instrucciones del interventor, se debe hacer de acuerdo con las siguientes modalidades:

- Global (gl), en cuyo caso no se deben hacer mediciones.
- Por unidad completa (u), cuando se trate de demolición de obstáculos, edificaciones, puentes, alcantarillas y otras estructuras o remoción de estructuras metálicas, especies vegetales, obstáculos, postes y torres.
- Por kilogramo (kg) aproximado al entero, en cuanto se trate del desmontaje y traslado de estructuras metálicas.

- Por metro cúbico (m^3), aproximado al entero, en el caso de demolición de estructuras, cuando su tipo permita la cuantificación en esa unidad.
- Por metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, cuando se refiera a demolición de pavimentos rígidos, andenes de concreto y pisos, en caso de espesores invariables que permitan su cuantificación. En este caso, la medida de la estructura se debe efectuar antes de destruirla.
- Por metro (m), aproximado al entero, cuando se trate de la demolición de bordillos y del retiro de estructuras tales como alcantarillas, cercas de alambre, ductos de servicios existentes, defensas metálicas, barreras de seguridad, rieles y otros obstáculos que sean susceptibles de ser medidos por su longitud.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

201.7 Forma de pago

El pago se debe hacer a los precios unitarios respectivos, estipulados en el contrato según la unidad de medida, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptado por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, explosivos, asesoría, equipo, herramientas, materiales, apuntalamientos, andamios, obras para la protección de terceros; las operaciones necesarias para efectuar las demoliciones y para hacer los desmontajes, planos, separación de materiales aprovechables, cargue y transporte de estos al lugar de depósito, descargue y almacenamiento; remoción de especies vegetales; traslado y reinstalación de obstáculos y cercas de alambre; traslado, cambio, restauración o demolición de conducciones de servicios existentes; cargue de materiales desechables, transporte y descargue en el sitio de disposición final, de acuerdo con lo señalado por el interventor.

El precio unitario debe incluir, además, la protección de aquellos elementos que, aunque se encuentren en la zona de los trabajos, no deban ser removidos.

Cuando aplique, dentro de los análisis de precios unitarios se deben incluir los costos inherentes a los derechos de disposición y/o conformación de materiales sobrantes, incluyendo los costos inherentes a obras requeridas en los sitios de disposición.

Cuando la unidad de medida de la demolición de estructuras sea el metro cúbico (m^3), el precio unitario debe considerar que el transporte del material proveniente de la demolición sea en condición de bloques sueltos.

La reinstalación de estructuras metálicas y tubos de alcantarillas no se encuentran cubiertas por el presente artículo.

El precio unitario del traslado de postes o torres, debe incorporar los costos de las gestiones ante los propietarios o concesionarios de las redes de servicios correspondientes.

El constructor debe considerar, en relación con los explosivos y/o sistemas de demolición no fragmentantes, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almace-

namiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización. En los casos en que no se autorice el uso de explosivos para el precio unitario se debe considerar el suministro y aplicación de los productos alternativos.

El precio unitario debe abarcar, además, los costos por concepto de la excavación para la demolición y remoción y por el suministro, conformación y compactación del material para relleno de todas las cavidades resultantes; la señalización temporal requerida y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe cubrir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

201.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
201.1	Demolición de edificaciones	Global (gl)
201.2	Demolición de estructuras	Global (gl)
201.3	Demolición de pavimentos rígidos y flexibles, pisos, andenes y bordillos de concreto	Global (gl)
201.4	Demolición de obstáculos	Global (gl)
201.5	Demolición de edificaciones	Unidad (u)
201.6	Demolición de estructuras	Unidad (u)
201.7	Demolición de estructuras	Metro cúbico (m3)
201.8	Demolición de pavimentos rígidos y flexibles	Metro cuadrado (m2)
201.9	Demolición de pisos y andenes de concreto	Metro cuadrado (m2)
201.10	Demolición de bordillos de concreto	Metro (m)
201.11	Desmontaje y traslado de estructuras metálicas	Kilogramo (kg)
201.12	Remoción de especies vegetales	Unidad (u)
201.13	Remoción de obstáculos (Nota)	Unidad (u)
201.14	Remoción de ductos de servicios existentes	Metro (m)
201.15	Remoción de alcantarillas	Metro (m)
201.16	Remoción de cercas de alambre	Metro (m)
201.17	Traslado de postes	Unidad (u)
201.18	Traslado de torres	Unidad (u)
201.19	Remoción de rieles	Metro (m)
201.20	Remoción de defensas metálicas	Metro (m)
201.21	Remoción de barreras de seguridad	Metro (m)

Nota: se debe hacer un ítem de pago para cada tipo de obstáculo.

Trasplante de árboles

Artículo 203 – 22

203.1 Descripción

Este trabajo consiste en la remoción de árboles del sitio en que están arraigados, su traslado y su plantación en otro sitio, de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto o lo determinado por el interventor. El trabajo debe incluir la conservación de los árboles trasplantados, hasta el recibo definitivo de los trabajos, y que cumplan lo establecido en la normativa específica vigente para el país. Para efectos de esta especificación, se establecen cuatro (4) denominaciones por tipo de árbol en función de sus dimensiones, como se indica en la Tabla 203 – 1.

Si la denominación por altura resulta diferente a la denominación por diámetro de copa, se debe aplicar la menor denominación de las dos. Así mismo, se estipulan tres (3) tipos de traslados en función de la distancia de movilización, como se indica en la Tabla 203 – 2.

Tabla 203 – 1. Tipos de árbol para su trasplante en función de su tamaño

Denominación	Altura (m)	Diámetro de copa (m)
1 – Árbol tipo I	> 20,0	> 10,0
2 – Árbol tipo II	10,1 a 20,0	5,1 a 10,0
3 – Árbol tipo III	5,0 a 10,0	2,0 a 5,0
4 – Árbol tipo IV	< 5,0	< 2,0

Tabla 203 – 2. Tipos de traslado para trasplante de árboles en función de la distancia

Tipo de traslado	Distancia de traslado (m)
Traslado corto	≤ 15,0
Traslado largo	15,1 a 100,0
Traslado especial	> 100,0

Previo al inicio de las actividades propias del trasplante de los árboles, es responsabilidad del constructor informar previamente a la comunidad; así también, debe realizar la señalización y manejo de tránsito, según lo establecido por el capítulo 4 del Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte, todo en compañía de la autoridad competente.

Antes de iniciar cualquier operación de compensación por trasplante de árboles y, previa aprobación por parte del interventor, el contratista debe certificar que se han completado las siguientes actividades:

- La trazabilidad de los límites de limpieza de vegetación se ha realizado de acuerdo con la especificación ambiental.
- El área de demolición de vegetación fijada no excede los límites autorizados.
- Se han conservado árboles maduros en la medida de lo posible.
- La vinculación de áreas ambientales especiales y la definición de los lugares de eliminación de desechos, se ha llevado a cabo de acuerdo con la Resolución 472 de 2017 del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, o las normas que la sustituyan.
- Los datos del área de limpieza de vegetación vinculada y los datos del área ambiental especial vinculada, se han enviado al interventor para su aprobación al menos cinco días (5 d) antes de que comience la limpieza.
- Todo el control de malezas, previo al despeje, se debe realizar de acuerdo con la especificación ambiental (artículo 106, Aspectos ambientales).
- Todos los controles operativos de fauna, previos al desmonte, se han llevado a cabo de acuerdo con las especificaciones.
- Todos los controles operativos de muerte regresiva de especies vegetales, previos al despeje se han ejecutado de acuerdo con las especificaciones.
- Las ubicaciones de los elementos a demoler se han marcado en el sitio.
- La ubicación de las alcantarillas se ha verificado.
- Se ha identificado la autorización requerida dentro de los tres metros (3 m) (o la distancia designada por el proveedor de servicios) de cualquier servicio.
- Toda la maquinaria por utilizar debe cumplir con los controles seguridad (artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud) y los lineamientos ambientales para la construcción de infraestructura del Programa Nacional de Transporte Urbano, emitidos por el Ministerio de Transporte (Plan de manejo forestal, silvicultura y paisajístico, entre otros).

203.2 Materiales

203.2.1 Material para relleno de las excavaciones

203.2.1.1 Excavación resultante de la remoción del árbol

El material para relleno de la excavación resultante de la remoción del árbol debe ser el especificado en los documentos del proyecto; si los documentos del proyecto no lo determinan, debe cumplir con los requisitos de suelos tolerables, según el artículo 220, Terraplenes.

203.2.1.2 Excavación en el nuevo sitio de la plantación del árbol

El material para el relleno de las excavaciones realizadas para el trasplante de árboles debe cumplir con las indicaciones de los documentos del proyecto; de igual forma, puede ser el material de excavación, o tierra orgánica suministrada para la plantación del árbol, o una mezcla de ambos (tierra orgánica – tierra de

excavación). En cualquiera de los casos, los documentos pueden indicar la necesidad de añadir fertilizantes, abonos (humus de lombriz de tierra, cascarilla de arroz u otros), insecticidas u otros componentes al material de relleno.

La tierra orgánica debe provenir de áreas localizadas fuera del proyecto o, preferiblemente, del descapote del proyecto. Debe estar conformada por un suelo de origen superficial, con contenido orgánico, libre de piedras, ramas, restos vegetales de gran calibre, escombros, desperdicios no degradables y cualquier otro elemento extraño y nocivo para los fines de la plantación de árboles trasladados.

203.2.2 Fertilizantes, abonos e insecticidas

Se deben emplear los fertilizantes, abonos e insecticidas adecuados para cada especie vegetal, según lo establezcan los documentos técnicos del proyecto. Los fertilizantes pueden ser órgano–minerales o minerales, y deben aportar los macronutrientes y micronutrientes esenciales para un buen establecimiento y óptimo desarrollo de los individuos.

203.2.3 Cicatrizantes

Se deben usar los cicatrizantes hormonales indicados en los documentos técnicos del proyecto; en general, los cicatrizantes deben tener como base un fungicida que sea impermeable al agua y permeable al aire.

203.2.4 Tutores y cercos

Los tutores y cercos que se requieran deben cumplir con los requisitos establecidos en los documentos del proyecto.

203.2.5 Otros insumos

Se pueden requerir otros insumos como hormonas para enraizar, hidro-retenedores, etc., que deben cumplir con los requerimientos establecidos en los documentos del proyecto.

203.2.6 Agua para riego

El agua debe estar limpia, no necesariamente potable, sin elementos extraños ni suciedad evidente, y libre de contaminaciones químicas.

203.3 Equipo

El constructor debe disponer de los equipos y herramientas necesarios para asegurar que los trabajos de trasplante de árboles tengan la calidad y la seguridad requeridas y se garantice el cumplimiento de su programa de ejecución.

Dependiendo del tamaño del árbol y de las condiciones del traslado, se pueden requerir equipos para manejo de alturas, camiones grúa, cama baja motorizada y vehículos escolta para el transporte, entre otros.

El constructor debe disponer de herramientas como escaleras, tijeras de podar, serruchos, motosierra si es el caso, palas, picas, rastrillos, azadones, horcas, ganchos para formar surcos, y todos los demás elementos que sean necesarios para ejecutar correctamente los trabajos especificados.

203.4 Ejecución de los trabajos

203.4.1 Aspectos generales

La ejecución de los trabajos de trasplante de árboles se debe hacer siguiendo las indicacio-

nes y procedimientos definidos de los documentos del proyecto y aprobados del plan de ejecución, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en la Guía de Manejo Ambiental del Proyectos de Infraestructura – Sector Vial, del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), y por entidades especializadas. En caso de requerirse, se tienen en cuenta los respectivos permisos de aprovechamiento forestal y proceder ante la respectiva autoridad ambiental regional, según las disposiciones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Es recomendable que el árbol a trasplantar, para efecto de vitalidad, tenga un equilibrio constante entre el tamaño de la raíz, su copa y el diámetro de su tallo.

203.4.2 Supervisión técnica

Para la planeación y dirección de los trabajos de trasplante de árboles, el constructor debe tener dentro de su equipo un profesional del área forestal con experiencia en este tipo de trabajos.

El plan de ejecución de trasplante de árboles y todos los informes de seguimiento de estos trabajos, deben ser firmados por este profesional, junto con el director de obra.

203.4.3 Planeación y seguimiento

Antes de iniciar los trabajos de trasplante, el constructor debe presentar el plan de ejecución de los trabajos. Este plan debe incluir, como mínimo:

- Antecedentes.
- Justificación.
- Localización.
- Inventario de árboles por trasplantar.
- Cronograma de actividades.
- Aspectos técnicos y procedimiento detallado de la ejecución del trabajo.
- Maquinaria especializada, si es el caso.
- Herramientas.
- Insumos.

Antes de iniciar los trabajos de trasplante de árboles, el plan de ejecución debe contar con la aprobación del interventor y de la autoridad ambiental competente. Este debe incluir el plan de establecimiento y mantenimiento, y estar planteado en general para un tiempo mínimo de tres (3) años, si los documentos del proyecto no disponen algo diferente.

También, debe incluir un sistema de evaluación y seguimiento que permita verificar el desarrollo de la actividad en cada una de las fases: preparación, movilización y establecimiento.

Se deben realizar visitas que, en lo posible, cuenten con la participación de la autoridad ambiental competente; el constructor debe elaborar informes de estas visitas que incluyan fichas de seguimiento con el respectivo registro fotográfico. A no ser que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, los informes deben ser de carácter bimestral durante el primer año, o hasta la terminación del proyecto (lo que ocurra primero). Cuando el tiempo transcurrido a partir del trasplante del último árbol del proyecto sea mayor de un (1) año y el proyecto esté todavía en ejecución, los informes de seguimiento pueden ser semestrales. En estos informes se debe evaluar la adaptación de los árboles trasplantados para tomar las acciones preventivas y/o de control para garantizar su supervivencia, si se requiere.

A la terminación del proyecto, el constructor debe presentar un informe final de la actividad de trasplante de árboles. El informe debe incluir la versión final de las fichas de seguimiento; la ficha de cada individuo debe indicar el tiempo transcurrido desde el momento de su plantación y el estado de avance en que se encuentra, en el momento de la entrega final y el plan de mantenimiento establecido para el proyecto.

203.4.4 Remoción

Antes de remover un árbol, se requiere normalmente efectuar una poda de sus ramas, la cual se debe hacer según lo dispuesto en el numeral 802.4.4 del artículo 802, Poda de árboles. Posteriormente, se debe excavar alrededor del tronco para conformar un bloque firme de raíces y tierra que se debe remover con el árbol; la excavación debe ir acompañada del corte de las raíces que se van encontrando.

El tamaño del bloque depende de las dimensiones del sistema de raíces. La excavación del bloque y corte de las raíces se debe hacer de manera que no se presente un desgarramiento de las raíces ni se deshaga el bloque; se debe aplicar un cicatrizante a las raíces que se cortan. Una vez conformado el bloque y antes de iniciar el retiro del árbol, el bloque de raíces y tierra debe envolverse en una tela de fique u otro material biodegradable aprobado; esta tela se debe amarrar firmemente para mantener la integridad del bloque.

Para retirar el árbol, se deben amarrar firmemente el tronco y el bloque de raíces y tierra al equipo con que se va a izar. Se debe proteger el tronco del árbol en el sitio de amarre para la izada, con el fin de prevenir daños en el mismo. Una vez sujeto el árbol al equipo, este se debe inclinar suavemente de lado a lado para romper las raíces que aún lo sujetan a la tierra. La izada se debe realizar lentamente; a medida que el bloque va saliendo del terreno, se debe ir completando su envoltura con la tela biodegradable en la parte inferior. Una vez retirado el árbol, se debe rellenar el hueco resultante en el terreno con el material indicado en el numeral 203.2.1.1 y en el artículo 220, y se debe compactar hasta obtener la densidad especificada en los documentos del proyecto. Si los documentos del proyecto no especifican la densidad mínima, la compactación se debe llevar hasta alcanzar una densidad no inferior al noventa por ciento (90 %) de la densidad máxima correspondiente al ensayo de compactación normal, norma INV E-141 (ensayo normal de compactación).

203.4.5 Traslado

Si la distancia es corta, el traslado se puede efectuar con la misma máquina de izar; en caso contrario, el traslado se debe efectuar en volqueta, cama-baja u otro equipo adecuado. Durante el traslado, el árbol se debe sujetar adecuadamente para evitar su deterioro; de igual forma, para el traslado se debe realizar la respectiva señalización y manejo de tránsito, contemplada en un Plan de Manejo de Tránsito (PMT) aprobada por la interventoría y bajo el acompañamiento de la autoridad competente.

Para poder iniciar la izada y traslado del árbol, se debe tener lista la excavación en el sitio donde debe ser plantado.

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de

Transporte, los cuales deben garantizar la seguridad permanente tanto del personal y de los equipos de construcción, como de los usuarios y transeúntes, durante las veinticuatro horas (24 h) del día.

Para actividades que no impliquen el cierre total de la vía, el interventor debe dar su visto bueno previo a la presentación de un PMT. Para casos que impliquen el cerramiento total de la vía, se deben tramitar los permisos correspondientes ante la autoridad competente y se debe presentar el PMT aprobado por el interventor.

Tabla 203 – 3. Tamaño mínimo de la excavación para trasplante de árboles

Características del árbol	Diámetro (en exceso del diámetro del bloque)	Profundidad (en exceso de la profundidad del bloque)
Altura		
- Hasta 1,5 m	-	0,2 m
- Más de 1,5 m	-	0,3 m
Diámetro del bloque		
- Hasta 1 m	0,5 m	-
- Más de 1 m	50 % más que el diámetro del bloque	-

203.4.6 Plantación

La excavación para la plantación del árbol debe tener el tamaño adecuado para alojar el bloque de raíces y tierra. En general, la excavación debe tener las dimensiones mínimas indicadas en la Tabla 203 – 3, salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa.

En todo caso, se deben tener en cuenta las dimensiones de la excavación necesarias para permitir la colocación adecuada del árbol; el suelo que queda en el fondo y a los lados de la excavación, debe aflojarse en un espesor de quince centímetros (15 cm) antes de colocar el árbol.

El perímetro del bloque se debe rellenar con tierra preparada con abono orgánico, la cual se debe compactar levemente.

El árbol plantado debe quedar estable y en posición vertical; su nivel con respecto del terreno debe ser igual al que tenía en su posición original. Si es necesario, se deben colocar estacas y elementos de sujeción temporal para corregir y mantener la posición adecuada del árbol.

203.4.7 Fertilización

Se debe considerar al menos una fertilización principal y una de mantenimiento. La fertilización principal se debe realizar junto con la plantación del árbol. Los materiales y dosificaciones deben especificarse en los documentos del proyecto. Es importante tener presente para la fertilidad del suelo, características como el pH del suelo y la edad del árbol.

Los niveles anteriores deben ser considerados como mínimos. Las fertilizaciones se pueden

realizar en conjunto con los riegos de agua a las protecciones instaladas.

203.4.8 Riego y conservación

El riego debe ser aplicado a partir del día siguiente de la plantación y no debe haber límite en cuanto a su frecuencia. De preferencia, debe ser temprano en la mañana y al atardecer. La frecuencia de los riegos depende tanto de las condiciones climáticas como de las especies sembradas y debe ser suficiente para asegurar, junto con las fertilizaciones, que durante todo el proceso se presenten los niveles adecuados de desarrollo de los árboles.

Adicionalmente, se debe requerir de poda en caso de que la vegetación sobrepase la corona de la vía, obstruya algún dispositivo de drenaje o impida una adecuada visibilidad en la vía. Esta actividad se puede realizar siempre que sea necesario, a criterio del interventor, y en forma permanente hasta el recibo definitivo de los trabajos.

203.4.9 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar.

203.4.10 Manejo ambiental

En adición a los elementos generales dispuestos en el artículo 106, de estas especificaciones, todas las labores requeridas para el trasplante de árboles se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios y evaluaciones ambientales del proyecto, al igual que las normas y disposiciones vigentes sobre conservación del ambiente, los recursos naturales y protección de la comunidad. Así, todas las determinaciones referentes a los trabajos de trasplante de árboles deben ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes sobre el particular.

Se deben haber adelantado previamente los trámites requeridos ante la autoridad ambiental competente para obtener los respectivos permisos; también, que la actividad se adelante bajo las directrices ambientales que, para estos fines, se encuentren vigentes.

El constructor debe gestionar ante la autoridad ambiental competente estos permisos. La autoridad ambiental después de visitar, analizar particularidades y conceptuar, debe generar el permiso (resolución) en el que se especifican las medidas a emprender de corte, poda, traslado, erradicación de acuerdo con la especificidad del proyecto. Se debe solicitar además un Plan de Compensación Forestal que debe ser aprobado por la misma autoridad, del cual debe ser vigilante la interventoría.

En caso de requerir hacer uso de agua, se recomienda que sea agua lluvia y que el pH sea normal entre cinco y cinco coma cinco (5 – 5,5). En caso de ser transportada debe ser limpia, no necesariamente potable y que cumpla con el rango referido para el riego. Se debe revisar que el material de relleno sea biodegradable y cumpla con el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

Se sugiere evitar el uso de insecticidas. Estos son compuestos químicos que pueden afectar a nivel ambiental, con efectos en la flora, fauna, el suelo, el sistema hídrico y la atmósfera.

203.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

203.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar que los árboles por trasplantar correspondan al inventario respectivo y que la localización final de plantación sea la especificada.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 203.2.
- Vigilar que el constructor cumpla con el plan de establecimiento y mantenimiento aprobado hasta la terminación del proyecto.
- Evaluar periódicamente el porcentaje de prendimiento y tomar las acciones preventivas y/o de control para garantizar la supervivencia de los individuos.
- Verificar el cumplimiento de todas las medidas ambientales (artículo 106) y de seguridad (artículo 102), requeridas.
- Vigilar que el constructor efectúe la conservación adecuada de los árboles sembrados, hasta su recibo definitivo.

El interventor se debe encargar de medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo con esta especificación y el plan de calidad, medición y ensayo. El plan de calidad y el plan de inspección, medición y ensayo, deben ser de obligatorio cumplimiento tal como se encuentra expresado en el numeral 103.2 del artículo 103, Responsabilidades especiales del constructor.

203.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los trabajos de trasplante de árboles se deben recibir si los árboles han prendido adecuadamente, si se ha realizado de forma apropiada el plan de ejecución aprobado, si los insumos empleados cumplen los requisitos de calidad correspondientes y si el área de plantación se encuentra bien mantenida y libre del material sobrante. En caso necesario, el constructor debe presentar al interventor la certificación expedida por parte de la autoridad ambiental competente, que acredite el cumplimiento de la obligación que hubiere impuesto para la plantación de árboles en el proyecto.

203.6 Medida

La unidad de medida del trasplante de árboles debe ser la unidad (u) de árbol trasplantado de acuerdo con los documentos del proyecto y las indicaciones del interventor, a plena satisfacción de este.

203.7 Forma de pago

El pago del trasplante de árboles se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a satisfacción por el interventor. A no ser que los documentos del contrato indiquen otra cosa, el pago se debe llevar a cabo de la siguiente manera, para cada árbol trasplantado:

- El cincuenta por ciento (50 %) del precio unitario se debe pagar cuando el árbol haya sido plantado en su ubicación final.
- El cincuenta por ciento (50 %) restante del precio unitario, se debe cancelar después

de la inspección final para recibo definitivo del proyecto.

El precio unitario debe incluir todos los costos de preparación del terreno; el suministro en el lugar y la colocación de todos los materiales requeridos; la poda previa; la excavación, el retiro del árbol de su sitio original y el relleno de la excavación resultante; la excavación (ahoyado) en el nuevo sitio de plantación; el traslado; la plantación; el relleno de la excavación; los tutores y cercos; el riego y poda periódicos de los árboles trasplantados, si se requieren; el suministro y aplicación de tierra, fertilizantes, insecticidas y demás materiales necesarios para la conservación de los árboles hasta su recibo definitivo; los desperdicios y el manejo adecuado de ellos y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

203.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
203.1	Trasplante de árboles tipo I, traslado corto	Unidad (u)
203.2	Trasplante de árboles tipo I, traslado largo	Unidad (u)
203.3	Trasplante de árboles tipo I, traslado especial	Unidad (u)
203.4	Trasplante de árboles tipo II, traslado corto	Unidad (u)
203.5	Trasplante de árboles tipo II, traslado largo	Unidad (u)
203.6	Trasplante de árboles tipo II, traslado especial	Unidad (u)
203.7	Trasplante de árboles tipo III, traslado corto	Unidad (u)
203.8	Trasplante de árboles tipo III, traslado largo	Unidad (u)
203.9	Trasplante de árboles tipo III, traslado especial	Unidad (u)
203.10	Trasplante de árboles tipo IV, traslado corto	Unidad (u)
203.11	Trasplante de árboles tipo IV, traslado largo	Unidad (u)
203.12	Trasplante de árboles tipo IV, traslado especial	Unidad (u)

Excavación de la explanación, canales y préstamos

Artículo 210 – 22

210.1 Descripción

210.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en el conjunto de las actividades de excavar, remover, cargar, transportar hasta el límite de acarreo libre y colocar en los sitios de disposición o desecho, los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación, los canales y los préstamos indicados en los documentos del proyecto.

Además, comprende la excavación y la remoción de la capa vegetal o el descapote y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se van a realizar las excavaciones de la explanación y los terraplenes.

210.1.2 Tipos de excavación

Los procedimientos establecidos en este artículo son aplicables a los siguientes tipos de excavación, de conformidad con las definiciones establecidas en el numeral 210.9.

- Excavación de la explanación.
- Excavación de canales.
- Excavación en zonas de préstamo.

210.1.3 Clasificación

210.1.3.1 Excavación sin clasificar

Se refiere a los trabajos de excavación de cualquier material, sin importar su naturaleza.

210.1.3.2 Excavación clasificada

210.1.3.2.1 Excavación en roca

Comprende la excavación de masas de rocas fuertemente litificadas que, debido a su buena cementación o alta consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

También, comprende la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m^3), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos. Se acepta como criterio para determinar el horizonte de roca cuando el esfuerzo a la compresión uniaxial del horizonte sea mayor a diez megapascales (10 MPa), según lo establece la *International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering* (1984).

210.1.3.2.2 Excavación en material común

Comprende la excavación de materiales no cubiertos por el numeral 210.1.3.2.1.

210.1.3.2.3 Método alternativo para determinar el tipo de material excavado

Se establecen dos criterios alternativos para la estimación del material excavado:

- Cuando la dureza y el fracturamiento del material no permitan efectuar faenas de remoción con equipos mecánicos. Esta dificultad se debe determinar directamente, cuando una máquina del tipo buldócer con una potencia mínima de cuatrocientos diez caballos de fuerza (410 HP) y masa mínima de cuarenta y ocho mil quinientos kilogramos (48 500 kg) o una retroexcavadora con una potencia mínima de doscientos diecisiete caballos de fuerza (217 HP) y masa mínima de treinta mil doscientos kilogramos (30 200 kg), empleados a su máxima potencia sean incapaces de remover el material. La utilización de uno u otro equipo, depende del espacio disponible para operar y de la forma de la superficie de la roca; siempre se prefiere el buldócer. La operación debe ser efectuada por los dientes de la retroexcavadora o el ripper del buldócer en presencia del interventor. Una vez comprobado por las partes lo expuesto, se procede a dejar constancia de la situación en el libro de obra (bitácora).
- Cuando las mediciones de velocidad de propagación de onda, practicadas sobre el material en las condiciones naturales en que se encuentre, sean iguales o superiores a dos mil metros por segundo (2 000 m/s).

210.2 Materiales

210.2.1 Utilización de materiales provenientes de la excavación de la explanación y de canales

Todos los materiales provenientes de las excavaciones que sean utilizables, según los documentos y especificaciones del proyecto o a criterio del interventor, y que sean necesarios para construir o proteger terraplenes, pedraplenes u otras partes de las obras proyectadas, se deben utilizar en ellos. El constructor no puede disponer de los materiales provenientes de las excavaciones ni retirarlos para fines distintos a los del contrato, sin autorización previa del interventor.

Los materiales provenientes de la excavación que presenten características adecuadas para uso en la construcción de la obra se deben reservar para colocarlos posteriormente. Su disposición provisional se debe hacer en los sitios aprobados previamente para tal fin por el interventor.

Los materiales provenientes del descapote se deben almacenar para su uso posterior en sitios accesibles y de manera aceptable para el interventor. Estos materiales se deben usar preferentemente para el recubrimiento de los taludes de los terraplenes terminados.

210.2.2 Materiales de zonas de préstamo

Los materiales adicionales que se requieran para las obras se deben extraer de las zonas de préstamo aprobadas por el interventor y deben cumplir las características establecidas en las especificaciones correspondientes.

210.3 Equipo

El constructor debe proponer, para consideración del interventor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, de acuerdo con el tipo de material por excavar, los cuales no deben producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y deben garantizar el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

El constructor puede utilizar cualquier tipo de equipo apropiado para la realización de las excavaciones, que incluya tractores con topadora y desgarradora, motoniveladora, traílla y palas de empuje o arrastre, cargador y vehículos de transporte.

210.4 Ejecución de los trabajos

210.4.1 Excavación de la explanación

210.4.1.1 Generalidades

La excavación de la explanación se debe ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto.

El constructor debe notificar al interventor con la antelación suficiente del comienzo de cualquier excavación, con el fin de que este pueda efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de la excavación no se debe modificar ni remover sin autorización del interventor.

Los procedimientos constructivos que implemente el constructor deben contemplar las medidas necesarias para preservar las condiciones de drenaje, la resistencia y la estabilidad del terreno no excavado. Los taludes provisionales deben ser definidos en esos procedimientos por un ingeniero geotecnista cuando no estén definidos en las especificaciones del proyecto y avalados por el interventor.

Durante la ejecución de los trabajos se deben tomar, en cualquier caso, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno no excavado. En especial, se debe atender a las características tectónico-estructurales del entorno y a las alteraciones de su drenaje y se deben adoptar las medidas necesarias para evitar los siguientes fenómenos: inestabilidad de taludes en roca o de bloques de esta debida a voladuras inadecuadas, deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación, encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras, taludes provisionales excesivos, etc.

Las obras de excavación deben avanzar en forma coordinada con las obras de contención y drenaje del proyecto, tales como muros, alcantarillas, desagües y descoles de cunetas y construcción de filtros. Además, se debe garantizar el correcto funcionamiento del drenaje y controlar los fenómenos de erosión e inestabilidad.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los documentos del proyecto o indicadas y aprobadas por el interventor.

Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la

ejecución de los trabajos de excavación debe ser asumido por el constructor, quien debe reponer el bien a entera satisfacción de su propietario sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

En la construcción de terraplenes sobre terreno inclinado o a media ladera, el talud de la superficie existente se debe cortar en forma escalonada de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor.

Las cunetas y bermas se deben construir de acuerdo con las secciones, las pendientes transversales y las cotas especificadas en los documentos del proyecto. Todo daño posterior a la ejecución de estas obras, causado por negligencia del constructor, debe ser subsanado por este, sin ningún costo para INVÍAS.

210.4.1.2 Actividades previas

Antes de iniciar las excavaciones se deben completar y aprobar los trabajos de localización, desmonte, limpieza y demoliciones, así como los de remoción de especies vegetales, cercas de alambre y demás obstáculos que afecten la ejecución de las obras del proyecto.

El material retirado en la limpieza, así como el de las demoliciones, debe ser empleado como se menciona en el numeral 210.2.1

210.4.1.3 Drenaje de las excavaciones

El constructor debe tomar todas las medidas indispensables para mantener drenadas las excavaciones y demás áreas de trabajo. Se deben instalar drenes o zanjas temporales, para interceptar el agua que pudiera afectar la ejecución del trabajo y se deben utilizar los equipos necesarios para realizar un control efectivo de la misma.

Es responsabilidad del constructor todo deterioro que se ocasione en los materiales de la excavación debido a deficiencias en el sistema de drenaje implementado. En este caso, deben correr por su cuenta las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en los mismos, sin costo adicional para INVÍAS.

Antes de iniciar los trabajos de excavación, el constructor debe presentar para aprobación por parte del interventor el plan de drenaje temporal que va a implementar para evitar que el agua se apoce y deteriore los materiales expuestos, en especial la subrasante del proyecto.

En todo momento, la superficie de la excavación debe tener pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial hacia los elementos de drenaje temporal o definitivo. No deben existir depresiones ni hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales, ni encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras o taludes provisionales excesivos.

Cuando el diseño de los taludes contemple la construcción de bermas o terrazas intermedias, estas se deben conformar con pendiente hacia el interior del talud a una cuneta que debe recoger y encauzar las aguas superficiales.

210.4.1.4 Manejo de la subrasante

210.4.1.4.1 Protección de la subrasante

El constructor debe proteger la subrasante en todo momento para evitar su deterioro.

Es responsabilidad del constructor todo deterioro que se ocasione en la subrasante debido a la falta de implementación de los sistemas adecuados de protección. En este caso, deben correr por su cuenta y a su costa las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en la misma.

En especial, debe llevar a cabo las labores de construcción teniendo en cuenta los siguientes factores, adicionales al tema del drenaje mencionado en el numeral 210.4.1.3.

210.4.1.4.1.1 Circulación sobre la subrasante

El constructor debe organizar todos sus trabajos, en especial las labores de excavación, cargue del material excavado y descargue del material por colocar sobre la subrasante, de manera que los equipos no circulen directamente sobre la subrasante y la deterioren. Se exceptúan los casos en que la subrasante esté constituida por materiales que soporten el tránsito de construcción sin deteriorarse. Se puede tomar como guía para calificar el impacto adverso del tránsito temporal sobre la subrasante la presencia de acolchonamientos mayores de veinte milímetros (20 mm) (deformaciones ante el paso de los vehículos que se pueden observar a simple vista y que se recuperan en todo o en parte cuando el vehículo se aleja), o la ocurrencia de ahuellamientos mayores de veinticinco milímetros (25 mm) (deformaciones permanentes en forma de surcos longitudinales que no se recuperan cuando el vehículo se aleja).

210.4.1.4.1.2 Disminución del contenido de agua en la subrasante

Con el fin de evitar el agrietamiento o la activación de procesos de cambios volumétricos en las subrasantes arcillosas, no se debe permitir que estas disminuyan su contenido de agua natural, salvo en casos específicos en que la pérdida de agua se requiera para su adecuada compactación; por tanto, el constructor debe tomar las medidas necesarias para prevenir esta pérdida de agua.

210.4.1.4.2 Compactación de la subrasante

210.4.1.4.2.1 Necesidad de compactar la subrasante

En general, siempre se requiere compactar la subrasante en corte, bien sea que esta vaya a servir de apoyo a un terraplén o relleno, o a la estructura misma del pavimento. Sin embargo, en algunas ocasiones los documentos del proyecto pueden indicar expresamente que la subrasante no requiere compactación.

En otras ocasiones, los documentos del proyecto pueden prohibir la compactación de la subrasante.

Cuando la subrasante natural sirve directamente como apoyo de la estructura del pavimento, esta requiere de su compactación en un espesor no menor de quince centímetros (15 cm). Por tanto, si los documentos del proyecto indican que la subrasante natural no requiere compactación o especifican que se prohíbe compactarla, el diseño debe tener previsto al menos una capa de mejoramiento compactada, con espesor mínimo de veinte centímetros (20 cm) (material de aporte sin estabilizar o estabilizado, o estabilización de la parte superior de la subrasante), para ser construida encima de la subrasante natural. Si el diseño no prevé esta capa de mejoramiento sobre la subrasante sin compactar, el interventor puede ordenar al constructor su

construcción en el espesor que juzgue conveniente, previa excavación de un espesor igual de material de subrasante para conservar las cotas del proyecto. En este caso, tanto la excavación como la construcción de la capa de mejoramiento se deben pagar según los ítems que resulten aplicables.

210.4.1.4.2.2 Procedimiento de compactación de la subrasante

Los documentos del proyecto deben indicar la profundidad y el grado de compactación requeridos para la subrasante.

Si no lo indican, el procedimiento debe ser, como mínimo, el siguiente: al alcanzar el nivel de subrasante en la excavación, se debe escarificar en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación definidas en el numeral 210.5.2.2 en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm).

En caso de presencia de suelos especiales, como cenizas volcánicas, suelos blandos, suelos expansivos o suelos orgánicos, se deben atender las indicaciones particulares contenidas en los documentos del proyecto.

En caso de que los documentos del proyecto no tengan indicados estos tipos de materiales, se debe efectuar una evaluación geotécnica por parte del constructor con aprobación del interventor para determinar el debido proceso que se debe tener con estos materiales (esto incluye una posible Zona de Disposición de Materiales de Excavación [ZODME]). En este caso, las actividades que considere convenientes el interventor se deben pagar según los ítems que resulten aplicables. Cualquier decisión que se tome con respecto a estos tipos de subrasantes especiales debe quedar consignada en el libro de obra (bitácora), así como los documentos técnicos que sustenten las acciones a seguir. En cualquier caso, se deben garantizar las condiciones de servicio y durabilidad con las que se concibió el proyecto.

Un suelo se considera expansivo de acuerdo con los criterios consignados en la norma de ensayo INV E-132.

Se considera que el material posee características orgánicas cuando el contenido de materia orgánica, en masa, supera el dos por ciento (2 %) determinado según la norma INV E-121 o UNE 103204. Estas normas incluyen como materia orgánica todas las sustancias oxidables existentes en la muestra ensayada, por tanto, cuando las sustancias oxidables no orgánicas puedan influir de forma importante sobre los resultados obtenidos, el interventor puede autorizar que el contenido de materia orgánica se obtenga descontando los materiales oxidables no orgánicos, determinados según el método explícitamente aprobado por este.

La norma INV E-121 emplea el método de obtención por ignición el cual, en algunos materiales, puede arrojar resultados mayores debido a la calcinación parcial de algunos minerales a la temperatura de ensayo. La norma UNE 103204 describe un método químico para la obtención de la materia orgánica por lo que puede ser usado en los casos en los que se sospecha menor confiabilidad de los métodos por ignición. Cuando se cuente con los resultados de ambos métodos se debe dar prioridad a los obtenidos mediante métodos químicos.

210.4.1.5 Excavaciones en roca

Los procedimientos, los tipos y las cantidades de explosivos y equipos que el constructor proponga utilizar, deben estar aprobados previamente por el interventor, así como la secuencia y la disposición de las voladuras, las cuales se deben proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados. El constructor debe garantizar la dirección y la ejecución de las excavaciones en roca, utilizando personal que tenga amplia experiencia en trabajos similares.

La aprobación dada por el interventor no exime al constructor de la obligación de tomar las medidas de protección y seguridad necesarias para evitar daños al resto de la obra o a terceros. Es obligación del constructor, cumplir toda la reglamentación vigente.

Toda excavación en roca se debe profundizar quince centímetros (15 cm) por debajo de las cotas de subrasante. Las áreas sobreexcavadas se deben rellenar y conformar con material seleccionado proveniente de las excavaciones, con material de relleno seleccionado o con material de subbase granular, según lo indiquen los documentos del proyecto o lo apruebe el interventor.

Cualquier roca situada en los límites de la excavación, o fuera de ellos, que hubiese sido golpeada, aflojada, o de alguna manera dañada por las voladuras u otras causas, debe ser removida hasta asegurarse que no queden trozos inestables. No deben quedar depresiones que dejen zonas colgadas, aunque se muestren firmes a simple vista.

La superficie final de la excavación en roca se debe encontrar libre de cavidades que permitan la retención de agua y debe tener, además, pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial.

Se debe cuidar especialmente la subrasante que se establezca en los desmontes en roca, esta debe presentar una superficie que permita un perfecto drenaje sin encharcamientos. En los casos en que por efecto de la voladura se generen zonas sin desagüe, estas se deben rellenar mediante la aplicación de hormigón de saneo que genere la superficie de la subrasante, de acuerdo con los planos establecidos para las mismas y con las tolerancias previstas en los documentos del proyecto, sin ser estas operaciones objeto de pago por parte de INVÍAS.

Si los desperfectos que se puedan presentar son imputables a la ejecución inadecuada realizada o el incumplimiento de las instrucciones del interventor, el constructor es el responsable de los daños ocasionados. Lo mismo cabe indicar respecto a posibles bloques caídos del talud sobre cunetas o desagües, situadas al pie del talud.

Para el uso de explosivos, se debe cumplir la reglamentación vigente para el control de las labores mineras subterráneas y a cielo abierto, en especial lo estipulado en los decretos 1886 de 2015 y 2222 de 1993, respectivamente. Además, se debe garantizar el mínimo daño posible para los entornos cercanos, así como para evitar efectos secundarios negativos para la obra. Antes de usar los explosivos, se debe notificar con anticipación a los propietarios o vecinos de los puntos donde se debe hacer uso de estos. El interventor debe dar aval a la continuación de los trabajos luego de garantizar que se ha informado a los vecinos de la zona.

210.4.1.5.1 Plan de voladura

Para la ejecución de voladuras, se debe presentar al interventor un plan para cada actividad que requiera de algún tipo de explosión o detonación, al menos dos semanas antes del inicio de las operaciones de perforación y voladura. Este plan debe proporcionar la siguiente información:

- Descripción de la operación de voladura propuesta.
- Criterios preliminares de diseño para la producción y las voladuras controladas, incluidas las profundidades y los patrones de los agujeros de voladura.
- Detalles sobre los explosivos propuestos y los accesorios de explosión.
- Distancia mínima para la ubicación de la estación para la voladura propuesta, incluida la elevación del banco, si corresponde.
- Fecha y hora de las actividades de cada una de las voladuras propuestas.
- Indicar si se requiere de la remoción de sobrecarga, cuando la actividad la exija.
- Planos escalados en planta y en sección transversal del patrón de perforación propuesto para orificios de voladura controlados y generados, incluidas las filas de amortiguación, la cara libre, la carga, el espaciado de los orificios de voladura, los diámetros de los agujeros de voladura, los ángulos de los agujeros de voladura, la altura de elevación y la profundidad del taladro.
- Diagrama de carga que muestra el tipo y la cantidad de explosivos, cebadores e iniciadores, la ubicación, la profundidad y el tipo de derivación.
- Secuencia de iniciación de agujeros de voladura controlados y de producción, incluidos los tiempos de demora y el sistema de demora.
- Hojas de vida suministradas por los fabricantes de los explosivos, cebadores e iniciadores que se van a utilizar.
- Medidas de seguridad para la obra y terceros.

El plan de voladura debe ser entregado al interventor para su revisión y aprobación. El interventor debe estar en capacidad de revisar, y así mismo, proporcionar los comentarios que crea convenientes al constructor. El constructor debe enviar el plan de voladura con las correcciones necesarias para su revisión final y aprobación.

No se debe proceder con las operaciones de perforación y voladura relacionadas con el plan de voladura, sin que el interventor lo haya aprobado con anterioridad. Si la autoridad ambiental o gubernamental determina que las operaciones de voladura bajo los métodos empleados están causando daños a las vecindades o a los ambientes naturales, se debe proteger la propiedad dentro y más allá de la servidumbre.

Se debe ajustar, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

210.4.1.5.2 Registros de voladuras

El constructor debe realizar un registro de voladuras, que se debe enviar al interventor cada vez que se ejecute alguna de ellas. En dicho registro se debe suministrar la siguiente información:

- Dimensiones reales de la explosión, incluidos los diámetros y las profundidades de

los agujeros de voladura, la carga, el espaciado, las profundidades de taladrado, el tallo, las cargas de polvo, los factores de polvo y el tiempo de duración.
- Un esquema que muestre la dirección de la cara y el diseño de la explosión.
- La ubicación de la explosión, en relación con las dimensiones del proyecto.
- La fecha y la hora de carga y detonación.
- El nombre y la firma de la persona responsable de cargar y ejecutar.
- Comentarios del detonador a cargo con respecto a fallas de encendido, ocurrencias de la voladura de roca, resultados, efectos inusuales y daños a instalaciones existentes, propiedades adyacentes, vecindades y alteraciones no previstas.
- Resultados de monitoreo de vibración y velocidad de onda generados.
- Cualquier queja o comentario recibido debido a la voladura.

210.4.1.5.3 Seguridad en el manejo de explosivos

Se deben tener las siguientes consideraciones para la ejecución de las labores de voladuras:

- Solo las personas autorizadas y calificadas con base en la capacitación y la experiencia deben manejar y usar explosivos.
- Ninguna persona debe fumar, llevar fósforos u otros dispositivos productores de llama, o llevar armas de fuego o cartuchos cargados mientras se encuentre en un vehículo motorizado o cerca de este, que transporta explosivos, así como en los lugares de su disposición.
- Se debe mantener un registro de explosivos en todo momento. Los explosivos se deben almacenar y encerrar en una instalación adecuada avalada por el interventor hasta que se usen en voladuras.
- Cuando sea necesario, el Plan de Manejo de Tránsito (PMT) de los trabajos debe garantizar que se tengan reguladores de transito con señalización adecuada al momento de las detonaciones.
- Antes de comenzar el retiro de material luego de la voladura, se debe hacer una observación de toda el área durante, al menos, cinco minutos (5 min) después de cada explosión. Se deben retirar las rocas potencialmente peligrosas u otro material ubicado más allá de los límites de excavación que se haya visto afectado por la voladura. Se deben detener las operaciones de voladura, si las pendientes requeridas no son estables, o si la seguridad del público en general está en peligro.

210.4.1.5.4 Prevención del daño de estructuras cercanas

Para cada corte que requiera voladuras, se debe realizar un estudio de riesgo por vibración en edificios cercanos, estructuras de servicios públicos, suministro de agua y alcantarillado, o áreas ambientalmente sensibles que puedan estar en riesgo por las detonaciones. A partir del estudio, el interventor es quien debe avalar que el plan de voladura no genere riesgo de afectación a las estructuras cercanas.

210.4.1.5.5 Secciones de prueba de voladuras

Se debe garantizar la idoneidad del plan de voladura propuesto, a partir de una o varias secciones de prueba de voladura por cada material geológico. Para proyectos que involucren múltiples cortes en materiales geológicos similares, el constructor puede reducir

el requisito en una sección de prueba de voladura en cada corte con previa autorización del interventor. Las secciones de prueba de voladura incluyen secciones de corte de perforación, voladura y excavación de aproximadamente cuarenta metros (40 m) de largo para determinar la combinación óptima de método, espacio entre agujeros de voladura y carga. Cuando las condiciones del campo lo justifiquen, el interventor puede ordenar al constructor que use secciones de prueba de menos de treinta metros (30 m) de largo.

Para realizar la prueba de los requisitos del plan de voladura haga lo siguiente:

- Realice la sección de prueba de voladura de acuerdo con el numeral 210.4.1.5.1. El plan de voladura de la sección de prueba debe ser entregado al interventor, al menos cuarenta y ocho horas (48 h) antes del tiempo planeado de la voladura. El interventor debe autorizar el plan de voladura para iniciar la sección de ensayo.
- A menos que el plan de voladura indique lo contrario, comience las pruebas con los agujeros de voladura controlados espaciados a setenta centímetros (70 cm).
- Después de la voladura, retire una cantidad suficiente de material de la sección de prueba para determinar si el diámetro del agujero, el espacio entre los agujeros y la cantidad de explosivos son adecuados para los requerimientos de las obras. No continúe perforando hasta que se evalúen los resultados.
- Si durante la sección de prueba, no se producen los resultados esperados, se debe revisar y rediseñar el plan de voladura para la sección de prueba con las diferentes técnicas disponibles hasta que llegue a resultados satisfactorios. Se considera como no satisfactorio cuando:
  - Hay una cantidad excesiva de roturas más allá de las discontinuidades y pendientes indicadas.
  - Hay un desprendimiento excesivo de material.
  - Se producen incumplimientos a otros requisitos presentes en estas especificaciones.
  - Las pendientes son inestables.
  - La seguridad de las personas y la obra está en peligro.
  - Se producen daños en la obra, vecindades o características naturales del lugar.
  - Los niveles de vibración del suelo y explosión de aire exceden los límites establecidos en la Figura 210 — 1.

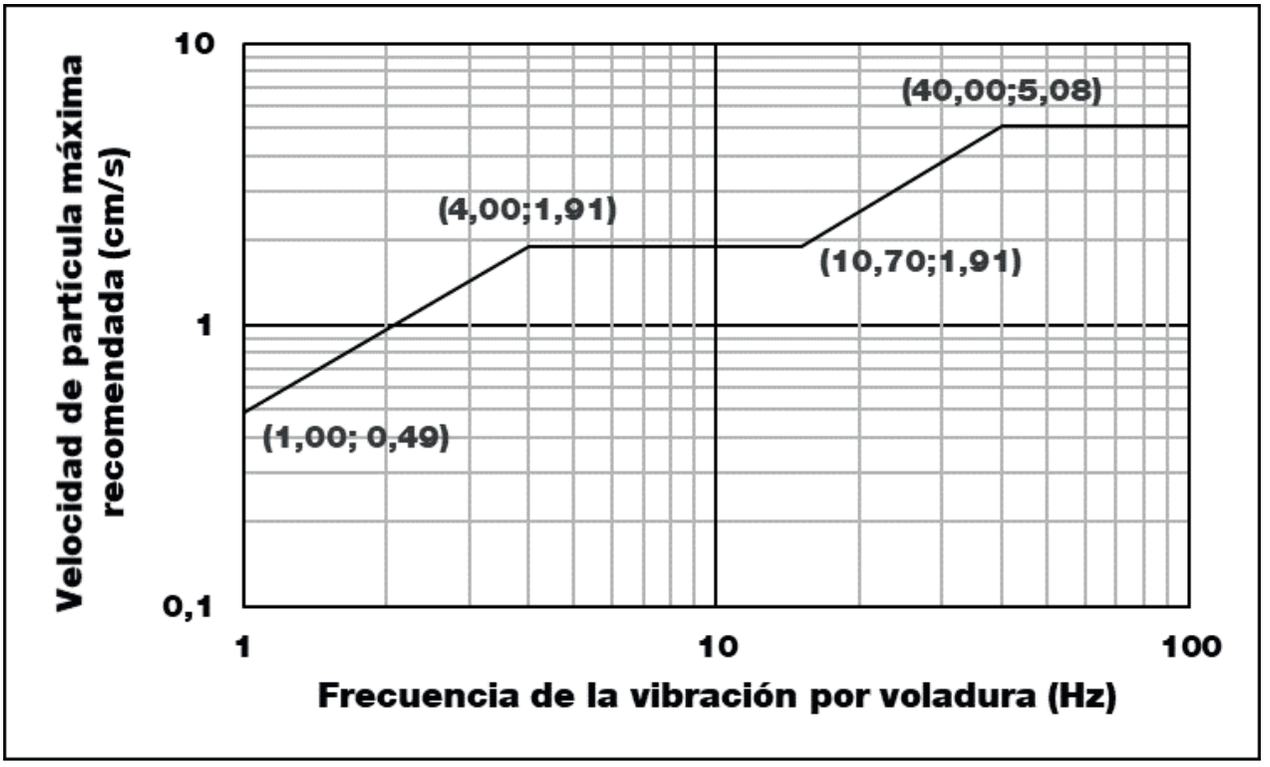


Figura 210 — 1. Velocidad de partícula máxima recomendada a partir de la frecuencia de vibración por voladura

Fuente: Modificado de *New Mexico State Department of Transportation*. (2014).

210.4.1.5.6 Requisitos de una voladura controlada

Para que la ejecución de las voladuras se realice de manera controlada, de acuerdo con los planes de voladura realizados a partir de los resultados aceptables en las secciones de prueba de voladura, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Se debe limpiar la superficie de la roca, cuando el material sobrepuesto no se autosoporte antes de perforar los agujeros de voladura.
- Se deben monitorear mecánicamente los ángulos de los agujeros de explosión con respecto a la horizontal.
- Se deben taladrar agujeros con un diámetro de entre cinco y ocho centímetros (5 cm — 8 cm). Dichos agujeros se deben espaciar de acuerdo con las secciones de prueba de voladura o los resultados obtenidos en materiales geológicos similares. No se debe exceder de noventa centímetros (90 cm).
- Se debe usar el equipo y la técnica adecuados para garantizar que los agujeros de explosión no se desvíen del plano proyectado del talud después de la voladura, que se muestra en el plan de voladura, en más de veinte centímetros (20 cm), en dirección paralela o normal.
- Se deben perforar los agujeros de manera que se tenga la inclinación de la pendiente requerida, hasta la profundidad total del

corte o hasta una elevación determinada previamente. La profundidad máxima de perforación debe ser de nueve metros (9 m). Se deben usar agujeros más bajos, si el control direccional es inadecuado. El largo de los agujeros se puede incrementar gradualmente, una vez que sean direccionales, y se demuestren resultados de control esperados.

- Se deben perforar orificios guía descargados y sin vástago del mismo diámetro, en el mismo plano, y con la misma tolerancia que los agujeros de explosión controlados.
- No se deben utilizar agujeros horizontales para voladuras controladas.
- Se deben usar cargas explosivas, cordón detonante y otros elementos necesarios para la voladura controlada, de acuerdo con la ficha técnica del producto y las recomendaciones e instrucciones del fabricante.
- Antes de colocar las cargas, se debe asegurar que el orificio esté libre de obstrucciones. De ser necesario, se debe utilizar un cilindro metálico para evitar que las paredes del agujero colapsen.
- Se deben usar solo explosivos estándar fabricados especialmente para el tipo de voladura. No se debe cargar nitrato de amonio y aceite combustible en los agujeros de explosión. Se deben usar explosivos y accesorios de voladura apropiados para las condiciones del agujero de la explosión (incluyendo agua en los agujeros), y necesarios para lograr resultados satisfactorios.
- Se deben ensamblar y fijar los explosivos al cable de detonación, de acuerdo con la ficha técnica del producto y las recomendaciones e instrucciones del fabricante del explosivo.
- La carga inferior en un agujero puede ser mayor que las cargas superiores, pero no lo suficientemente grande como para causar una explosión excesiva. Se debe colocar la carga superior lo suficientemente debajo del collar y lo suficientemente reducida en tamaño para evitar el rompimiento excesivo o perturbación en la superficie del terreno.
- Se debe usar un material seco, angular y granular que pase un tamiz de 9,5 mm (3/8 de pulgada) para detener los agujeros, desde la carga superior hasta el collar del orificio.

En cualquier caso, debe ser responsabilidad del constructor la conservación de la excavación hasta que haya sido rellenada.

210.4.1.5.7 Divulgación de los trabajos y horarios de ejecución de las actividades

Los siguientes requisitos se deben tener en cuenta para la programación y la difusión de la ejecución de las voladuras:

- Coordinar la ejecución de las voladuras con el interventor y notificarlo, con un mínimo de dos horas (2 h) antes de la voladura. Se debe proponer un plazo de una hora (1 h) para la explosión. Por ejemplo, si el constructor notifica al interventor antes de las nueve horas (09 h 00), la explosión puede ocurrir entre las once y las doce horas (11 h 00 – 12 h 00).
- Notificar a los ocupantes de edificios y propietarios de estructuras y servicios públicos, sobre el tiempo y la ubicación de la explosión, al menos setenta y dos horas (72 h) antes de las voladuras.
- Detonar las explosiones a la hora prevista, a menos que el interventor diga lo contrario.

Los trabajos de detonación se deben realizar en un horario comprendido entre las siete y las dieciocho horas (07 h 00 — 18 h 00) para

no intervenir en las actividades nocturnas de las vecindades, a menos que el interventor no lo considere relevante.

210.4.1.6 Transiciones de corte a terraplén y viceversa

En los sitios de transición, la excavación se debe ampliar hasta que el terraplén penetre en ella en toda su sección. En la transición de corte a terraplén y viceversa se deben construir escalones, con el ancho adecuado para el correcto trabajo de los equipos de construcción, de tal forma que se eliminen totalmente eventuales planos de contacto inclinados, que constituyan riesgo de inestabilidad en el terraplén. Tales escalones se deben construir de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor.

210.4.1.7 Ensanche o modificación del alineamiento de calzadas existentes

En los proyectos de mejoramiento de vías donde el afirmado existente se ha de conservar, los procedimientos que utilice el constructor deben permitir la ejecución de los trabajos de ensanche o modificación del alineamiento, evitando la contaminación del afirmado con materiales arcillosos, orgánicos o vegetales. Los materiales excavados se deben cargar y transportar hasta los sitios de utilización o disposición aprobados por el interventor.

Así mismo, el constructor debe garantizar el tránsito y conservar la superficie de rodadura existente.

Si el proyecto exige el ensanche del afirmado existente, las fajas laterales se deben excavar hasta el nivel de subrasante. Posteriormente, a esta capa se le debe dar el tratamiento indicado en el numeral 210.4.1.4.

En las zonas de ensanche de terraplenes, el talud existente se debe cortar en forma escalonada, de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto y las indicaciones del interventor.

210.4.1.8 Taludes

La excavación de los taludes se debe realizar de acuerdo con las dimensiones y los niveles establecidos en los documentos del proyecto con aprobación del interventor. Esta se debe efectuar de forma adecuada para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.

Cuando sea preciso adoptar medidas especiales para la protección superficial del talud, tales como plantaciones superficiales, revestimientos, etc., bien porque estén previstas en los documentos del proyecto o porque sean ordenadas por el interventor, estos trabajos se deben realizar inmediatamente después de la excavación del talud.

En el caso de que los taludes presenten deterioro antes del recibo definitivo de las obras, el constructor debe eliminar los materiales desprendidos o movidos y realizar urgentemente las correcciones complementarias ordenadas por el interventor. Si dicho deterioro es imputable a una mala ejecución de las excavaciones, el constructor es responsable por los daños ocasionados y, por tanto, las correcciones se deben efectuar a su costa.

210.4.2 Excavación de canales

La construcción de los canales, las zanjas de drenaje, las zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de las obras similares y los cauces naturales, se debe efectuar de acuerdo con los alineamientos, las secciones y las cotas indicados en los documentos del proyecto. En general, en esta clase de obras la pendiente longitudinal no debe ser menor de cero coma veinticinco por ciento (0,25 %), salvo que el interventor dé una autorización en sentido contrario por escrito. Las excavaciones se deben iniciar por el extremo aguas abajo de la obra.

Se deben realizar las obras auxiliares requeridas para ejecutar las obras en seco cuando sea posible. En caso de no poder drenar la excavación por gravedad, se debe realizar por bombeo.

Toda desviación de las cotas y las secciones especificadas, especialmente si causa estancamiento de agua o erosión, debe ser subsanada por el constructor, hasta ser aprobada por el interventor, y sin costo adicional para INVÍAS.

Es responsabilidad del constructor la conservación de la excavación para canales hasta que sea recibida y aprobada por el interventor, junto con las demás obras que se estén ejecutando.

Los canales que, de acuerdo con los documentos del proyecto, deban ser ejecutados en el pie del talud, se deben excavar de forma que el terreno afectado no pierda resistencia debido a la deformación de las paredes del canal o a un drenaje defectuoso de este. El canal se debe mantener abierto, el tiempo mínimo indispensable. Cuando se haga uso de material de relleno para mantenerlo abierto, este se debe compactar cuidadosamente. Así mismo, se debe tener especial cuidado en limitar la longitud del canal abierto al mismo tiempo, con el fin de disminuir los efectos antes mencionados.

210.4.3 Disposición de materiales sobrantes provenientes de la excavación

Los materiales sobrantes de la excavación se deben colocar, de acuerdo con las instrucciones del interventor y en zonas aprobadas por este. Se deben usar de preferencia para el tendido de los taludes de terraplenes o para emparejar las zonas laterales de la vía. Se deben disponer de tal forma que no ocasionen ningún perjuicio al drenaje de la carretera o a los terrenos que ocupen, a la visibilidad en la vía ni a la estabilidad de los taludes o del terreno al lado y debajo de la carretera. Todos los materiales sobrantes se deben extender y emparejar, de tal modo que permitan el drenaje de las aguas alejándolas de la vía, sin estancamiento y sin causar erosión, y se deben conformar para presentar una buena apariencia.

En el caso de la excavación por voladura en roca, su ejecución debe proporcionar un destino adecuado definitivo al material resultante del mismo, sin requerir pago para las operaciones de ajuste de la granulometría del material resultante, salvo que dichas operaciones se encuentren incluidas en otra unidad de obra.

Cuando los materiales sobrantes no se puedan emplear en las obras del proyecto, se

deben transportar y disponer en vertederos, conforme a lo indicado en los documentos del proyecto, las especificaciones particulares o las instrucciones del interventor y se debe atender especialmente lo indicado en el artículo 106, Aspectos ambientales.

210.4.4 Excavación en zonas de préstamo

Los materiales adicionales que se requieran para los terraplenes o rellenos del proyecto se deben obtener mediante el ensanche de las excavaciones del proyecto, si ello es posible y está autorizado, o de zonas de préstamo, previamente aprobadas por el interventor.

En la excavación de préstamos se debe seguir todo lo pertinente a los procedimientos de ejecución de las excavaciones de la explanación y canales.

Los préstamos se deben excavar disponiendo las medidas oportunas de drenaje que impidan que se pueda acumular agua en ellos. El material inadecuado se debe depositar de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto o lo que el interventor disponga. Los taludes de los préstamos deben ser estables, y una vez terminada su explotación, se deben acondicionar de forma que no dañen el aspecto general del paisaje y perduren estables en el tiempo. No deben ser visibles desde la carretera terminada, ni desde cualquier otro punto con especial impacto paisajístico negativo, y se debe cumplir la normativa existente respecto de su posible impacto ambiental. En lo posible, se debe contar con un plan de manejo ambiental que recupere las áreas afectadas por las actividades propias del préstamo.

210.4.5 Sobreexcavación

Se considera como sobreexcavación, el retiro o ablandamiento de materiales, por fuera de los alineamientos o las cotas indicados en los documentos del proyecto. Las sobreexcavaciones no se deben pagar y el constructor está obligado a ejecutar a su propia costa los rellenos necesarios por esta causa, de acuerdo con las especificaciones y la aprobación del interventor.

Toda sobreexcavación que haga el constructor, por negligencia o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, corre por su cuenta y el interventor puede suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas. En estos casos, el constructor debe rellenar por su cuenta estas sobreexcavaciones con los materiales y los procedimientos adecuados y aprobados por el interventor de manera que se restauren las condiciones iniciales del sitio.

210.4.6 Hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico

En caso de algún descubrimiento de ruinas prehistóricas, sitios de asentamientos indígenas o de época colonial, reliquias, fósiles, meteoritos u otros objetos de interés arqueológico, paleontológico o minerales de interés comercial o científico durante la ejecución de las obras, el constructor debe tomar de inmediato medidas para suspender transitoriamente los trabajos en el sitio del descubrimiento y debe notificar al interventor, quien debe dar aviso a INVÍAS y a la autoridad oficial que tenga a cargo la responsabilidad de investigar y evaluar dichos hallazgos. El

constructor, a pedido del interventor, debe colaborar en su protección.

Cuando la investigación y la evaluación de los hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico retrase el avance de la obra, el interventor debe efectuar en conjunto con el constructor, los ajustes pertinentes en el programa de trabajo.

210.4.7 Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el constructor debe limpiar y conformar las zonas laterales de la vía, las de préstamo y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y las indicaciones del interventor.

210.4.8 Referencias topográficas

Durante la ejecución de la excavación para explanación, canales y préstamos, el constructor debe mantener, sin alteración, todas las referencias topográficas y las marcas especiales para limitar las áreas de trabajo.

210.4.9 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de excavación de la explanación, canales y préstamos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

210.4.10 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, todas las labores de excavación de la explanación, canales y préstamos se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

En particular, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cuando se estén efectuando las excavaciones, se debe tener cuidado para que no se presenten depresiones y hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales.
- Los materiales sobrantes de las excavaciones se deben disponer conforme lo establece el numeral 210.4.3.
- Si está previsto el revestimiento vegetal de los taludes con material de descapote, este se debe efectuar inmediatamente después de culminada la excavación.
- El material de descapote de las zonas de préstamo debe ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área excavada, reintegrándolo al paisaje.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del

proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

210.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

210.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado para la ejecución de los trabajos.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Verificar el alineamiento, el perfil y la sección de las áreas excavadas.
- Comprobar que toda superficie para base de terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia orgánica.
- Verificar la compactación del fondo de la excavación, cuando corresponda.

El interventor debe verificar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos. Además, debe medir, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el constructor de acuerdo con la presente especificación.

210.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

210.5.2.1 Acabado

El trabajo de excavación se debe dar por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección estén de acuerdo con los documentos del proyecto y la aprobación del interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la excavación no debe ser menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no debe variar en más de tres centímetros (3 cm) con respecto a la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

En las cunetas, las cotas de fondo no deben diferir en más de tres centímetros (3 cm) de las proyectadas, así como el relleno de las grietas u oquedades que se pudieron producir en el desarrollo de los trabajos. Así mismo, la excavación debe estar libre de materiales sueltos o materia vegetal.

Es indispensable que la disposición de los residuos de la excavación se haya realizado en la forma y los sitios indicados en los documentos del proyecto.

210.5.2.2 Compactación de la subrasante

Para efectos de la verificación de la compactación de la subrasante que se especifica en el numeral 210.4.1.4.2, se debe definir como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de subrasante compactada en su ancho total.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de subrasante compactada.
- El área de subrasante compactada con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de la subrasante en el terreno se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante, se debe calcular su grado de compactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [210.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [210.2]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 (ensayo normal de compactación) o INV E-142 (ensayo modificado de compactación).

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo, según las normas de ensayo INV E-141 o INV E-142, y corregido por sobretamaños, según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141 o INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

Para suelos de subrasante que clasifican como A-1, A-2-4 y A-3, el valor del peso unitario seco máximo se debe obtener según la norma de ensayo INV E-142 y el lote se acepta si:

$$GC_i\,(90) \geq 95{,}0\% \quad [210.3]$$

Para otros materiales de subrasante, el valor del peso unitario seco máximo se debe obtener

según la norma de ensayo INV E-141 y el lote se acepta si:

$$GC_l\ (90) \geq 100{,}0\% \quad [210.4]$$

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la subrasante.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

210.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material excavado en su posición original. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El material para el relleno de grietas u oquedades se debe determinar con la cantidad de recipientes puestos en obra, tomando como unidad el litro (L) de material de relleno aplicado, con aproximación de cinco décimas (0,5), según su tipo.

Todas las excavaciones para explanación, canales y préstamos deben ser medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversales del proyecto, original o modificado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutado el trabajo de excavación

Si el constructor modifica el perfil de la excavación antes de que el interventor realice la medición, o en el caso en el que el constructor cierre la excavación antes de conformada la medición, se debe entender que se acoge a lo que unilateralmente determine el interventor.

No se deben medir las excavaciones que el constructor haya efectuado por negligencia o por conveniencia por fuera de las líneas de pago del proyecto. Si dicha sobreexcavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, el constructor debe rellenar y compactar los respectivos espacios sin costo adicional para INVÍAS, usando materiales y procedimientos aceptados por el interventor.

En las zonas de préstamo, solamente se debe medir en su posición original los materiales efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes y pedraplenes; alternativamente, se puede establecer la medición de los volúmenes de materiales de préstamo utilizados, en su posición final en la vía, reduciéndolos a su posición original mediante la relación de las densidades secas determinadas por el interventor, teniendo en cuenta la corrección de partículas gruesas establecida por la norma INV E-143, siempre que ella se requiera.

No se debe medir ni autorizar pagos para los volúmenes de material removido de derrumbes, durante los trabajos de excavación de taludes cuando, a criterio del interventor y por

instrucción de este, ellos fueren causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del constructor.

210.7 Forma de pago

El trabajo de excavación se debe pagar al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por este.

El precio unitario para la excavación debe cubrir todos los costos por concepto de excavación, remoción, cargue, acarreo libre, y descargue en la zona de utilización o desecho. Se debe considerar la mano de obra, equipos y herramientas utilizadas.

Debe cubrir, además, los costos de conformación y protección de la subrasante; los costos de compactación de la subrasante cuando corresponda, según se indica en el numeral 210.4.1.4.2; la conformación de las zonas laterales y las de préstamo y disposición de sobrantes; los costos de perforación en roca, precortes, explosivos y voladuras; la excavación de zanjas u obras similares y el mejoramiento de esas mismas obras o de cauces naturales; y la limpieza final.

El constructor debe considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización.

En las zonas del proyecto donde se deba realizar trabajo de descapote, el precio unitario debe cubrir el almacenamiento de los materiales necesarios para las obras y, cuando ellos se acordonen a lo largo de futuros terraplenes, su posterior traslado y extensión sobre los taludes de estos, así como el traslado y la extensión sobre los taludes de los cortes donde esté proyectada su utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario debe cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el interventor. Para efectos de pago, de los volúmenes de excavación se deben descontar aquellos que se empleen en la construcción de mamposterías, concretos, filtros, y subbases, bases y capas de rodadura tanto de pavimentos asfálticos como de pavimentos rígidos.

En los proyectos de ensanche o de modificación del alineamiento de calzadas existentes, donde se debe garantizar el tránsito, el constructor debe considerar en su precio unitario la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, así como todos los costos por concepto de la conservación de la superficie de rodadura existente.

El precio unitario para la excavación de préstamos debe cubrir todos los costos de desmonte, limpieza y descapote, entendiéndose en este caso como descapote la remoción necesaria de material para acceder al estrato apto de las zonas de préstamo; la excavación, cargue, acarreo libre y descargue de los materiales de préstamo efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes o pedraplenes; los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y de alquiler de las fuentes de materiales de préstamo; el drenaje de las zonas de préstamo, y los costos de adecuación paisajística de las zonas de préstamo para recuperar las

características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el artículo 106, Aspectos ambientales.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

No debe haber pago por las excavaciones y disposición o desecho de los materiales no utilizados que se hayan obtenido en las zonas de préstamo.

El transporte de los materiales provenientes de las excavaciones a una distancia mayor a cien metros (100 m) de acarreo libre se debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes.

210.8 Ítem de pago

Opción 1: excavación sin clasificar

Ítem	Descripción	Unidad
210.1.1	Excavación sin clasificar de la explanación y canales	Metro cúbico (m^3)
210.1.2	Excavación sin clasificar de préstamos	Metro cúbico (m^3)
210.1.3	Material para el relleno de grietas y oquedades	Litro (L)

Opción 2: excavación clasificada

Ítem	Descripción	Unidad
210.2.1	Excavación en roca de la explanación y canales	Metro cúbico (m^3)
210.2.2	Excavación en material común de la explanación y canales	Metro cúbico (m^3)
210.2.3	Excavación en roca de préstamos	Metro cúbico (m^3)
210.2.4	Excavación en material común de préstamos	Metro cúbico (m^3)
210.2.5	Material para el relleno de grietas y oquedades	Litro (L)

210.9 Glosario

210.9.1 Excavación de la explanación

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas donde se va a fundar la carretera, incluyendo taludes y cunetas, así como la escarificación, la conformación y la compactación de la subrasante en corte.

Además, incluye las excavaciones necesarias para el ensanche o la modificación del alineamiento horizontal o vertical de calzadas existentes.

210.9.2 Excavación de canales

El trabajo comprende las excavaciones necesarias para la construcción de canales, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares existentes y de cauces naturales.

210.9.3 Excavación en zonas de préstamo

El trabajo comprende el conjunto de las actividades para explotar los materiales adicionales a los volúmenes provenientes de la excavación de la explanación, requeridos para la construcción de los terraplenes o los pedraplenes.

Remoción de derrumbes

Artículo 211 – 22

211.1 Descripción

211.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la remoción, el desecho y la disposición o la remoción, el cargue, el transporte hasta la distancia de acarreo libre, el descargue y la disposición de los materiales provenientes del desplazamiento de taludes o de laderas, depositados sobre una vía existente o en construcción, y que se convierten en obstáculo para la utilización normal de la vía o para la ejecución de las obras.

Todo movimiento de tierras correspondiente a un movimiento en masa complejo debe ser acompañado de un geotecnista, para que avale la metodología para la remoción del material.

Un movimiento en masa complejo se define como la unión de dos o más movimientos en masa de los descritos en la clasificación de Varnes (1978).

El trabajo se debe hacer de acuerdo con esta especificación y las instrucciones del interventor, quien debe exigir su aplicación desde la entrega de la vía al constructor, hasta su recibo definitivo.

211.1.2 Clasificación

Si el derrumbe se produce durante la ejecución de los cortes proyectados y dentro de sus límites, su remoción se debe medir y pagar, de acuerdo con el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos. Si procede de áreas fuera de los cortes proyectados o si ocurre antes o después de ejecutar los trabajos de excavación, se debe medir y pagar, de acuerdo con la presente especificación.

Para efectos de esta clasificación, se considera terminado el trabajo de remoción cuando la explanación está acabada, de acuerdo con los documentos del proyecto y las especificaciones, y aprobada por el interventor.

211.2 Materiales

Los materiales por remover son los provenientes del derrumbe.

211.3 Equipo

Los equipos para la remoción de derrumbes están sujetos a la aprobación del interventor y deben ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

211.4 Ejecución de los trabajos

Para la ejecución de los trabajos, el constructor debe realizar un plan de trabajo donde se especifiquen las condiciones y cada una de las acciones por realizar, para la remoción del derrumbe.

211.4.1 Plan de trabajo

El constructor debe realizar un plan de trabajo por cada derrumbe que pretenda remover, donde debe especificar lo siguiente:

- Localización satelital del derrumbe.
- Material del que se compone el derrumbe.
- Contexto geológico-geotécnico en el que se encuentra el derrumbe.
- Descripción de los daños ocasionados (si los hay) que se presentaron por el derrumbe.
- Esquema del derrumbe, donde se evidencie en detalle, la localización y el contexto geológico-geotécnico.
- Descripción del procedimiento para la remoción del derrumbe, sin que se ocasionen nuevos desprendimientos de material.
- Comentarios adicionales del geotecnista, cuando sea requerido.

Cuando, a criterio del interventor y por instrucción de este, se trate de movimientos complejos, el plan debe estar avalado por un geotecnista calificado, para iniciar las actividades de remoción. En el caso en que se requiera con urgencia adelantar los trabajos de remoción del derrumbe, se debe contar con la aprobación del interventor para que el documento sea presentado después de iniciadas las labores de remoción.

211.4.2 Remoción del derrumbe

El constructor debe emprender el trabajo en los sitios afectados de la vía, cuando lo solicite el interventor.

Cuando ocurra un derrumbe, el constructor debe colocar inmediatamente señalización que indique, durante el día y la noche, la presencia del obstáculo, de acuerdo con las disposiciones vigentes del Ministerio de Transporte y del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS); así mismo, es el responsable de mantener la vía transitable.

La remoción del derrumbe se debe efectuar en las zonas indicadas por el interventor y considerando siempre la estabilidad del talud aledaño a la masa de suelo desplazada y de las construcciones vecinas, así como la vida del personal de la obra y las vecindades.

Si el material del derrumbe cae sobre cauces naturales en la zona de la vía, obras de drenaje, subrasantes, subbases, bases y pavimentos terminados, se debe extraer con las precauciones necesarias, sin causar daños a las obras, las cuales se deben limpiar totalmente. Todo daño atribuible por el interventor a descuido o negligencia del constructor debe ser reparado por este, sin costo alguno para INVÍAS.

Si el constructor considera que el material movilizado por el derrumbe puede ser útil para la puesta en obra que esté realizando en ese momento, se deben ejecutar los controles de calidad adecuados, de conformidad con estas especificaciones y las disposiciones legales vigentes, que cumplan con las condiciones de diseño de las estructuras que se

estén realizando. Para la utilización de estos materiales, el interventor, con base en fundamentos técnicos, debe dar el aval para su uso a partir de la evaluación de los mismos.

Los materiales provenientes de los derrumbes se deben disponer de la misma manera que el material sobrante de las excavaciones, conforme se determina en el artículo 210.

211.4.3 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de remoción de derrumbes no se deben realizar en momentos de lluvia ni con posterioridad inmediata a esta.

Los trabajos de remoción de derrumbes se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

211.4.4 Manejo ambiental

A pesar de la urgencia con la cual se debe desarrollar generalmente esta actividad, y en adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, ella se debe adelantar en cumplimiento de las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Cuando el sitio de disposición de los escombros autorizado no se encuentre en cercanías al sitio de trabajo, el constructor puede hacer un acopio temporal de los materiales, con la debida autorización del interventor. Cuando se realicen acopios temporales, se debe garantizar en todo caso, la estabilidad de los materiales, así como el menor impacto al ambiente posible.

Estrictamente, se debe evitar verter los materiales provenientes del derrumbe en cursos o láminas de agua o en áreas habitadas.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

211.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

211.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos.
- Comprobar la calidad del material del derrumbe cuando se quiera poner en obra, de conformidad con estas especificaciones y las disposiciones legales vigentes.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.

Cuando el derrumbe haya ocurrido producto de un manejo inadecuado o falta de previsión del constructor, los costos de remoción, desecho, transporte y disposición de los materiales deben correr por su cuenta, sin que INVÍAS o la autoridad correspondiente se vea implicada económicamente, a menos que el interventor justifique detalladamente la razón de la no responsabilidad del constructor.

El interventor debe medir, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el constructor, de acuerdo con la presente especificación.

211.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El trabajo de remoción de derrumbes debe ser aceptado cuando se ejecute de acuerdo con esta especificación y con las indicaciones del interventor, y se complete hasta ser aprobado por este.

La remoción del derrumbe se considera completa cuando la vía se encuentre limpia y libre de obstáculos; de igual forma, que obras de drenaje funcionen normalmente y se realice una adecuación ambiental que mitigue el efecto del suceso ocurrido.

Luego de removido el material, se debe enviar una copia del plan de trabajo a INVÍAS con los comentarios finales del geotecnista, cuando así se considere conveniente por el interventor.

211.6 Medida

La unidad de medida para la remoción de derrumbes debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico entero, de material efectivamente retirado de cualquier parte de la vía.

El volumen de material removido, desechado y dispuesto se debe medir en estado suelto, verificado por el interventor, con base en el número de viajes transportados.

No se deben determinar los volúmenes de derrumbes que, a criterio del interventor, fueron causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del constructor.

211.7 Forma de pago

La remoción de derrumbes se debe pagar al precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente, de acuerdo con la presente especificación y aceptado por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de remoción, cargue, transporte hasta la distancia de acarreo libre de cien metros (100 m), descargue, desecho y disposición de cualquier material; debe incluir, también, los costos por mano de obra, señalización preventiva de la vía, control del tránsito automotor, limpieza y restablecimiento del funcionamiento de las obras de drenaje obstruidas por los materiales de derrumbe.

No se deben autorizar pagos para los volúmenes de material de derrumbes, si los materiales se descargan sobre obras del proyecto o en áreas no autorizadas por el interventor.

Tampoco se deben autorizar pagos para los volúmenes de material de derrumbes, causados por procedimientos inadecuados o negligencia del constructor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

El transporte de material de derrumbe a una distancia mayor de cien metros (100 m) de acarreo libre, se debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 900, Transporte de Materiales provenientes de excavaciones y derrumbes.

En caso de utilizar el material de derrumbe como material de obra, este debe ser descontado del ítem de pago, de acuerdo con el fin para el cual se vaya a emplear. Con esto, se busca que no se cobre doble vez por un material que debe ser puesto en obra, independientemente de la calidad que este tenga.

211.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
211.1	Remoción de derrumbes	Metro cúbico (m^3)

Terraplenes

Artículo 220 – 22

220.1 Descripción

220.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la extensión y la compactación por capas, de los materiales cuyas características se definen en el numeral 220.2 de este artículo, en zonas de dimensiones controladas que permitan, de forma sistemática, utilizar maquinaria pesada con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente la estructura de pavimento de una carretera, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Su ejecución comprende las siguientes operaciones, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, descapote y retiro del material inadecuado, demolición, drenaje y subdrenaje:

- Preparación de la superficie de apoyo para el relleno mediante escarificación, nivelación o compactación.
- Extensión de los materiales adecuados, de acuerdo con esta especificación para cada capa y zona del terraplén.
- Humedecimiento o secado de los materiales de la capa.
- Conformación y compactación de cada capa del terraplén.

220.1.2 Partes del terraplén

En los rellenos tipo terraplén se distinguen cuatro partes, cuya geometría es definida por el proyecto:

- Corona (capa subrasante): parte superior del terraplén en la cual se apoya la estructura de pavimento. Debe tener un espesor de cincuenta centímetros (50 cm), salvo cuando los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- Cimiento: parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Debe tener un espesor mínimo de un metro (1 m) salvo cuando los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- Núcleo: parte del relleno tipo terraplén comprendida entre el cimiento y la corona.
- Espaldón: parte exterior del relleno tipo terraplén que, ocasionalmente constituye o forma parte de los taludes de este. El material del espaldón debe envolver lateralmente el núcleo protegiéndolo de los agentes externos. No forman parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural entre los cuales se consideran plantaciones, cubierta de tierra vegetal, protecciones antierosión, etc.

220.2 Materiales

220.2.1 Requisitos de los materiales

Los materiales que se empleen para la construcción de terraplenes deben provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas por el interventor. Sus características deben estar determinadas, de acuerdo con su uso en diferentes zonas del terraplén, garantizando en todos los casos la puesta en obra en condiciones aceptables, la estabilidad de la obra y deformaciones tolerables, a corto y largo plazo para las condiciones de servicio del proyecto.

Además de los suelos naturales, se pueden utilizar en terraplenes los productos procedentes de procesos industriales o de manipulación humana, siempre que cumplan las especificaciones de este artículo y que sus características fisicoquímicas garanticen la estabilidad presente y futura del conjunto. Cuando se empleen bloques de concreto reciclado como materiales para la construcción, estos se deben reducir a un tamaño máximo de veinticinco centímetros (25 cm) y no deben tener acero protuberante en más de uno coma cinco centímetros (1,5 cm) de su superficie. En todo caso se debe aplicar lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del constructor y los debe realizar, de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, teniendo como referencia las especificaciones del proyecto o los requisitos establecidos en la presente especificación.

Se deben cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto o en caso de no estar definidos, se deben cumplir los requisitos expuestos en el numeral 220.2.2 de este artículo.

220.2.2 Clasificación de materiales

Desde el punto de vista de sus características intrínsecas, los materiales se clasifican en los siguientes tipos (todos los valores porcentuales indicados, salvo que se especifique lo contrario, se refieren a porcentaje en peso):

220.2.2.1 Suelos seleccionados

Se deben considerar suelos seleccionados aquellos que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al cero coma dos por ciento ($MO < 0{,}2$ %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua inferior al cero coma dos por ciento ($SS < 0{,}2$ %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a cien milímetros ($D_{máx} \leq 100$ mm) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40) menor o igual al quince por ciento ($PP_{40} \leq 15$ %) según la norma INV E-123 o que en caso contrario cumpla todas las siguientes condiciones:
  - Porcentaje que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro. 10) menor del ochenta por ciento ($PP_{10} < 80$ %) según la norma INV E-123.
  - Porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), menor del setenta y cinco por

ciento (PP_{40} < 75 %) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) inferior al veinticinco por ciento (PP_{200} < 25 %) según la norma INV E-123.
- Límite líquido menor de treinta por ciento (LL < 30 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Índice de plasticidad menor de diez por ciento (IP < 10 %), según las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).

- Material no colapsable según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

220.2.2.2 Suelos adecuados

Se consideran suelos adecuados aquellos que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados y que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al uno por ciento (*MO* < 1 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua inferior al cero coma dos por ciento (*SS* < 0,2 %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a cien milímetros ($D_{máx}$ ≤ 100 mm) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro.10), menor del ochenta por ciento (PP_{10} < 80 %) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) inferior al treinta y cinco por ciento (PP_{200} < 35 %) según la norma INV E-123.
- Límite líquido inferior a cuarenta por ciento (LL < 40 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Si el límite líquido es superior a treinta por ciento (LL > 30 %) el índice de plasticidad debe ser superior a cuatro por ciento (IP > 4 %), según las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).
- Expansión libre en edómetro inferior al dos por ciento (< 2 %), según la norma ASTM D4546.
- Material no colapsable según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

220.2.2.3 Suelos tolerables

Se deben considerar como suelos tolerables aquellos que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados y que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento (*MO* < 2 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en otras sales solubles inferior al uno por ciento (*SS* < 1 %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a ciento cincuenta milímetros ($D_{máx}$ ≤ 150 mm) según la norma INV E-123.
- Límite líquido inferior a sesenta y cinco por ciento (LL < 65 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Si el límite líquido es superior o igual a cuarenta por ciento (LL ≥ 40 %) el índice de plasticidad debe ser mayor de cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido

(IP > 0,73 * (LL - 20%)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1) Por lo tanto, si el límite líquido está entre treinta por ciento y cuarenta por-ciento, (30 % ≤ LL < 40 %), el índice de plasticidad debe ser menor o igual a cuatro por ciento (IP≤ 4 %), según las normas INV E-125 e INV E-126.

- Índice de colapso inferior al uno por ciento (< 1 %), según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).
- Expansión libre en edómetro inferior al tres por ciento (< 3 %), según la norma ASTM D4546.

220.2.2.4 Suelos marginales

Se deben considerar como tales los que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados, adecuados o tolerables, por el incumplimiento de alguna de las condiciones indicadas para estos y que cumplen las siguientes condiciones:

- Porcentaje de material que pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada) mayor al setenta por ciento (> 70 %) o porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) mayor al treinta y cinco por ciento (> 35 %), según la norma INV E-123.
- Contenido en materia orgánica inferior al cinco por ciento (*MO* < 5 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Expansión libre en edómetro inferior al cinco por ciento (< 5 %), según la norma ASTM 4546.
- Límite líquido superior o igual a cuarenta por ciento (LL ≥ 40 %). Si el límite líquido está entre cuarenta por ciento y sesenta y cinco por ciento (40 % ≤ LL < 65 %), el índice de plasticidad debe ser menor o igual a cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido (IP ≤ 0,73 * (LL - 20 %)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126. Si el límite líquido es superior a noventa por ciento (LL > 90 %), el índice de plasticidad debe ser inferior a cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido (IP < 0,73 * (LL - 20 %)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).

220.2.2.5 Suelos inadecuados

Se deben considerar suelos inadecuados:

- Los que no se puedan incluir en las categorías anteriores (ver Figura 220-1).
- Las turbas y otros suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos.
- Los que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre los mismos se desarrollen.

220.2.3 Empleo según zonas del terraplén

De acuerdo con las disposiciones del numeral 220.2.1 y la clasificación de materiales del numeral 220.2.2 del presente artículo, los materiales por emplear en las diferentes zonas del terraplén deben ser los siguientes, a menos que los documentos del proyecto indiquen lo contrario:

220.2.3.1 Corona

Se deben utilizar suelos adecuados o seleccionados siempre que su capacidad de soporte cumpla los requisitos técnicos del proyecto y su índice CBR, correspondiente a

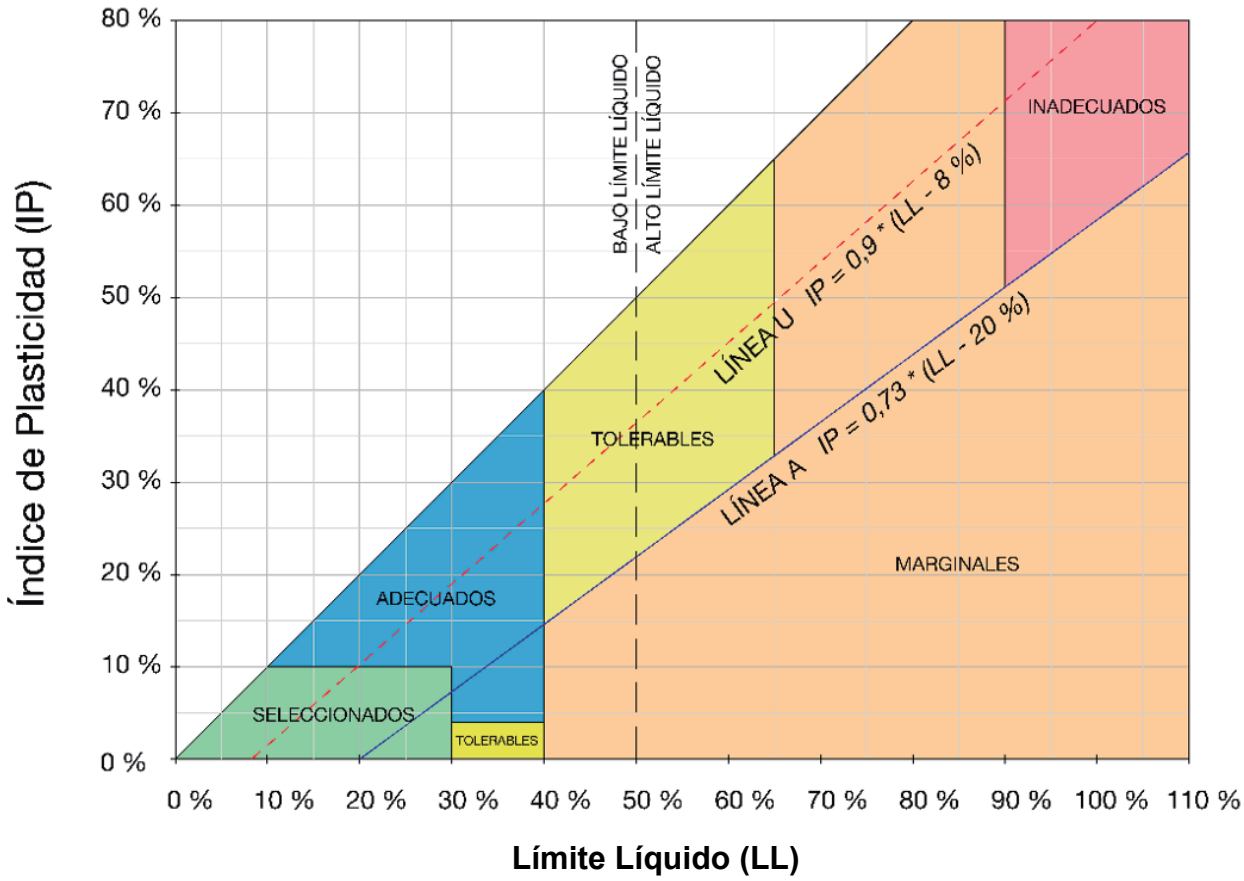


Figura 220 — 1. Criterios de clasificación de materiales según Plasticidad
Fuente: Realizada con base en Dirección General de Carreteras (2002), en Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carretera y Puentes (PG-3).

las condiciones de compactación de puesta en obra, sea como mínimo de cinco (CBR ≥ 5), según la norma INV E-148.

En esta zona no se deben usar suelos tolerables, marginales, expansivos o colapsables. Cuando bajo la corona exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles, según la norma INV E-158, mayor del dos por ciento (2 %), la corona debe evitar la infiltración de agua hacia el resto del terraplén, mediante la compactación y el tipo de material o mediante la utilización de medidas complementarias.

220.2.3.2 Cimiento

En el cimiento se deben utilizar suelos tolerables, adecuados o seleccionados siempre que las condiciones de drenaje o estanqueidad lo permitan, que las características del terreno de apoyo sean adecuadas para su puesta en obra y siempre que el índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres (CBR ≥ 3), según la norma INV E-148.

220.2.3.3 Núcleo

Se deben utilizar suelos tolerables, adecuados o seleccionados, siempre que su índice

CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres (CBR ≥ 3), según la norma INV E-148.

La utilización de suelos marginales o de suelos con índice CBR menor de tres (CBR < 3) debe estar condicionada por problemas de resistencia, deformabilidad y puesta en obra, por lo que su empleo se debe justificar mediante un estudio especial, aprobado por el interventor, conforme a lo indicado en el numeral 220.2.4 de este artículo. La posible utilización de suelos colapsables, expansivos, con sales solubles, con materia orgánica o de cualquier otro tipo de material marginal (según la clasificación del numeral 220.2.2), se debe regir por lo indicado en el numeral 220.2.4 de este artículo.

220.2.3.4 Espaldones

Se deben utilizar materiales que satisfagan las condiciones que defina el proyecto, en cuanto a impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.

No se deben usar en estas zonas suelos marginales expansivos o colapsables, según lo definido en el numeral 220.2.4 de este artículo.

Cuando en el núcleo exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles, según la norma INV E-158, mayor del dos por ciento (2 %), los espaldones deben evitar la infiltración de agua hacia el núcleo bien por la naturaleza y la compactación del material o mediante la adopción de medidas complementarias.

220.2.3.5 Materiales estabilizados

En el cimiento, núcleo y corona del terraplén, se pueden emplear materiales estabilizados o mejorados, mediante métodos técnicamente reconocidos que cuenten con especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). En ausencia de ellas se puede recurrir al procedimiento indicado en el numeral 101.1 del artículo 101, Documentos de referencia y consulta, siempre y cuando los procedimientos de estabilización, mejora o secado cuenten con el aval del interventor. En todo caso, se debe verificar que se cumplan las especificaciones de desempeño de los documentos del proyecto y los requisitos de índice de CBR, expansividad y colapso descritos en los anteriores numerales. Para los materiales estabilizados o mejorados con cemento o cal se aplican, respectivamente, las disposiciones de los artículos 235, Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento, y 236, Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cal, de las presentes especificaciones.

220.2.4 Precauciones especiales para el uso de materiales marginales

Los suelos marginales, definidos en el numeral 220.2.2 de este artículo, se pueden utilizar en algunas zonas de la obra, siempre que su uso se justifique mediante un estudio especial, aprobado por el interventor.
Este estudio de usos de materiales marginales debe contemplar explícitamente y con detalle, al menos los siguientes aspectos:

- Determinación y valoración de las propiedades que confieren al suelo su carácter marginal.

- Influencia de dichas características en los diferentes usos del suelo dentro de la obra. Posible influencia en el comportamiento o evolución de otras zonas o elementos de la obra.
- Estudio detallado donde se indiquen las características resistentes del material y los asentamientos totales y diferenciales esperados, así como la evolución futura de estas características.
- Conclusión justificada de los posibles usos del material en estudio.
- Cuidados, disposiciones constructivas y prescripciones técnicas por adoptar para los diferentes usos del suelo dentro de la obra.

En ningún caso se deben emplear suelos marginales un metro (1 m) bajo el nivel superior de la corona o los taludes del terraplén. En los siguientes numerales se detallan algunas consideraciones sobre el uso de distintos tipos de suelos en los terraplenes.

220.2.4.1 Suelos colapsables

Se deben considerar suelos colapsables aquellos en los que una muestra remoldeada y compactada con la densidad y el contenido de agua del ensayo normal de compactación, según la norma INV E-141, sufra un asiento superior al uno por ciento (1 %) de la altura inicial de la muestra cuando se ensaye según la norma INV E-157 y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

Los suelos colapsables no se deben usar en la corona ni en los espaldones. Su uso en el núcleo y en el cimiento debe estar sujeto a un estudio especial que, teniendo en cuenta la funcionalidad del terraplén, el grado de colapsabilidad del suelo, las condiciones climáticas y de niveles freáticos, defina las disposiciones y cuidados por adoptar para su uso.

Se recomienda compactar estos suelos ligeramente del lado húmedo, en relación con el contenido de agua óptimo del ensayo de compactación de referencia. No obstante, el método de compactación definitivo debe ser definido en el estudio especial aprobado por el interventor.

220.2.4.2 Suelos expansivos

Se consideran suelos expansivos aquellos en los que en una muestra remoldeada y compactada con la densidad y contenido de agua óptimos del ensayo normal de compactación, según la norma INV E-141, supere un hinchamiento libre del tres por ciento (3 %) según la norma ASTM D4546.

Los suelos expansivos así definidos, no se deben utilizar en coronación ni en los espaldones ya que en estas zonas son más pronunciadas las variaciones estacionales del contenido de agua. Si resultara inevitable su empleo en el núcleo, se debe realizar un estudio especial que defina las disposiciones y los cuidados por adoptar durante la construcción, teniendo en cuenta la funcionalidad del relleno tipo terraplén, las características de permeabilidad de la coronación y espaldones, el hinchamiento libre y las condiciones climáticas.
No se puede usar en ningún caso aquellos suelos cuyo hinchamiento libre, sea superior al cinco por ciento (5 %).

Se recomienda compactar estos suelos ligeramente del lado húmedo, en relación con el contenido de agua óptimo del ensayo de compactación de referencia. No obstante, el

método de compactación definitivo debe ser definido en el estudio especial aprobado por el interventor.

220.2.4.3 Suelos con sales solubles

La utilización de materiales con sales solubles en agua debe ser la siguiente, de acuerdo con su contenido:

- Menor del cero coma dos por ciento (0,2 %): utilización en cualquier zona del terraplén.
- Entre el cero coma dos y el uno por ciento (0,2 % — 1 %): utilización en el núcleo del terraplén, sin necesidad de tomar precauciones especiales en coronación y espaldones.
- Mayor del uno por ciento (1 %): se requiere un estudio especial, aprobado expresamente por el interventor de las obras.

220.2.4.4 Suelos con materia orgánica

El contenido de materia orgánica se debe determinar según la norma INV E-121 o UNE 103204. Estas normas incluyen como materia orgánica todas las sustancias oxidables existentes en la muestra ensayada, por tanto, cuando las sustancias oxidables no orgánicas puedan influir de forma importante sobre los resultados obtenidos, el interventor puede autorizar que el contenido de materia orgánica se obtenga descontando los materiales oxidables no orgánicos, determinados según el método explícitamente aprobado por este.

La norma INV E-121 emplea el método de obtención por ignición, el cual en algunos materiales puede arrojar resultados mayores debido a la calcinación parcial de algunos minerales a la temperatura de ensayo. La norma UNE 103204 describe un método químico para la obtención de la materia orgánica por lo que puede ser usado en los casos en los que se sospecha menor confiabilidad de los métodos por ignición. Cuando se cuente con los resultados de ambos métodos, se debe dar prioridad a los obtenidos mediante métodos químicos. En rellenos tipo terraplén de hasta cinco metros (5 m) de altura, se puede admitir en el núcleo materiales con hasta un cinco por ciento ($MO \leq 5$ %) de materia orgánica, siempre que las deformaciones previsibles se hayan tenido en cuenta explícitamente en el proyecto.

Para terraplenes de más de cinco metros (5 m) de altura, el uso de suelos con porcentaje de materia orgánica superior al dos por ciento ($MO > 2$ %) se debe justificar con un estudio especial, aprobado por el interventor.

En la corona, el contenido de materia orgánica debe ser inferior al uno por ciento ($MO < 1$ %).

220.3 Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de terraplenes debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, y en cumplimiento de las exigencias de la presente especificación. Es responsabilidad del constructor su selección.

Dicho equipo debe ser mantenido en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo

y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo, en tanto que el constructor corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, son responsabilidad del constructor.

220.4 Ejecución de los trabajos

220.4.1 Generalidades

Los trabajos de construcción de terraplenes se deben efectuar siguiendo los procedimientos contemplados en los documentos del proyecto puestos a consideración del interventor y aprobados por este. Su avance físico se debe ajustar al programa de trabajo. Cuando los documentos del proyecto no especifiquen procedimientos se deben entender como requisitos mínimos los dispuestos en esta especificación.

Si los trabajos de construcción o ampliación de terraplenes afectan el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el constructor es responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.
Cuando se haya programado la construcción de las obras de arte previamente a la elevación del cuerpo del terraplén, no se debe iniciar la construcción de este antes de que las alcantarillas y los muros de contención se terminen en un tramo no menor de quinientos metros (500 m) adelante del frente del trabajo, en cuyo caso se deben concluir también, en forma previa, los rellenos de protección que tales obras necesiten.

220.4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, deben estar terminadas las labores de desmonte y limpieza, según se especifica en el artículo 200, Desmonte y limpieza; y las demoliciones de estructuras que se requieran, según se especifica en el artículo 201, Demolición y remoción.

Se debe excavar y retirar la capa vegetal y todo material inadecuado, según el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos. También se deben implementar las medidas de drenaje definitivo indicadas en los documentos del proyecto y de drenaje provisional contempladas por el constructor en su método constructivo. Si las condiciones del sitio requieren medidas adicionales para garantizar la estabilidad del terraplén, el interventor debe determinar los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base según los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 600, Excavaciones varias; y 673, Subdrenes con geotextil y material granular.

Cuando el terreno base esté limpio y drenado satisfactoriamente, se debe escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). En el caso de terraplenes cimentados sobre afirmados o pavimentos existentes, se deben escarificar al menos diez centímetros (10 cm) del material, el cual se debe reducir hasta alcanzar tamaños máximos de diez centímetros (10 cm), para luego regarse, mezclarse y compactarse. Cuando el terreno de fun-

dación sea roca o terreno rocoso, se debe fundar el terraplén directamente sobre este, en su estado natural.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se debe cortar en forma escalonada, de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo. Este procedimiento es obligatorio en pendientes transversales mayores de veinte por ciento (20 %).

Dado que las operaciones de desbroce, escarificado y escalonado de las pendientes dejan la superficie de terreno fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos, estos trabajos no se deben llevar a cabo sino hasta el momento previsto y en las condiciones oportunas, para reducir al mínimo el tiempo de exposición, salvo que se recurra a protecciones de la superficie.

Cuando lo señale los documentos del proyecto, la capa superficial de suelo existente que cumpla lo estipulado en el numeral 220.2, se debe mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.
En general y especialmente en las medias laderas donde, a corto y largo plazo, se prevea la presencia de agua en la zona de contacto del terreno con el relleno, se deben ejecutar las obras necesarias, recogidas en el proyecto, para mantener drenado dicho contacto.

Si el terraplén debe ser construido sobre turba o suelos blandos, se debe asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales. Si lo anterior fuera impráctico, se debe considerar su tratamiento previo y consolidación, o la utilización de otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, con el fin de resistir los esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado.

Si se encuentra considerado en los documentos del proyecto, la superficie de apoyo se puede preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se debe construir el cuerpo del terraplén. La colocación de los geosintéticos se debe realizar de conformidad con los documentos del proyecto y siguiendo las disposiciones del artículo 232, Estabilización de suelos de subrasante con geotextil.

En casos especiales, cuando los terraplenes se deban construir en zonas pantanosas, se debe colocar material en una (1) sola capa hasta la elevación mínima a la cual pueda trabajar el equipo. Por encima de dicha elevación, el terraplén se debe construir por capas que se deben compactar con los niveles de densificación señalados en el numeral 220.5.2.2.2.

220.4.3 Cuerpo del terraplén

El interventor solo debe autorizar la colocación de materiales de terraplén cuando el terreno base esté adecuadamente preparado, según se indica en el numeral 220.4.2 de este artículo.

El constructor debe colocar estacas espaciadas a no más de veinte metros (20 m) entre sí, que delimiten el pie del terraplén, dejando puntos de referencia, tanto altimétricos como

planimétricos, que permitan en cualquier momento reponer las estacas que se pierdan o deterioren.

Los suelos de escasa o nula cohesión se pueden emplear en la construcción del cuerpo del terraplén, siempre que dicho material quede confinado lateralmente con suelos cohesivos y no erosionables, y que cumplan lo estipulado para suelos seleccionados o adecuados en el numeral 220.2.2, en un ancho mínimo de un metro (1 m) medido horizontalmente desde la línea de talud hacia el cuerpo del terraplén.

El material del terraplén se debe colocar en capas sensiblemente paralelas y de espesor uniforme, el cual debe ser lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Este espesor no debe ser mayor a treinta centímetros (30 cm) antes de la compactación, salvo que se garantice alcanzar las densidades de diseño y el interventor autorice lo contrario. En todos los casos, el espesor de la capa debe ser superior a tres medios (3/2) del tamaño máximo del material a utilizar.

Los materiales de cada capa deben ser de características uniformes. No se debe extender ninguna capa, mientras no se haya comprobado que la subyacente cumple las condiciones de compactación exigidas. Se debe garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí. Cuando se trate de terraplenes nuevos, cada capa debe ser extendida y compactada a todo lo ancho de la sección transversal.

Es responsabilidad del constructor asegurar un contenido de agua que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén. En los casos especiales en que el contenido de agua del material sea considerablemente mayor que el adecuado para obtener la compactación prevista, y el exceso de agua no pueda ser eliminado por el sistema de aireación, el constructor debe proponer y ejecutar los procedimientos más convenientes para reducirlo con previa autorización del interventor.

Obtenido el contenido de agua más conveniente, se debe compactar de manera mecánica la capa. En los cimientos y los núcleos de terraplenes, las densidades secas que alcancen no deben ser inferiores a las mínimas exigidas, de acuerdo con el numeral 220.5.2.2.2.

El trabajo se debe realizar comenzando desde los bordes del terraplén, avanzando hacia el centro con pasadas paralelas traslapadas en, por lo menos, la mitad del ancho de la unidad compactadora. En curvas peraltadas, la compactación debe comenzar en la parte baja y avanzar hacia la más alta.

Toda la superficie debe recibir el número suficiente de pasadas completas para obtener una compactación uniforme en todo el ancho del terraplén, y satisfactoria según las exigencias del numeral 220.5.2.2.2.

Se debe conseguir que todo el perfil del relleno tipo terraplén quede debidamente compactado, para lo cual, se puede dar un sobreancho a la capa del orden de un metro (1 m) que permita el acercamiento del compactador al borde para después recortar el talud. Estos sobreanchos no se deben considerar en la medición de volúmenes para el pago.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas debe tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al cuatro por ciento (4 %), para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar empozamientos. En terraplenes de más de cinco metros (5 m) de altura, y en todos aquellos casos en que sea previsible una fuerte erosión de la superficie exterior del relleno, se deben construir estructuras de conducción que lleven las aguas hasta bajantes dispuestas para controlar las aguas de escorrentía. Se debe proceder asimismo a la adopción de las medidas protectoras del entorno, previstas en los documentos del proyecto o indicadas por el interventor, frente a la acción, erosiva o sedimentaria, del agua de escorrentía.

Las capas susceptibles de saturarse durante la vida del relleno tipo terraplén se deben construir, de acuerdo con los documentos del proyecto, con un material en el que la granulometría impida el arrastre de partículas y en el que las deformaciones que se puedan producir al saturarse sean aceptables para las condiciones de servicio definidas en dichos documentos.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando para la compactación, se deben compactar con equipos apropiados para el caso, en tal forma que las densidades secas obtenidas no sean inferiores a las determinadas en esta especificación para la capa del terraplén que se esté compactando.

220.4.4 Corona del terraplén

Salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares establezcan algo diferente, la corona debe tener un espesor compacto de cincuenta centímetros (50 cm) construidos en, mínimo, dos capas, las cuales se conforman utilizando suelos seleccionados o adecuados, según lo establecido en el numeral 220.2.3. Los suelos se deben humedecer o airear según sea necesario, y se deben compactar mecánicamente hasta obtener los niveles señalados en el numeral 220.5.2.2.2.

Los terraplenes se deben construir hasta una cota superior a la indicada en los documentos del proyecto, en la dimensión suficiente para compensar los asentamientos producidos por efecto de la consolidación y obtener la rasante final a la cota proyectada, con las tolerancias establecidas en el numeral 220.5.2.2.2.

Si por causa de los asentamientos, las cotas de subrasante resultan inferiores a las proyectadas, incluidas las tolerancias indicadas en esta especificación, se debe escarificar la capa superior del terraplén en el espesor que apruebe el interventor y adicionar del mismo material utilizado para conformar la corona, efectuando la homogeneización, humedecimiento o secamiento y compactación requeridos hasta cumplir las cotas de subrasante.

Si las cotas finales de subrasante resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el constructor debe retirar, a sus expensas, el espesor en exceso. Este retiro no puede afectar desfavorablemente ni el grado de

compactación ni la pendiente transversal exigida a esta capa.

En la corona de terraplenes, la densidad seca que se alcance con el proceso de compactación no debe ser inferior a la mínima exigida en el numeral 220.5.2.2.2.

220.4.5 Acabado

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén debe estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias sin peligro de erosión.

Con el fin de disminuir el efecto erosivo del agua sobre los taludes de los terraplenes, estos se deben proteger mediante su empradización, conforme lo establece el artículo 810, Protección vegetal de taludes, o el sistema que indiquen los documentos del proyecto y/o la especificación particular correspondiente.

220.4.6 Estabilidad

El constructor debe responder, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los terraplenes construidos con cargo al contrato y debe sustituir, sin cargo para INVÍAS, cualquier tramo que, a criterio del interventor y por instrucción de este, presente defectos constructivos o deterioros atribuibles al descuido o negligencia del constructor o por causas distintas a las indicadas en el párrafo siguiente.

Si el trabajo se ha hecho adecuadamente conforme a las especificaciones, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor, y resultan daños causados exclusivamente por movimientos inevitables del suelo sobre el que se ha construido el terraplén, por lluvias copiosas que excedan cualquier máximo de lluvias de registros anteriores, derrumbes inevitables, terremotos, inundaciones que excedan la máxima cota de elevación de agua registrada o señalada en los planos, se deben reconocer al constructor los costos por las medidas correctivas, las excavaciones necesarias y la reconstrucción del terraplén. Estos costos no deben ser reconocidos cuando los derrumbes, hundimientos o inundaciones se deban a mala construcción de las obras de drenaje, falta de retiro oportuno de formaletas u obstrucciones derivadas de operaciones deficientes de construcción, imputables al constructor.

220.4.7 Limitaciones en la ejecución

La construcción de terraplenes solo se debe llevar a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente no sea inferior a dos grados Celsius (2 °C). El interventor debe tener en cuenta la influencia de las lluvias antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

Se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no resulta posible, se debe eliminar el espesor de las capas que, a criterio del interventor y por instrucción de este, haya sido afectado negativamente por el tránsito. No se debe permitir que, sobre las capas que han sido liberadas se acopie material fresco para ser trasladado a otras zonas del terraplén, en caso de que sea necesario, se deben extender plásticos para evitar saturación de la capa que ya ha sido recibida.

Los trabajos de construcción de terraplenes se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

220.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las determinaciones referentes a la construcción de terraplenes deben ser tomadas considerando la conservación del ambiente y los recursos naturales, y las normas y disposiciones vigentes sobre los particulares.

Especialmente, se debe prestar atención al correcto funcionamiento de los dispositivos de drenaje y a la protección vegetal de los taludes para evitar erosiones y arrastre de partículas sólidas.
Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

220.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

220.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 220.2.
- Verificar la compactación de todas las capas del terraplén.
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

220.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

220.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se deben determinar los parámetros indicados en los numerales 220.2.2 y 220.2.3. La totalidad de los resultados debe satisfacer las exigencias señaladas en el texto, según el tipo de suelo, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las descargas de los materia-

les y debe ordenar el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, debe efectuar las verificaciones periódicas de la calidad del material que se indican en la Tabla 220 — 1.

debe ser de tres a dos (3:2) (H:V), salvo indicación distinta en los documentos del proyecto. El ancho de la plataforma del terraplén a nivel de subrasante se debe ajustar a las dimensiones establecidas en los perfiles tipo del proyecto. No obstante, se puede aceptar un sobreancho de hasta cero coma quince metros (0,15 m) respecto a la línea teórica del

Tabla 220 — 1. Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Granulometría	INV E-123	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	Una (1) vez a la semana
Límite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	INV E-126	Una (1) vez por jornada
CBR de laboratorio, con expansión	INV E-148	Una (1) vez por semana
Ensayo de expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por semana (Nota)
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Contenido de sales solubles	INV E-158	Una (1) vez a la semana

Nota: el ensayo de expansión libre se debe ejecutar semanalmente para caracterizar la expansión de los materiales marginales que se contemplen en el terraplén. En otros tipos de material su ejecución se puede reducir a una (1) vez al mes o suspender, previa aprobación del interventor.

220.5.2.2 Calidad del producto terminado

220.5.2.2.1 Acabado

Cada capa terminada de terraplén debe presentar una superficie uniforme y ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deben acusar irregularidades a la vista.

Los taludes de los terraplenes deben tener una inclinación uniforme, la que en general

talud, medido perpendicularmente al plano de este. En el caso de terraplenes construidos con material rocoso, dicho sobreancho puede ser el doble del anteriormente señalado. Cuando el tamaño máximo del material rocoso no permita cumplir lo anterior, se acepta un sobreancho mayor que cero coma treinta metros (0,30 m), pero en ningún caso, superior a cero coma cincuenta metros (0,50 m). Los taludes terminados deben quedar libres de protuberancias y depresiones, deben presentar una superficie uniforme y estéticamente aceptable, y deben ser aprobados por el interventor. Los sobreanchos constructivos

necesarios no deben ser objeto de pagos adicionales y su ejecución se debe hacer por cuenta y riesgo del constructor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del terraplén no debe ser menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no debe variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo, y en ningún caso la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

No se tolera en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

En adición a lo anterior, se deben efectuar las siguientes comprobaciones.

220.5.2.2.2 Compactación

Para la verificación de la compactación de cada una de las capas del terraplén, se define como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total del terraplén.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) en el caso de las capas de la corona o cinco mil metros cuadrados (5 000 m^2) en el resto de las capas si el terraplén tiene menos de cinco metros (5 m) de altura y de diez mil metros cuadrados (10 000 m^2) en caso contrario.
- El volumen construido con el mismo material, del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa de terraplén en el terreno se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de terraplén, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [220.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [220.2]$$

Donde:
GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164,

sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo, según las normas de ensayo INV E-141 (ensayo normal de compactación) o INV E-142 (ensayo modificado de compactación).

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 o INV E-142, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141 o INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Los documentos del proyecto, o en su defecto el interventor, deben definir el ensayo de referencia para obtener el peso unitario seco en las diferentes zonas del terraplén entre el ensayo INV E-141 y el INV E-142. En caso de omisión, se debe considerar como ensayo de referencia el INV E-142. Sin embargo, cuando se compacten suelos expansivos, se aconseja el uso del ensayo INV E-141.

Cuando se emplee el ensayo INV E-142 los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

$$GC_l\ (90) \geq 90{,}0\ \%$$
(*Cimiento, espaldones y núcleo*) **[220.3]**

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%\ (Corona)$$ **[220.4]**

Cuando se emplee el ensayo INV E-141 los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%$$
(*Cimiento, espaldones y núcleo*) **[220.5]**

$$GC_l\ (90) \geq 100{,}0\ \%\ (Corona)$$ **[220.6]**

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Se debe calcular según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y se deben compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

220.5.2.2.3 Irregularidades

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deben ser corregidas por el constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

220.5.2.2.4 Protección de la corona del terraplén

La corona del terraplén no debe quedar expuesta a las condiciones atmosféricas. Por tanto, se debe construir en forma inmediata la capa superior proyectada una vez terminada su compactación y acabado final. Es responsabilidad del constructor la reparación de cualquier daño a la corona del terraplén, por la demora en la construcción de la capa siguiente.

De ser necesario, el constructor puede proteger la corona del terraplén mediante la compactación de treinta centímetros (30 cm) de material adicional sobre la corona, previa autorización del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. Este material debe cumplir los mismos requisitos del material de la corona y debe ser provisto y removido por el constructor bajo su cuenta y riesgo.

220.6 Medida

La unidad de medida para los volúmenes de terraplenes debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material compactado, aceptado por el interventor, en su posición final. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Todos los terraplenes se deben medir por los volúmenes determinados, con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de terraplenes. Dichas áreas deben estar limitadas por las siguientes líneas de pago:

- Las líneas del terreno (terreno natural descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes).
- Las líneas del proyecto (subrasante o límite inferior de la subbase, cunetas y taludes proyectados).

No debe haber medida ni pago para los terraplenes por fuera de las líneas del proyecto, efectuados por el constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de terraplenes terminados no se deben medir; su conformación y compactación debe ser cubierta con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; y 211, Remoción de derrumbes. No se deben medir los terraplenes que se efectúen en trabajos de zonas laterales y las de préstamo y desecho.

No se deben medir los terraplenes que haga el constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte de las obras del proyecto.
Tampoco se deben medir, ni deben ser objeto de pago, los rellenos que sean necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas, debido a un exceso de excavación.

220.7 Forma de pago

El trabajo de terraplenes se debe pagar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente, de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir los costos de escarificación, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas en donde se haya de construir un terraplén nuevo; debe cubrir, además, colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de terraplenes y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los terraplenes, de acuerdo con esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Debe haber pago separado para los diversos ítems relacionados con el desmonte y la limpieza, demolición y remoción, los cortes de los taludes en media ladera y de los terraplenes por ampliar y el drenaje de las áreas que reciben terraplenes, establecidos en los artículos 200, Desmonte y limpieza; 201, Demolición y remoción; 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 600, Excavaciones varias; y 673, Subdrenes con geotextil y material granular.

También debe haber pago separado para los trabajos de empradización de los taludes de los terraplenes conforme se indica en el artículo 810, Protección vegetal de taludes, para los materiales estabilizados o mejorados con cemento o cal de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 235 y 236, así como para el suministro y colocación de los geosintéticos a los cuales se hace referencia en el numeral 220.4.2, los cuales se pagan, de acuerdo con la especificación particular establecida para ello.

Los materiales para los terraplenes y su transporte se deben medir y pagar de acuerdo con lo indicado en los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; y 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes, respectivamente.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen lo contrario, se debe aplicar el mismo precio unitario a todas las partes del terraplén.

220.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
220.1	Terraplenes	Metro cúbico (m^3)

Pedraplenes

Artículo 221 – 22

221.1 Descripción

221.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la extensión y la compactación por capas, de los materiales cuyas características se definen en los numerales 221.2 y 221.4.3 de este artículo, en zonas de dimensiones controladas que permitan, de forma sistemática, la utilización de maquinaria pesada, con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente la estructura de pavimento de una carretera de acuerdo con los documentos del proyecto.

Su ejecución comprende las siguientes operaciones, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, descapote y retiro del material inadecuado, demolición, drenaje y subdrenaje:

- Preparación de la superficie de apoyo para el pedraplén.
- Extensión de los materiales adecuados de acuerdo con esta especificación para cada capa y zona del pedraplén.
- Conformación y compactación de cada capa del pedraplén.

221.1.2 Partes del pedraplén

En los pedraplenes se distinguen cuatro partes o zonas constitutivas:

- Transición: formada por la parte superior del pedraplén, cuyo espesor debe ser de dos (2) capas, por lo menos igual a un metro (1 m), salvo que los documentos del proyecto modifiquen dicha magnitud.
- Cimiento: parte inferior del pedraplén, en contacto con el terreno natural o superficie de apoyo. Su espesor debe ser como mínimo de un metro (1 m) o la máxima altura libre desde la superficie de apoyo hasta la zona de transición del pedraplén, cuando dicha altura libre sea inferior a un metro (1 m).
- Núcleo: parte del pedraplén comprendida entre el cimiento y la transición.
- Espaldón: parte exterior del relleno tipo pedraplén que, ocasionalmente constituye o forma parte de los taludes de este. El material del espaldón envuelve lateralmente el núcleo protegiéndolo de los agentes externos. No se consideran parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural entre los cuales se consideran plantaciones, cubierta de tierra vegetal, protecciones antierosión, etc.

El núcleo y el cimiento constituyen el cuerpo del pedraplén.

221.1.3 Corona (capa subrasante)

Es la zona comprendida entre la transición del pedraplén y la superficie de la explanación. Sus dimensiones y características son las

mismas que se establecen para la corona de los terraplenes y están definidas en el artículo 220, Terraplenes.

221.2 Materiales

Los materiales por emplear en la construcción de pedraplenes pueden proceder de la excavación de la explanación o de fuentes aprobadas y deben provenir de cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables frente a la acción de agentes externos y, en particular, frente al agua.

Se consideran rocas estables frente al agua aquellas que, sumergidas en agua durante veinticuatro horas (24 h), con tamaños representativos de los de puesta en obra, no manifiestan fisuración alguna, y la pérdida de peso que sufren es igual o inferior al dos por ciento (2 %) (norma UNE 146510). También, se pueden realizar pruebas de ciclos de humedecimiento-secado para calificar la estabilidad de estas rocas, según lo defina el interventor (norma UNE 146510).

Deben cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto. Si dichos documentos no establecen estos requisitos, se deben utilizar los siguientes:

221.2.1 Distribución de tamaños de partícula

El material compactado debe cumplir con las siguientes condiciones:

- El tamaño máximo del agregado debe estar entre los cien y los novecientos milímetros (100 mm – 900 mm).
- El porcentaje en peso de partículas menores al tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada), debe ser inferior al treinta por ciento (30 %).
- El porcentaje en peso de partículas que pasen el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), debe ser inferior al diez por ciento (10 %).

La curva granulométrica total del material compactado debe estar dentro de la franja definida en la Tabla 221 — 1. Los documentos del proyecto pueden modificar esta franja, adaptándola a las características del material y al proceso que se apruebe para la ejecución de la obra.

Tabla 221 — 1. Otros requisitos granulométricos del material para pedraplenes

Abertura tamiz (mm)	Pasa tamiz (%)
220	90 — 100
55	45 — 60
14	15 — 35

Los requisitos de granulometría que se exigen en el presente numeral se refieren al material ya compactado. Las granulometrías obtenidas en otros instantes solamente deben tener valor orientativo, debido a las segregaciones y alteraciones inevitables durante la construcción.

221.2.2 Forma de las partículas

Se acepta un contenido en peso de partículas con forma inadecuada de hasta treinta por ciento (30 %). Para estos efectos se deben considerar partículas con forma inadecuada aquellas en que se verifique:

$$(L + G) / 2 \geq 4 * E \quad [221.1]$$

Donde:

L (longitud), separación máxima entre dos (2) planos paralelos tangentes a la partícula.

G (grosor), abertura de la malla cuadrada por la que puede pasar la partícula.

E (espesor), separación mínima entre dos (2) planos paralelos tangentes a la partícula.

Los valores de *L*, *G* y *E* no deben ser necesariamente medidos en tres direcciones perpendiculares entre sí. Cuando el contenido en peso de partículas de forma inadecuada sea igual o superior al treinta por ciento (30 %), solo se puede utilizar este material cuando se realice un estudio especial, aprobado por el interventor, que garantice la densificación y el comportamiento adecuado de la estructura.

221.2.3 Resistencia a la abrasión

Al ser sometido al ensayo de desgaste en la máquina de Los Ángeles, granulometría 1, según la norma de ensayo INV E-219, el material por utilizar en la construcción del pedraplén debe tener un desgaste inferior al cincuenta por ciento (50 %).

221.3 Equipo

El equipo empleado para la construcción de pedraplenes debe ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

El equipo que se utilice para la construcción de pedraplenes debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en los documentos del proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, y en cumplimiento de las exigencias de la presente especificación; y es responsabilidad del constructor su selección. Dicho equipo se debe mantener en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo en tanto que el constructor corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, son responsabilidad del constructor.

221.4 Ejecución de los trabajos

221.4.1 Generalidades

Los trabajos de construcción de pedraplenes se deben efectuar según los procedimientos

puestos a consideración del interventor y aprobados por este. Su avance físico se debe ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de construcción de pedraplenes afectan el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones con otras vías, el constructor es responsable de mantenerlo adecuadamente.

221.4.2 Preparación de la superficie de apoyo

Antes de proceder a la colocación y la compactación de los materiales del pedraplén, se debe realizar el desmonte, la limpieza y la excavación de la capa vegetal y el retiro de material inadecuado, de acuerdo con lo establecido en los artículos 200, Desmonte y limpieza, y 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos, si ello está previsto en el proyecto; así como la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, conforme se indica en el artículo 201, Demolición y remoción.

Si el pedraplén debe ser construido sobre turba o suelos blandos, se debe asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales. Si lo anterior fuera impráctico, se debe considerar su tratamiento previo y consolidación, el desplazamiento de las capas blandas mediante cargas sucesivas de material de pedraplén, o la utilización de otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, con el fin de resistir los esfuerzos debidos al peso del pedraplén terminado.

Si se encuentra considerado en los documentos del proyecto, la superficie de apoyo se puede preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se debe construir el cuerpo del pedraplén. La colocación de los geosintéticos se debe realizar de conformidad con los documentos del proyecto y siguiendo las disposiciones del artículo 232, Estabilización de suelos de subrasante con geotextil.

Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se debe escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). En el caso de pedraplenes cimentados sobre afirmados o pavimentos existentes, se deben escarificar al menos diez centímetros (10 cm) del material, el cual se debe reducir hasta alcanzar tamaños máximos de diez centímetros (10 cm), para luego regarse, mezclarse y compactarse. Cuando el terreno de fundación sea roca o terreno rocoso, se debe fundar el pedraplén directamente sobre este, en su estado natural.

En las zonas de ensanche de pedraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se debe cortar en forma escalonada, de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, para asegurar la estabilidad del pedraplén nuevo. En terrenos inclinados se considera este procedimiento como obligatorio, cuando se tengan pendientes transversales mayores de veinte por ciento (20 %). Si el material cortado es del mismo tipo que el nuevo y cumple las condiciones exigidas para este, se puede reutilizar mezclándolo con el nuevo para su compactación simultánea. En caso contrario, debe ser trasladado a un sitio de disposición adecuado.

Dado que las operaciones de desbroce, escarificado y escalonado de las pendientes dejan la superficie de terreno fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos, estos trabajos no se deben llevar a cabo hasta el momento previsto y en las condiciones oportunas para reducir al mínimo el tiempo de exposición, salvo que se recurra a protecciones de la superficie.

Cuando el relleno tipo pedraplén se deba colocar sobre un terreno en el que exista agua superficial, se debe conducir el agua fuera del área donde se vaya a construir, antes de comenzar su ejecución, mediante obras que pueden tener el carácter de accesorias, y que se deben ejecutar con arreglo a lo previsto para tal tipo de obras en los documentos del proyecto o, en su defecto, siguiendo las instrucciones del interventor.

221.4.3 Cuerpo y transición del pedraplén

El interventor solo debe autorizar la colocación de materiales de pedraplén cuando la superficie de apoyo esté adecuadamente preparada, según se indica en el numeral 221.4.2 de esta especificación. Se exceptúa de esta instrucción el caso en el cual la superficie de apoyo se obtenga por asentamiento de suelos blandos, mediante cargas sucesivas de material de pedraplén, tal como se indica en el mismo numeral.

El material de pedraplén se debe colocar en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y adecuado para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado y sin evidencias visibles de que se requiera una mayor compactación en el material.

El espesor de las capas del pedraplén debe ser el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga la compacidad deseada. A falta de otra especificación, dicho espesor debe ser superior a tres medios (3/2) del tamaño máximo del material a utilizar y al menos sesenta centímetros (60 cm). Salvo autorización expresa del interventor, a propuesta justificada del constructor, el espesor máximo de las capas, una vez compactadas, no debe ser nunca superior a uno coma treinta y cinco metros (1,35 m) ni a tres (3) veces el tamaño máximo del agregado.

El material de cada capa se debe descargar en obra sobre la parte ya extendida de dicha capa y cerca de su frente de avance. Desde esta posición se debe empujar hasta el frente de avance, extendido mediante un equipo provisto con pala de empuje. Se debe realizar la operación de forma que se corrijan las posibles segregaciones del material. En casos especiales se puede regar el pedraplén con agua a presión, siempre que el interventor lo considere conveniente.

Entre los materiales pétreos empleados en las capas sucesivas de la transición, se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$\frac{I_{15}}{S_{85}} < 5 \quad ; \quad \frac{I_{50}}{S_{50}} < 25 \qquad [221.2]$$

Donde:

I_x, abertura del tamiz por el cual pasa el x por ciento en peso del material de la capa inferior.

S_x, abertura del tamiz por el cual pasa el *x* por ciento en peso de material de la capa superior.

El espesor total de la transición debe ser de un metro (1 m) o el que fije los documentos del proyecto o las especificaciones particulares, según se establece en el numeral 221.1.2.

El método que se apruebe para compactar las diferentes capas en que se construya el pedraplén debe garantizar la obtención de las compacidades deseadas y, para ello, se deben determinar en la fase de experimentación la granulometría del material, el espesor de cada capa, el equipo de compactación y su número de pasadas.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas debe tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al cuatro por ciento (4 %), para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar la concentración de flujos. Se deben adelantar las obras de conducción necesarias para guiar las aguas hacia bajantes provisionales que controlen las aguas de escorrentía. Se debe proceder asimismo a la adopción de las medidas protectoras del entorno frente a la acción, erosiva o sedimentaria, del agua de escorrentía, previstas en los documentos del proyecto o indicadas por el interventor.

Si las cotas finales de la capa de transición resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el constructor debe retirar el espesor en exceso, mediante un procedimiento que sea aprobado por el interventor.

221.4.4 Fase de experimentación

Antes de iniciar los trabajos, el constructor debe proponer por escrito al interventor el método de construcción que considere más apropiado para cada tipo de material por emplear, con el fin de cumplir las exigencias de la presente especificación.

En dicha propuesta se deben especificar las características de la maquinaria por utilizar, los métodos de excavación, cargue y transporte de los materiales, el procedimiento de colocación, los espesores de las capas y el método para compactarlas. Además, se deben aducir experiencias similares con el método de ejecución propuesto, si las hubiere.

Salvo que el interventor considere que, con el método que se propone, existe suficiente experiencia satisfactoria, su aprobación debe quedar condicionada a un ensayo en la obra. Dicho ensayo debe consistir en la construcción de un tramo experimental, con un volumen representativo aprobado por el interventor, con el objeto de comprobar la idoneidad del método propuesto o proceder a adaptarlo al caso considerado. En el tramo experimental se deben realizar como mínimo dos (2) capas de al menos diez metros (10 m) de ancho.

Durante la construcción del pedraplén experimental se debe determinar la granulometría del material recién excavado, la del material extendido, y la granulometría y la densidad del material compactado. Para determinar estos valores se deben utilizar muestras representativas, de volumen no inferior a cuatro metros cúbicos (4 m^3). Se deben efectuar al menos tres (3) ensayos de cada tipo.

Así mismo, se deben efectuar apiques y trincheras sobre el material compactado, para verificar visualmente la uniformidad con la que quedan colocados los materiales de las diversas capas. Dichos apiques o trincheras deben afectar a todo el espesor de la capa y tener un volumen mínimo de cuatro metros cúbicos (4 m^3), una superficie mínima de cuatro metros cuadrados (4 m^2) y una dimensión mínima en planta superior a cinco (5) veces el tamaño máximo del agregado. Se deben controlar las deformaciones superficiales del pedraplén, mediante procedimientos topográficos, después de cada pasada del equipo de compactación, y la densidad media y la porosidad del material compactado.

La porosidad del pedraplén experimental compactado debe ser menor del treinta por ciento (n < 30 %). Las pasadas del equipo compactador deben ser como mínimo cuatro (4) y el asentamiento producido con la última pasada debe ser inferior al uno por ciento (1 %) del espesor de la capa a compactar, medido después de la primera pasada.

221.4.5 Corona del pedraplén

Su construcción se debe ceñir a lo establecido en el numeral 220.4.4 del artículo 220.

221.4.6 Limitaciones en la ejecución

La construcción de pedraplenes no se debe llevar a cabo en instantes de lluvia o cuando existan fundados temores de que ella ocurra. El interventor debe tener en cuenta la influencia de las lluvias antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

Los trabajos de construcción de pedraplenes se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

221.4.7 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 220.4.8 del artículo 220.

221.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

221.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales que se empleen en la construcción del pedraplén cumplan los requisitos de calidad mencionados en los numerales 221.2 y 221.4.3.
- Controlar los espesores y demás requisitos exigidos a las capas compactadas del cuerpo y la transición del pedraplén.

Los controles referentes a la corona se deben realizar, de acuerdo con lo que se establece en el artículo 220.

221.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

221.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales empleados para la construcción de pedraplenes y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada una de ellas se le deben determinar:

- La granulometría, según las normas de ensayo INV E-213, para materiales con tamaños máximos nominales de hasta cinco (5) pulgadas, o ASTM D5519, para materiales con tamaños superiores a tres (3) pulgadas.
- El desgaste en la máquina de Los Ángeles, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-219.

Los resultados de los ensayos anteriores deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 221.2, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las diferentes descargas de los materiales y ordenar el retiro de aquellos que, a simple vista, contengan tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, debe efectuar las verificaciones periódicas de calidad del material que se indican en la Tabla 221 — 2.

Tabla 221 — 2. Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

Ensayo	Norma de ensayo	Frecuencia
Granulometría	INV E-213 ASTM D5519	Una (1) vez por jornada
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-219	Una (1) vez al mes

El interventor puede autorizar el empleo de partículas con tamaño superior a los dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada en la construcción del cimiento y el núcleo, si considera que todos los vacíos son ocupados por material más fino, de tal modo que se forme una masa densa y compacta.

En la construcción de la transición, el interventor debe exigir que la gradación de los materiales empleados se ajuste totalmente a las indicaciones del numeral 221.4.3, sin tolerancia alguna.

221.5.2.2 Calidad del producto terminado

El interventor debe exigir que:

- Los taludes terminados no acusen irregularidades a la vista.
- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pedraplén no sea menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.
- Las cotas de terminación de la transición del pedraplén, conformado y compactado,

no varíen en más de cincuenta milímetros (50 mm) de las proyectadas, aceptándose solamente tolerancia hacia abajo.

Teniendo en cuenta que la densidad de las capas no se puede verificar por métodos convencionales, esta se debe considerar satisfactoria después de que el equipo de compactación pase sobre cada capa el número de veces definido en la fase de experimentación.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deben ser corregidas por el constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

221.6 Medida

La unidad de medida para los pedraplenes debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico entero, de material compactado, aceptado por el interventor, en su posición final. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes de pedraplén deben ser medidos con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de pedraplenes. Dichas áreas deben estar limitadas por las siguientes líneas de pago:

- Las líneas del terreno (terreno natural o descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes).
- Las líneas del proyecto (línea inferior de la corona, cunetas y taludes proyectados).

En aquellas zonas en que el pedraplén se construya sobre terrenos inestables, mediante el proceso de desplazamiento, el volumen de pedraplén empleado hasta alcanzar el nivel del terreno original se debe medir en metros cúbicos sueltos (m^3), aproximados al metro cúbico entero, los cuales deben ser verificados por el interventor con base en el número de viajes vertidos.

No debe haber medida de pedraplenes por fuera de las líneas del proyecto, elaborados por el constructor por negligencia o conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de pedraplenes terminados no se deben medir; su colocación y conformación deben ser cubiertas con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos y 211, Remoción de derrumbes, respectivamente.

221.7 Forma de pago

El trabajo de pedraplenes se debe pagar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor. El precio unitario debe cubrir los costos inherentes a los trabajos de preparación de la superficie de apoyo del pedraplén, la colocación, la conformación y la compactación de los materiales utilizados en la construcción de los pedraplenes y, en general, todo costo relacionado con su correcta construcción, de acuerdo con esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Debe haber pago separado para los diversos ítems relacionados con el descapote, los cortes de los taludes de los pedraplenes por ampliar, el drenaje de las áreas que hayan de recibir los pedraplenes y la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, de acuerdo con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 600, Excavaciones varias; 673, Subdrenes con geotextil y material granular; y 201, Demolición y remoción.

Los materiales para pedraplén se deben pagar de acuerdo con lo indicado en el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

El transporte de todos los materiales del pedraplén se debe pagar conforme se indica en el artículo 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes.

Si la preparación de la superficie de apoyo requiere la utilización de geosintéticos, estos se deben pagar con cargo a la especificación particular que se establezca para dicho trabajo. La corona del pedraplén se debe medir y pagar conforme se indica en el artículo 220, Terraplenes.

221.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
221.1	Pedraplén compacto	Metro cúbico (m^3)
221.2	Pedraplén suelto	Metro cúbico (m^3)

Terraplenes reforzados con geosintéticos

Artículo 223 – 22

223.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de terraplenes reforzados con geosintéticos, en los sitios y con las dimensiones señalados en los documentos del proyecto.

El sistema de terraplenes reforzados con geosintéticos es aplicable a taludes con inclinación máxima de setenta grados (70°).

223.2 Materiales

223.2.1 Geosintéticos

Los geosintéticos para el refuerzo de terraplenes pueden ser geotextiles o geomallas fabricados para aplicaciones de refuerzo. El tipo y las propiedades requeridas del geosintético deben ser los establecidos en los documentos del proyecto. Las propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño deben ser, como mínimo, las indicadas en la Tabla 223 — 1.

Las propiedades de los geosintéticos se expresan en general en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de la calidad, que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados, de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo.

Tabla 223 — 1. Propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Resistencia a la tensión última en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m): - Geotextiles - Geomallas	 ASTM D4595 ASTM D6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Resistencia a la tensión a largo plazo del geosintético en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m).	Numeral 223.2.1.1	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas.	ASTM D7737	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Coeficiente de interacción geosintético/suelo por extracción para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo.	ASTM D6706	0,85
Coeficientes de deslizamiento pico y residual en la interfaz geosintético/suelo, para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo.	ASTM D5321	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%).	ASTM D4355	70

223.2.1.1 Resistencia a largo plazo

Los valores de resistencia a largo plazo de los geosintéticos (T_{lp}) deben cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto. Estos valores se deben determinar a partir de la resistencia última (T_{ult}) (ecuación 223.1) y los factores de reducción (ecuación 223.2) determinados mediante ensayos o establecidos como valores por defecto, según las recomendaciones de las siguientes guías del *Geosynthetic Institute* (*GSI*):

- GRI GG4(a), *Determination of the Long-Term Design Strength of Stiff Geogrids*.
- GRI GG4(b), *Determination of the Long-Term Design Strength of Flexible Geogrids*.
- GRI GT7, *Determination of Long-Term Design Strength of Geotextiles*.

$$T_{lp} = T_{ult} / RF \quad [223.1]$$

$$\text{donde } RF = RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{D} \quad [223.2]$$

Donde:

RF, factor de reducción de resistencia combinado, que tiene en cuenta el potencial de degradación a largo plazo debido a daños de instalación, fluencia y degradación química y biológica.

RF_{ID}, factor de reducción de resistencia para tener en cuenta los daños de instalación.

RF_{CR}, factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo a largo plazo por fluencia (*creep*).

RF_{D}, factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo por degradación química y biológica.

Así mismo, se deben tener en cuenta los criterios indicados en las siguientes publicaciones de la AASHTO y la FHWA:

- AASHTO LRFD *Bridge Design Specifications, Customary U.S. Units*.
- FHWA-NHI-10-024, *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I*.

- FHWA-NHI-10-025, *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume II.*

El constructor debe entregar las certificaciones de los ensayos efectuados para determinar los factores de reducción específicos para las condiciones del proyecto, suministradas por el proveedor del geosintético. En ausencia de estos ensayos, se deben emplear los valores por defecto mencionados en las guías del *Geosynthetic Institute (GSI)* y de la FHWA.

Para la determinación de los factores de reducción se deben tener en cuenta, además, las consecuencias que pueda tener la falla o el comportamiento deficiente del geosintético, según los criterios establecidos en los documentos de la AASHTO y la FHWA citados anteriormente.

Algunas de las pautas que se deben tener en cuenta para la selección de los factores de reducción son las siguientes:

- Para geosintéticos que cuenten con todos los ensayos y pruebas específicas para el producto, relacionados con daños durante la instalación, fluencia (*creep*) y degradación (química y biológica), el valor de reducción de resistencia combinado (*RF*) debe estar típicamente entre tres (3) y seis (6). En ningún caso, este valor debe ser menor que dos (2).
- Para geosintéticos que no cuenten con todos los ensayos y las pruebas específicas para el producto, como soporte para la determinación de los factores de reducción, y sea necesario emplear valores por defecto, el valor de *RF*, no debe ser menor que siete (7).
- El período de diseño para la selección de los factores de reducción debe ser el definido en los documentos del proyecto, pero no debe ser menor de cien (100) años para obras permanentes.
- El factor de reducción por daños durante la instalación (RF_{ID}) se debe escoger en función del tipo de material de relleno por emplear.
- En cualquier caso, los valores del factor de reducción por daños durante la instalación (RF_{ID}) y el factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo por degradación química y biológica (RF_D) no deben ser menores a uno coma uno (1,1).

223.2.1.2 Empalmes en la dirección del refuerzo

Si los documentos del proyecto contemplan la ejecución de empalmes en la dirección del refuerzo (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas), las resistencias últimas y a largo plazo a la tensión de esos empalmes, en la dirección perpendicular al empalme, deben cumplir los valores especificados en la Tabla 223 — 1. La medición de la resistencia última y el cálculo de la resistencia a largo plazo de los empalmes se deben realizar con los mismos procedimientos de ensayo y análisis que se utilizan para determinar las resistencias del geosintético.

223.2.1.3 Documentación de soporte de la resistencia a largo plazo

Para la aprobación de los geosintéticos de refuerzo, el fabricante o proveedor debe suministrar la información que se menciona en la Tabla 223 — 2, relacionada con la resistencia a largo plazo para diseño.

Tabla 223 — 2. Información de soporte para la determinación de la resistencia a largo plazo de los geosintéticos

Propiedad	Método o norma de ensayo
Comportamiento en fluencia para un rango de niveles de carga, para una duración mínima de diez mil horas (10 000 h).	ASTM D5262
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación de los datos de fluencia para setenta y cinco (75) años y cien (100) años.	FHWA-NHI-10-025 Vol II Apéndice D
Resistencia última a la tensión: - Geotextiles - Geomallas Los ensayos se deben ejecutar a una tasa de deformación de diez por ciento por minuto (10 %/min.).	 ASTM D4595 ASTM D6637
Resultados de ensayos de laboratorio y técnicas de extrapolación que documenten las siguientes características para todos los componentes del geosintético: - Resistencia a la hidrólisis del poliéster (PET). - Resistencia a la oxidación del polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE). - Resistencia al agrietamiento por esfuerzos del polietileno de alta densidad (HDPE). - Factores de seguridad parciales por degradación por envejecimiento para setenta y cinco (75) años y cien (100) años.	Métodos recomendados en el documento FHWA RD 97-144
Resultados de ensayos de campo y laboratorio, así como criterios utilizados de la literatura especializada, que soporten los factores de reducción por deterioro en la instalación en función de la gradación del material de relleno.	Guías del documento FHWA-NHI-10-025 Vol II
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación que documenten la resistencia a la degradación biológica de todos los materiales que componen el geosintético y los valores de reducción correspondientes (Nota).	Guías del documento FHWA-NHI-10-025 Vol II
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas.	ASTM D7737
Coeficientes de interacción geosintético/suelo por extracción para varios tipos de suelo.	ASTM D6706
Coeficientes de deslizamiento en las interfaces geosintético/suelo, para varios tipos de suelo, y geosintético/geosintético.	ASTM D5321
Información sobre la resina primaria usada en la fabricación del geostintético: - Resina tipo HDPE (polietileno de alta densidad): identificación de tipo, clase, grado y categoría. - Resina tipo PP (polipropileno): identificación de grupo, clase y grado. - Resina tipo PET (poliéster): • Viscosidad intrínseca mínima • Grupo carboxilo final máximo.	 ASTM D1248 ASTM D4101 ASTM D4603 ASTM D2455
Estabilidad ultravioleta mínima.	ASTM D4355

Nota: para proyectos con riesgo de que se presente degradación biológica.

223.2.1.4 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geosintéticos debe tener un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)* del *Geosynthetic Institute (GSI).*

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de la calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto. Los criterios de aceptación contemplados en el programa de control de la calidad del fabricante deben incluir, como mínimo, las propiedades indicadas en la Tabla 223 — 3, evaluadas bajo las normas de ensayo allí citadas.

Tabla 223 — 3. Criterios mínimos de aceptación que debe contemplar el programa de control de la calidad del fabricante

Propiedad	Norma de ensayo ASTM
Resistencia a la tensión: - Geotextiles: resistencia en tira ancha - Geomallas: resistencia individual de las costillas	 D4595 D6637
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	D7737
Productos de polietileno de alta densidad (HDPE): - Gravedad específica - Índice de fluidez	 D1505 D1238
Productos de polipropileno (PP): - Índice de fluidez	 D1238
Resina de poliéster (PET): - Viscosidad intrínseca - Grupo carboxilo final	 D4603 D2455

223.2.1.5 Geotextiles

En general, se deben emplear geotextiles tejidos elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos por un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de poliolefinas o poliéster. Las fibras del geotextil deben conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes. El geotextil debe permitir el libre paso del agua en todo momento.

El geotextil debe ser fabricado con al menos un noventa y cinco por ciento (95 %) de resina virgen, complementado con un máximo de cinco (5 %) de material remolido en planta. La resina de poliéster debe tener una masa

molecular mínima de veinticinco mil gramos por mol (25 000 g/mol) (métodos de ensayo GRI GG6 y ASTM D4603) y un número de grupo carboxilo final máximo de treinta (30) (método de ensayo GRI GG7). Los productos de polietileno y polipropileno se deben estabilizar con antioxidantes de largo plazo.

Las propiedades mecánicas por supervivencia y las propiedades hidráulicas deben ser las establecidas en los documentos del proyecto. En el siguiente numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener el geotextil.

223.2.1.5.1 Propiedades mecánicas por supervivencia a la instalación

Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 223 — 4, en términos de VMPR.

Tabla 223 — 4. Propiedades mecánicas del geotextil por supervivencia en términos de VMPR
(Medidas en el sentido más débil del geotextil)

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito
Elongación, valor máximo (%)	D4632	50
Peso por unidad de área, mínimo (g/m^2)	D5261	270
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 400
Resistencia de la costura a tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 260
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro, valor mínimo (N)	D6241	2 750
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N). (Nota)	D4533	500

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debe ser de doscientos cincuenta newtons (250 N).

223.2.1.5.2 Propiedades hidráulicas

El geotextil de refuerzo debe ser permeable y debe permitir el flujo libre del agua dentro del relleno, sin atraparla ni generar empozamientos. Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, las propiedades hidráulicas que debe cumplir el geotextil se indican en la Tabla 223 — 5, en términos de VMPR.

Tabla 223 — 5. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito
Permitividad, valor mínimo (s^{-1})	D4491	0,5
Permeabilidad, valor mínimo (cm/s)	D4491	Según lo establecido en los documentos del proyecto. Debe ser mayor que la permeabilidad del suelo

223.2.1.6 Geomallas

La geomalla debe tener una geometría regular de elementos resistentes a la tensión interconectados, con apertura suficiente para permitir una adecuada trabazón mecánica con los materiales de relleno. La geomalla debe ser capaz de mantener su estabilidad dimensional durante su instalación y el tránsito normal de construcción que circule sobre la capa de relleno que se coloque sobre ella. Debe resistir el daño durante la construcción, la degradación ultravioleta y debe tener resistencia a largo plazo a la degradación química y biológica.

Se recomienda que la geomalla sea uniaxial.

La geomalla debe ser fabricada con por lo menos un noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de resina virgen consistente en cadenas largas de polietileno, polipropileno o poliéster, complementada con un máximo de cinco por ciento (5 %) de material remolido en planta. La resina de poliéster debe tener una masa molecular mínima de veinticinco mil gramos por mol (25 000 g/mol) (métodos de ensayo GRI GG6 y ASTM D4603) y un número de grupo carboxilo final máximo de treinta (30) (método de ensayo GRI GG7). Los productos de polietileno y polipropileno deben ser estabilizados con antioxidantes de largo plazo.

El fabricante debe documentar la supervivencia de las uniones a la instalación, mediante pruebas a escala real, según la norma ASTM D5818, que demuestren su integridad, bajo las condiciones del proyecto (suelo de apoyo, espesor de capas, materiales de relleno, equipo de construcción). La geomalla se debe cubrir con una capa de material de relleno de quince centímetros (15 cm) de espesor mínimo y se debe someter al paso repetido de una volqueta cargada hasta producir un ahuellamiento de diez centímetros (10 cm). El informe de las pruebas debe incluir un registro fotográfico de la geomalla recuperada, que muestre claramente que las uniones no se han desplazado ni sufrido deterioro alguno durante el proceso de instalación.

223.2.1.7 Suministro y manejo de los geosintéticos

El geosintético que se suministre debe estar debidamente empacado. La identificación, el almacenamiento y el manejo de los rollos de geosintético se deben hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geosintético debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geosintético se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geosintético se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geosintético se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso, se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geosintético deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlos.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté debidamente identificado.

Los rollos de geosintético no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

En todo caso, se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante para el transporte y almacenamiento de los geosintéticos.

223.2.2 Material de relleno

Los documentos del proyecto deben definir los requisitos que debe cumplir el material de relleno, el cual puede ser: recebo (numeral 610.2.2 del artículo 610, Rellenos para estructuras), material granular tipo SBG (numeral 610.2.3 del artículo 610), material granular tipo BG (numeral 610.2.3 del artículo 610), o un material de características diferentes, definidas en los documentos del proyecto. El tamaño máximo del agregado debe ser de 19,0 mm (3/4 de pulgada).

El pH del material de relleno, determinado según la norma de ensayo AASHTO T 289, debe estar entre cinco (5) y nueve (9). El contenido de materia orgánica, determinado según la norma de ensayo INV E-121 o la UNE 103204 para la porción de material que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro. 10), no debe ser mayor que uno por ciento (1 %).

223.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geosintético, deben cumplir los requisitos establecidos por la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

223.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para instalar los geosintéticos correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, cargar, transportar, extender y compactar el material de relleno, de conformidad con esta especificación y los documentos del proyecto.

El equipo que se use para compactar las capas de relleno sobre el geosintético debe ser acorde con la clase del geosintético, el espesor de capa y las características de los materiales de apoyo y de relleno.

223.4 Ejecución de los trabajos

223.4.1 Generalidades

Durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos deben tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

El constructor debe presentar al interventor, para su aprobación, los planos detallados de

disposición de los geosintéticos, secuencias y procedimientos constructivos, con los detalles de los empalmes (traslapos, empalmes mecánicos, etc.), con anticipación no menor a siete días (7 d), con respecto a la iniciación de la instalación del geosintético.

La colocación del geosintético y la colocación, la conformación y la compactación del material de cobertura se debe realizar, de manera que el geosintético quede expuesto el menor tiempo posible.

223.4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes reforzados con geosintéticos, el terreno de apoyo debe ser preparado como se indica en el numeral 220.4.2 del artículo 220, Terraplenes.

La superficie debe quedar nivelada y debe ser firme. La firmeza se debe comprobar por medio del paso de una volqueta completamente cargada. Toda zona débil debe ser excavada y reemplazada con un suelo adecuado y compactado. La superficie preparada del terreno debe ser inspeccionada y aprobada por el interventor.

La superficie del terreno de apoyo preparado debe estar libre de rocas, piedras grandes u otros elementos que puedan deteriorar el geosintético.

223.4.3 Colocación de los geosintéticos

223.4.3.1 Extensión

El geosintético de refuerzo se debe instalar de acuerdo con las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante. Se debe colocar entre las capas de relleno compactado, según lo indicado en los documentos del proyecto, con los ajustes y las modificaciones que apruebe el interventor.

Los rollos se deben extender en la dirección del refuerzo principal, perpendiculares al talud (vista en planta), sobre la superficie compactada y aceptada del terreno de apoyo o de la capa subyacente de relleno, sin arrugas o dobleces. No se deben permitir empalmes en la dirección del refuerzo, a no ser que estos se muestren en los planos. Los geosintéticos se deben instalar, según las cotas de los planos, sin que difieran de estas en más de setenta y cinco milímetros (75 mm), y en una longitud nunca menor que la señalada en ellos.

El geosintético se debe templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión y prevenir movimientos durante la colocación del relleno. La sujeción a la superficie se debe hacer según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto, por medio de grapas o elementos similares.

Los rollos adyacentes se deben colocar sin traslapo entre ellos, a no ser que los documentos del proyecto indiquen otra cosa. Estos pueden indicar, también, que se deje una separación entre rollos, sin que esta sea mayor que un metro (1,0 m). El traslapo (mínimo de quince centímetros (15 cm)) o conexión mecánica entre rollos adyacentes es indispensable cuando los documentos del proyecto indiquen que el geosintético debe envolver la superficie del talud. Las conexiones mecánicas (costuras de geotextiles o ganchos

en geomallas, etc.) se deben hacer usando los materiales y siguiendo las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto.

No se debe permitir que el geosintético quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres días (3 d).

En ninguna circunstancia se debe permitir la circulación de equipos sobre el geosintético antes de que esté cubierto con una capa de relleno de por lo menos quince centímetros (15 cm) de espesor. Se debe evitar el frenado brusco o los giros cerrados que ocasionen algún desplazamiento del material de relleno.

223.4.3.2 Empalmes

No se deben permitir los empalmes de geosintéticos en la dirección del refuerzo, a no ser que su uso esté expresamente indicado en los documentos del proyecto.

En caso de que estén contemplados en los documentos del proyecto, los empalmes (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas) se deben realizar según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto y deben cumplir los requisitos de capacidad última y a largo plazo establecidos en el numeral 223.2.1.2.

El color de la costura debe ser preferiblemente de un color que contraste con el geotextil.

223.4.3.3 Construcción de la cara del talud

Si los documentos del proyecto muestran que los geosintéticos no envuelven la superficie del talud, lo cual puede ser factible para taludes con inclinación no mayor de uno a uno (1:1) (H:V) construidos con una separación pequeña entre niveles de geosintético (cada capa o cada dos capas de relleno, pero no mayor que cuarenta centímetros (40 cm)), el geosintético se debe extender hasta la cara del talud.

Si los documentos del proyecto indican que la superficie del talud debe ser envuelta por los geosintéticos, las tiras de geosintético de refuerzo deben dar vuelta y regresar al terraplén en una longitud no menor de uno coma veinticinco metros (1,25 m), o la mostrada en los documentos del proyecto, debajo del siguiente nivel de refuerzo, cubriendo completamente la cara del talud. La longitud de retorno del geosintético de envoltura que debe servir como anclaje se debe enterrar dentro del relleno, para que no quede en contacto directo con el geosintético del siguiente nivel. Para taludes con fuerte pendiente, se requiere de una formaleta para soportar la cara durante su construcción.

En el caso de refuerzo con geomallas, los planos deben indicar la colocación de un geotextil detrás de la geomalla que envuelve la cara del talud para retener el material de relleno.

223.4.4 Colocación del material de relleno

El relleno se debe efectuar por capas sensiblemente horizontales. La operación de extensión del material de relleno sobre el geosintético se debe realizar cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el mismo. No se debe permitir el tránsito de maquinaria sobre el geosintético hasta que se conforme y se compacte adecuadamente la primera capa de relleno sobre el mismo. En el caso de geotextiles, no se debe permitir el giro de maquinaria sobre la primera capa de relleno sobre él.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geosintético debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura debe ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm); para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de relleno se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación definido en el numeral 223.5.2.3.2, antes de comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

En la cercanía al talud de un metro o de un metro y medio (1,0 m o 1,5 m), se deben utilizar equipos manuales para garantizar la adecuada compactación de esta zona. En este caso, el espesor de capas se debe reducir para que los equipos manuales permitan alcanzar el grado de compactación especificado.

223.4.5 Protección de la cara del talud

Los documentos del proyecto pueden indicar algún sistema de protección de la cara del talud. En ningún caso, los geosintéticos que envuelven la cara del talud deben quedar expuestos a la luz solar, para evitar su deterioro con el tiempo.

223.4.5.1 Empradización de la cara del talud con bloques de césped

Los documentos del proyecto pueden requerir que la fachada sea empradizada mediante la instalación de bloques de césped contra los geosintéticos de fachada, que en este caso deben ser geomallas para que permitan que el césped atraviese sus espacios libres.

Los bloques de césped deben cumplir los requisitos establecidos en el numeral 810.2.1 del artículo 810, Protección vegetal de taludes, y se deben instalar, regar y conservar, según lo indicado en los numerales 810.4.3 y 810.4.7 del mismo artículo.

223.4.5.2 Protección de la cara del talud con productos enrollados para control de erosión

Si los documentos del proyecto indican que la cara del talud se debe proteger con algún tipo de producto enrollado para control de erosión, el trabajo correspondiente se debe ejecutar según el artículo 811, Protección de taludes con productos enrollados para control de erosión.

223.4.5.3 Protección de la cara del talud con malla y mortero

Si los documentos del proyecto indican que la cara del talud se debe proteger con malla de alambre de acero y mortero de cemento hidráulico, el trabajo correspondiente se debe ejecutar, según el artículo 812, Recubrimiento de taludes con malla y mortero.

223.4.5.4 Otros tipos de protección de la carta del talud

La construcción de otros tipos de protección de la cara del talud, que se especifiquen en los documentos del proyecto, se debe realizar de acuerdo con la especificación particular correspondiente.

223.4.6 Protección de la superficie superior del terraplén

Si la superficie final del terraplén reforzado con geosintéticos no va a ser la superficie definitiva, aquella no debe quedar expuesta a las condiciones atmosféricas. Por tanto, la capa superior proyectada se debe construir en forma inmediata una vez terminada la compactación y el acabado final de aquella. Debe ser responsabilidad del constructor reparar cualquier daño que ocurra en el terraplén por la demora en la construcción de la capa siguiente.

223.4.7 Control del tránsito

El constructor debe instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deben garantizar la seguridad permanente, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

223.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

223.4.9 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de terraplenes reforzados con geosintéticos se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

223.4.10 Reparaciones

Antes de ser cubierto, el geotextil colocado debe ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso de que

los hubiese, estos se deben reparar inmediatamente, cubriéndolos con un paño de geotextil que se extienda como mínimo setenta y cinco centímetros (75 cm) alrededor de toda la zona dañada.

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geosintético, en la extensión y compactación del material de relleno, así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

223.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

223.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que cada rollo de geosintético tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como su composición química.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geosintéticos contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado en cuanto a la colocación del geosintético y la construcción de las capas de relleno.
- Verificar que los diferentes niveles de geosintéticos para la construcción del terraplén reforzado sean colocados con las separaciones definidas en los documentos del proyecto.
- Efectuar ensayos de control sobre el geosintético, en un laboratorio independiente al del fabricante o del proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura.
- Efectuar ensayos de control de calidad sobre el material de relleno.
- Comprobar la compactación de las capas de relleno.

El interventor debe medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

223.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

223.5.2.1 Calidad del geosintético

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del geosintético, donde se establezca el nombre del producto, la composición química y toda la información que lo describa, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o en las Tablas 223 — 1, 223 — 4 y 223 — 5, según los que prevalezcan. El interventor no debe aceptar el empleo de suministros de geosintéticos que no se encuentren respaldados por la certificación

del fabricante. Dicha constancia no debe evitar, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 m^2 – 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geosintético para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra, como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia.

Para la evaluación de las costuras en los geotextiles, se deben tomar muestras de juntas cosidas cuyo largo sea al menos dos metros (2,0 m) en el sentido de la costura, y cuyo ancho sea al menos uno coma cinco metros (1,5 m).

El número de especímenes para ensayo y la conformidad con las especificaciones se debe determinar según las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759. Los especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deben empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante, para realizar las pruebas especificadas en los documentos del proyecto o las Tablas 223 — 6 y 223 — 7, según corresponda.

Tabla 223 — 6. Pruebas de verificación de la calidad del geotextil

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión en prueba de tira ancha (kN/m)	ASTM D4595
Resistencia última a la tensión de las costuras, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	ASTM D4884
Área abierta, como porcentaje (%) del área total	Medido
Tamaño de abertura (mm)	Medido
Propiedades de supervivencia	
Elongación (%)	ASTM D4632
Masa por unidad de área (g/m^2)	ASTM D5261
Resistencia a la tensión Grab (N)	ASTM D4632
Resistencia de la costura a tensión Grab (N)	ASTM D4632
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro (N)	ASTM D6241
Resistencia al rasgado trapezoidal (N)	ASTM D4533
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición (%)	ASTM D4355

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades hidráulicas	
Permitividad (s^{-1})	ASTM D4491
Permeabilidad (cm/s)	ASTM D4491

Tabla 223 — 7. Pruebas de verificación de la calidad de la geomalla

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión del geosintético en prueba con costillas múltiples (kN/m)	ASTM D6637
Resistencia última a la tensión de los empalmes mecánicos, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	ASTM D6637
Área abierta, como porcentaje (%) del área total	Medido
Tamaño de abertura (mm)	Medido
Propiedades de supervivencia	
Resistencia de las uniones o nodos (N)	ASTM D7737
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición (%)	ASTM D4355

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 223 — 1, 223 — 4 y 223 — 5, o los que establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan. No se deben aceptar geosintéticos rasgados o usados, en el caso de los geotextiles, no se debe aceptar la presencia de agujeros en ellos.

No se deben emplear geosintéticos o productos relacionados acopiados cuando las condiciones de almacenamiento no hayan sido adecuadas.

223.5.2.2 Calidad del material de relleno

La calidad del material de relleno se debe evaluar en función de sus características y de los requisitos aplicables de las presentes especificaciones, según sea el tipo de material por utilizar, de acuerdo con lo señalado en el numeral 223.2.2.

223.5.2.3 Calidad del producto terminado

223.5.2.3.1 Acabado

El geosintético instalado debe tener las dimensiones establecidas y debe estar libre de dobleces y arrugas; debe estar templado y sujeto a la superficie de apoyo, según lo indicado en el numeral 223.4.3. Los empalmes deben tener las características y las dimensiones definidas para el proyecto, según se establece en el numeral 223.4.3.2.

Cada capa terminada de relleno debe presentar una superficie uniforme, ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deben acusar irregularidades a la vista.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del relleno no debe ser menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la capa final del relleno, conformada y compactada, no debe variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo. Si la capa final del relleno corresponde a la subrasante del pavimento, en ningún caso la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

No se debe aceptar la presencia de irregularidades que impidan el normal escurrimiento de las aguas en las obras concluidas.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deben ser corregidas por el constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con su aprobación.

223.5.2.3.2 Compactación del relleno

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas del relleno, se define como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total del relleno.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2).
- El volumen de relleno colocado y compactado en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa en el terreno se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de relleno, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario, mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [223.3]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [223.4]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo

INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se obtiene, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplican los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % *se acepta el lote* [223.5]

GC_l (90) < 95,0 % *se rechaza el lote* [223.6]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se controla.

Los terraplenes de los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada. Este procedimiento deber ser adelantado por el constructor de manera que no se afecte el geosintético subyacente. Si el geosintético sufre algún deterioro, se debe remover la capa de terraplén correspondiente al lote rechazado, se debe reemplazar el geosintético por uno nuevo y se debe colocar de nuevo la capa de terraplén hasta lograr el grado de compactación especificado.

223.6 Medida

223.6.1 Geosintéticos

La unidad de medida de los geosintéticos debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geosintético colocado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se debe medir ningún área por fuera de los límites indicados en los documentos del proyecto, ni se deben considerar, para efecto del pago, los traslapos.

223.6.2 Relleno

La unidad de medida del relleno debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de

material suministrado, colocado, compactado y terminado de acuerdo con los documentos del proyecto y debidamente aceptado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se deben medir cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto.

223.7 Forma de pago

223.7.1 Geosintéticos

El pago de los geosintéticos se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para toda obra ejecutada de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, almacenamiento, transporte y colocación del geosintético. La ejecución de los traslapos, las costuras, los empalmes mecánicos y las sujeciones, incluyendo el suministro de todos los elementos para tales labores. Todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado. Además, debe cubrir los costos por concepto de desperdicios.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

223.7.2 Relleno

El precio unitario debe cubrir los costos de extracción, preparación y suministro de los materiales en el sitio de la obra; la obtención de los permisos y derechos de explotación, la construcción o adecuación de las vías de acceso a las zonas de préstamo; la adecuación de dichas zonas una vez extraído el material, para recuperar las características hidrológicas superficiales; los cargues, los transportes, la compactación y la conformación del relleno; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del interventor; todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado. Además, debe cubrir los costos por concepto de desperdicios.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Se deben pagar por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación y los elementos de fachada diferentes a los geosintéticos, de acuerdo con los siguientes artículos:

- Excavaciones: artículo 600, Excavaciones varias.
- Rellenos: artículo 610, Rellenos para estructuras.
- Protección de la fachada del muro con malla y mortero: artículo 812, Recubrimiento de taludes con malla y mortero.
- Empradización de la fachada con bloques de césped: artículo 810, Protección vegetal de taludes.

223.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
223.1	Geotextil de refuerzo tipo ____ para terraplenes reforzados con geosintéticos	Metro cuadrado (m^2)
223.2	Geomalla de refuerzo tipo ____ para terraplenes reforzados con geosintéticos	Metro cuadrado (m^2)
223.3	Relleno tipo ____ para terraplenes reforzados con geosintéticos	Metro cúbico (m^3)

Nota: se debe establecer un ítem de pago para cada tipo de geosintético y cada tipo de relleno que se especifique en el contrato.

Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales

Artículo 230 – 22

230.1 Descripción

Este trabajo consiste en la disgregación del material de la subrasante existente, el eventual retiro de parte de este material, la adición de materiales, la mezcla, el humedecimiento o la aireación, la compactación y el perfilado final, de acuerdo con la presente especificación, y con las dimensiones, los alineamientos y las pendientes señalados en los documentos del proyecto.

230.2 Materiales

Los materiales de adición deben presentar una calidad tal, que la capa de subrasante mejorada cumpla los requisitos exigidos para los suelos seleccionados en el numeral 220.2 del artículo 220, Terraplenes.

230.3 Equipo

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de mejoramiento de la subrasante con adición de materiales debe ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

230.4 Ejecución de los trabajos

230.4.1 Generalidades

Los trabajos de mejoramiento de subrasante se deben efectuar según los procedimientos puestos a consideración del interventor y aprobados por este. Su avance físico se debe ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de mejoramiento de la subrasante afectan el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el constructor es el responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.

La subrasante existente se debe escarificar y disgregar en el espesor indicado en los documentos del proyecto, empleando procedimientos aprobados por el interventor.

Si el proceso implica el retiro de parte del material existente, el material producto del retiro se debe tratar como residuo de construcción y demolición (RCD) y es de propiedad del constructor, quien debe dar el tratamiento final correspondiente, según la legislación ambiental vigente. Este material se debe cargar y transportar a las zonas aprobadas de disposición de sobrantes, donde se debe descargar y disponer previa aprobación del interventor.

El suelo de aporte para el mejoramiento se debe aplicar en los sitios indicados en los documentos del proyecto, en cantidad tal, que se garantice que la mezcla con el suelo existente cumple las exigencias del numeral 230.2, en el espesor señalado en los documentos del proyecto.

La mezcla del material existente disgregado y el de adición se debe humedecer o airear hasta alcanzar el contenido de agua apropiado y, previa la eliminación de partículas mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm), si las hay, se debe compactar hasta obtener los niveles de densidad establecidos en el numeral 230.5.2.2.1.

230.4.2 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de mejoramiento de subrasante solo se deben efectuar cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5 °C).

Los trabajos de mejoramiento de la subrasante se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no resulta posible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se debe distribuir de manera que no se concentren huellas de rodadas en la superficie.

230.4.3 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de las obras de mejoramiento de la subrasante se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o las evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada se deben mantener correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- El manejo y la aplicación de materiales de adición se deben realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.

- El constructor debe especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que deben ser utilizados en la ejecución de los trabajos. Estos métodos se deben presentar al interventor y ser aprobados por este antes de cada jornada.

Además, se deben considerar aplicables las recomendaciones del numeral 220.4.8 del artículo 220.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

230.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

230.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben efectuar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos.
- Verificar la compactación de todas las capas de suelo que forman parte de la actividad especificada.
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

230.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

230.5.2.1 Calidad de los materiales

Al respecto resulta aplicable lo descrito en el numeral 220.5.2.1 del artículo 220, teniendo en cuenta que el producto que en definitiva constituya la subrasante mejorada debe cumplir los requisitos exigidos en el numeral 220.2, del mismo artículo, para los denominados suelos seleccionados.

230.5.2.2 Calidad del producto terminado

La subrasante mejorada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. El interventor debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- La cota de cualquier punto de la subrasante mejorada, conformada y compactada no varíe en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada; se acepta tolerancia solamente por abajo.

Así mismo, se deben adelantar las siguientes comprobaciones:

230.5.2.2.1 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de la subrasante mejorada, se define como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de subrasante compactada en su ancho total.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de subrasante compactada.
- El volumen construido con el mismo material, proveniente del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca en el terreno de cada capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realicen, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante mejorada, se debe calcular su grado de compactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (INV E-142), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [230.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [230.2]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños, según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % se acepta el lote [230.3]

GC_l (90) < 95,0 % se rechaza el lote [230.4]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el

valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Este se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

230.5.2.2.2 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [230.5]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d); se admite un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [230.6]$$

Si estos requisitos no se cumplen, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, recompactar y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

Si el espesor medio (e_m) resulta inferior al espesor de diseño (e_d), pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el interventor puede admitir el espesor construido, siempre que el constructor se comprometa, por escrito, a compensar la disminución con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para INVÍAS. Si el constructor no suscribe este compromiso, se debe proceder como en el párrafo anterior.

230.5.2.2.3 Planicidad

El interventor debe comprobar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada, en todos los sitios que considere conveniente hacerlo, empleando para ello una regla de tres metros (3 m) de longitud, colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que este escoja, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

La superficie acabada no puede presentar variaciones superiores a quince milímetros (15 mm). Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia debe ser delimitada por el interventor, y el constructor debe corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, debe ser obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente artículo, sin costo adicional para INVÍAS.

230.5.2.2.4 Protección de la subrasante mejorada

El constructor debe responder por la conservación de la subrasante mejorada hasta que se coloque la capa superior y debe corregir, a su costa, cualquier daño que ocurra en ella después de terminada, no atribuible a fuerza mayor o caso fortuito.

Todas las áreas de subrasante mejorada donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

230.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), de subrasante mejorada con adición de materiales en las áreas y espesores señalados en los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No debe haber medida ni pago para los mejoramientos de subrasante, por fuera de las líneas del proyecto, que haya efectuado el constructor por negligencia, o por conveniencia para la operación de sus equipos.

230.7 Forma de pago

El trabajo de mejoramiento de la subrasante con adición de materiales se debe pagar al precio unitario pactado en el contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir los costos de escarificación de la subrasante en el espesor requerido, disgregación del material, la extracción y la disposición del material inadecuado, la adición del material necesario para obtener las cotas proyectadas de subrasante y cunetas, su humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados; herramientas, equipo, mano de obra, cargues, descargues, tanto de material de adición como de los materiales removidos que no sean utilizables y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Además, debe incluir los costos de la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Debe haber pago separado para el suministro y transporte del material de adición, así como para el transporte del material inadecuado, de acuerdo con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos y 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes.

230.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
230.1	Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales	Metro cuadrado (m^2)

Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil

Artículo 231 – 22

231.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geotextiles para prevenir la mezcla entre los suelos de subrasante y los materiales que conforman las capas granulares del pavimento, de conformidad con los documentos del proyecto.

Para que la función de separación por parte del geotextil sea efectiva, el suelo de subrasante debe presentar un valor de CBR mayor o igual a tres por ciento (CBR ≥ 3 %), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 o tener un valor de resistencia al corte igual o mayor a noventa kilopascales (≥ 90 kPa). La determinación de la resistencia al corte se puede realizar con cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 o INV E-170. Los sitios para hacer las determinaciones deben ser los previstos en los documentos del proyecto o los indicados por el interventor. Adicionalmente a lo anterior, el suelo de subrasante no se puede encontrar en condición saturada.

231.2 Materiales

231.2.1 Geotextil

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil deben ser los establecidos en los documentos del proyecto, en función de las condiciones y los procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener el geotextil.

En general, se pueden emplear geotextiles tejidos o no tejidos, elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de poliolefinas o poliéster. El geotextil debe permitir en todo momento el libre paso del agua.

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de la calidad, que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) en que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se debe calcular como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos; o más dos

(2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo.

231.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del geotextil se deben establecer en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que se defina en ellos. Las propiedades mecánicas para su supervivencia en condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 231 — 1, en términos de VMPR.

231.2.1.2 Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas que debe cumplir el geotextil, salvo que los documentos del proyecto especifiquen otros requisitos, son las que se indican en la Tabla 231 — 2, en términos de VMPR.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto pueden especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo).

Tabla 231 — 1. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR
(Medidas en la dirección principal más débil del geotextil)

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Geotextiles tejidos	Geotextiles no tejidos
Elongación (%)	D4632	< 50	≥ 50
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 100	700
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro, valor mínimo (N)	D6241	2 200	1 375
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N). (Nota)	D4533	400	250

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debe ser de doscientos cincuenta newtons (250 N).

Tabla 231 — 2. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

Característica	Norma de ensayo ASTM	VMPR
Permitividad, valor mínimo (s^{-1}). (Nota 1)	D4491	0,02
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D4751	0,60
Estabilidad ultravioleta después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%)	D4355	50

Nota 1: la permitividad del geotextil debe ser mayor que la permitividad del suelo ($\psi_g > \psi_s$).

Nota 2: el valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

231.2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles debe tener un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)* del *Geosynthetic Institute (GSI)*.

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

231.2.2 Material de cobertura

Este material debe cumplir todo lo especificado en los artículos 311, Afirmado; 320, Subbase granular; y 330, Base granular, según sea el caso, de acuerdo con los documentos del proyecto.

231.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geotextil deben cumplir los requisitos establecidos en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante del geotextil.

231.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para instalar el geotextil correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que se deba colocar sobre el geotextil, de conformidad con la especificación correspondiente y los documentos del proyecto.

231.4 Ejecución de los trabajos

231.4.1 Generalidades

El interventor debe exigir al constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la subrasante, la colocación del geotextil y la colocación, la conformación y la compactación del material de cobertura, de manera que el geotextil quede expuesto el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles deben tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades. Los empaques se deben mantener hasta que el material sea utilizado en obra. El geotextil debe ser almacenado en lugares protegidos del sol, libres de humedad y alta temperatura.

231.4.2 Suministro y manejo de los geotextiles

El geotextil que se suministre debe estar debidamente empacado. La identificación,

el almacenamiento y el manejo de los rollos de geotextil se debe hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geotextil debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geotextil se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geotextil se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geotextil se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geotextil deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlo.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté debidamente identificado.

Los rollos de geotextil no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

En todo caso se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante para el transporte y almacenamiento de los geotextiles.

231.4.3 Preparación de la subrasante

La colocación del geotextil solo debe ser autorizada por el interventor cuando la subrasante se haya preparado adecuadamente, de acuerdo con las indicaciones del numeral 210.4.1.4 del artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

La superficie debe ser uniforme, compactada de ser posible y libre de elementos punzantes y cortantes.

231.4.4 Colocación del geotextil

231.4.4.1 Extensión

El geotextil se debe extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada, sin arrugas o dobleces. Si es necesario colocar rollos adyacentes de geotextil, estos se deben traslapar o unir mediante la realización de una costura de acuerdo con lo establecido en el numeral 231.4.4.2.

Los traslapos deben ser los recomendados en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante y aceptados por el interventor, y dependen tanto del CBR de la subrasante como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no deben ser inferiores a los indicados en la Tabla 231 — 3.

Tabla 231 — 3. Traslapo mínimo

Condición	Traslapo mínimo
CBR ≥ 3 %	30 cm o costura
Todo final de rollo	1 m o costura

Las costuras que se usen en reemplazo de los traslapos deben cumplir las condiciones descritas en el numeral 231.4.4.2, con los requisitos adicionales que se señalen en la ficha técnica del producto.

En las curvas, para desarrollar su geometría, el geotextil puede ser cortado con sus correspondientes traslapos o costuras, o doblado, según sea el caso.

El geotextil se puede mantener en su posición mediante estacas, pequeños montículos de agregados o cualquier medio mecánico que no lo dañe.

No se debe permitir que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres días (3 d).

231.4.4.2 Elaboración de costuras

Las costuras deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo debe ser poliéster o polipropileno. No se deben permitir hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se deben permitir aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en masa, de fibras naturales. Tampoco se deben permitir costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada puede ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada debe ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 – 200) puntadas por metro.
- La tensión del hilo se debe ajustar en el campo, de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies que se van a coser. Si se hace la costura a mano, se deben tener los cuidados necesarios para que, al pasar el hilo, el rozamiento no debilite las fibras del geotextil.
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se puede realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.
- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo con la norma ASTM D4632, debe ser, como mínimo, el noventa por ciento (90 %) de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo con la misma norma de ensayo.
- Los paños de geotextil se deben unir mediante costurado de un color que contraste con el del geotextil, de forma tal que se identifiquen fácilmente las zonas de traslapo o de reparación.
- Se debe entregar al interventor una descripción y muestra del tipo de costura que se va a emplear, como mínimo catorce

días (14 d) antes de iniciar la instalación del geotextil. Se debe presentar el tipo de puntada y la densidad, junto con la información relevante. La muestra debe ser de por lo menos uno coma ocho metros (1,8 m) de costura en uno coma cinco metros (1,5 m) de ancho, realizada con el equipo con el que se va a llevar a cabo el trabajo en campo.

231.4.5 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se debe descargar en un lugar previamente escogido y aprobado por el interventor. Luego, el material se debe extender cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil. No se debe permitir el tránsito de maquinaria sobre el geotextil hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa del material de cobertura. No se debe permitir el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geotextil debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geotextil y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo mayor o igual a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura debe ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de cobertura se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. No se debe permitir el uso de equipo vibratorio o de equipos que puedan punzonar el geotextil para la compactación de la primera capa. Los equipos deben ser operados a velocidades inferiores a los quince kilómetros por hora (15 km/h). El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

Las obras de colocación y relleno se deben ejecutar por tramos, los cuales deben quedar terminados en lo posible al final de la jornada, a no ser que el interventor lo autorice de otra manera.

Los documentos del proyecto deben definir el ensayo de referencia para la compactación. Sin embargo, cuando no se defina, el material de cobertura se debe compactar a, por lo menos, el noventa y cinco por ciento (95 %) de los ensayos de compactación (INV E-142), teniendo una variación inferior a quince milímetros (15 mm) respecto a los niveles establecidos en el diseño.

231.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deben garantizar la seguridad permanente, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

231.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

231.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

231.4.9 Reparaciones

Antes de ser cubierto, el geotextil colocado debe ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso de que los hubiese, estos se deben reparar inmediatamente, cubriéndolos con un paño de geotextil que se extienda como mínimo setenta y cinco centímetros (75 cm) alrededor de toda la zona dañada. Se deben seguir las consideraciones adicionales para la reparación, consignadas en la ficha técnica del geotextil suministrada por el fabricante.

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la extensión y la compactación del material de cobertura, así como los que se deriven de un incorrecto PMT recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor, sin costo alguno para el INVÍAS.

231.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

231.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que la subrasante esté preparada adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y cotas señaladas en los documentos del proyecto, antes de autorizar la colocación del geotextil.

- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geotextiles contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante, la colocación del geotextil y la construcción de las capas de material de cobertura.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura. Los ensayos de control relacionados con el geotextil se deben hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759.

Para efectos del pago, el interventor debe medir el trabajo correctamente ejecutado.

231.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

231.5.2.1 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todos los requisitos establecidos en las Tablas 231 — 1 y 231 — 2 del presente artículo, o los que se establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan.

Cada rollo de geotextil debe ser identificado con etiquetas que indiquen como mínimo el nombre del producto, la razón social o símbolo del fabricante, el tipo de geotextil, polímero geosintético del que está compuesto el geotextil, número de lote, número de rollo, peso, ancho y longitud del rollo, lugar de origen y fecha de fabricación.

El interventor no debe aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 m^2 – 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra,

como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se debe terminar de conformidad con las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deben empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 231 — 1 y 231 — 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 231 — 1 y 231 — 2, o los que se establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan. No se deben aceptar geotextiles rasgados, agujereados o usados.

231.5.2.2 Calidad del producto terminado

El geotextil colocado debe presentar una superficie uniforme, sin arrugas ni dobleces. Se debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del geotextil no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- Los traslapos y las costuras cumplan los requisitos establecidos en este artículo.

231.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geotextil colocado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los documentos del proyecto. Para efecto del pago, no se debe medir ningún área por fuera de tales límites, ni se deben considerar los traslapos.

El resultado de la medida se debe informar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

231.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, el almacenamiento y el transporte del geotextil; la colocación del geotextil; los traslapos y costuras; los desperdicios; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

El material de cobertura y su colocación se debe pagar de acuerdo con la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 231.2.2.

231.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
231.1	Geotextil para separación de suelos de subrasante y capas granulares	Metro cuadrado (m^2)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geotextil que se especifique en el contrato.

Estabilización de suelos de subrasante con geotextil

Artículo 232 – 22

232.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geotextiles sobre una subrasante blanda y muy húmeda, de conformidad con los documentos del proyecto, para desempeñar las funciones de separación, filtración y, en algunos casos, refuerzo.

La función de estabilización es apropiada para suelos de subrasante con CBR entre uno y tres por ciento (1 % ≤ CBR < 3 %), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 o tener un valor de resistencia al corte no drenado entre treinta y noventa kilopascales (30 kPa – 90 kPa). La determinación de la resistencia al corte no drenado se puede realizar con cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 o INV E-170. Los sitios para hacer las determinaciones deben ser los previstos en los documentos del proyecto o los indicados por el interventor.

Esta especificación no es aplicable al refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o del cuerpo del terraplén.

232.2 Materiales

232.2.1 Geotextil

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil deben ser los establecidos en los documentos del proyecto, en función de las condiciones y los procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener el geotextil.

En general, se pueden emplear geotextiles tejidos o no tejidos, elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de poliolefinas o poliéster. El geotextil debe permitir en todo momento el libre paso del agua.

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de la calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados, de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más de dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo.

232.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del geotextil deben ser las establecidas en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que se defina en ellos. Las propiedades mecánicas para su supervivencia en condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 232 — 1, en términos de VMPR.

232.2.1.2 Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas que debe cumplir el geotextil, salvo que los documentos del proyecto especifiquen otros requisitos, son las que se indican en la Tabla 232 — 2, en términos de VMPR.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto pueden especificar requisitos de permeabilidad, determinada, según la norma de ensayo ASTM D4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo).

Tabla 232 – 1. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR
(Medidas en la dirección más débil del geotextil)

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito	
		Geotextiles tejidos	Geotextiles no tejidos
Elongación (%)	D4632	< 50	≥ 50
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 400	900
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 260	810
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro, valor mínimo (N)	D6241	2 750	1 925
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N). (Nota)	D4533	500	350

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debe ser de doscientos cincuenta newtons (250 N).

Tabla 232 — 2. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

Característica	Norma de ensayo ASTM	VMPR
Permitividad, valor mínimo (s^{-1}). (Nota 1)	D4491	0,05
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D4751	0,43
Estabilidad ultravioleta después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%)	D4355	50

Nota 1. la permitividad del geotextil debe ser mayor que la permitividad del suelo ($\psi_g > \psi_s$).

Nota 2: el valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

232.2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles debe tener un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)* del *Geosynthetic Institute (GSI).*

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de la calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

232.2.2 Material de cobertura

Este material debe cumplir todo lo especificado en los artículos 311, Afirmado; 320, Subbase granular; y 330, Base granular, según sea el caso, de acuerdo con los documentos del proyecto.

232.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geotextil deben cumplir los requisitos establecidos en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante del geotextil.

232.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para instalar el geotextil correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que se deba colocar sobre el geotextil, de conformidad con la especificación correspondiente y los documentos del proyecto.

232.4 Ejecución de los trabajos

232.4.1 Generalidades

El interventor debe exigir al constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la subrasante y de las capas inferiores del pavimento, si es el caso, la colocación del geotextil y la colocación, conformación y compactación del material de cobertura, de manera que el geotextil quede expuesto el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles deben tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades. Los empaques se deben mantener hasta que el material sea utilizado en obra. El geotextil debe ser almacenado en lugares protegidos del sol, libres de humedad y alta temperatura.

232.4.2 Suministro y manejo de los geotextiles

El geotextil que se suministre debe estar debidamente empacado. La identificación, el

almacenamiento y el manejo de los rollos de geotextil se deben hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geotextil debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geotextil se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geotextil se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geotextil se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geotextil deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlo.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté debidamente identificado.

Los rollos de geotextil no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

En todo caso, se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante para el transporte y el almacenamiento de los geotextiles.

232.4.3 Preparación de la subrasante

La colocación del geotextil solo debe ser autorizada por el interventor cuando la subrasante se haya preparado adecuadamente. En el caso de la subrasante natural, su preparación debe estar de acuerdo con las indicaciones del artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

La superficie debe ser uniforme, compactada si es viable según las condiciones geotécnicas del suelo de subrasante y libre de elementos punzantes y cortantes.

232.4.4 Colocación del geotextil

232.4.4.1 Extensión

El geotextil se debe extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada, sin arrugas o dobleces. Si es necesario colocar rollos adyacentes de geotextil, estos se deben traslapar o unir mediante la realización de una costura, de acuerdo con numeral 232.4.4.2.

Los traslapos deben ser los recomendados en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante y aceptados por el interventor y dependen tanto del CBR de la subrasante, cuando se coloque sobre esta, como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no deben ser inferiores a los indicados en la Tabla 232 — 3.

Tabla 232 — 3. Traslapo mínimo

Condición	Traslapo mínimo
1 ≤ CBR < 3%	60 cm o costura
Todo final de rollo	1 m o costura

Las costuras que se usen en reemplazo de los traslapos deben cumplir las condiciones descritas en el numeral 232.4.4.2 y con los requisitos adicionales que se señalen en la ficha técnica del producto.

En las curvas, para desarrollar su geometría, el geotextil puede ser cortado con sus correspondientes traslapos o costuras, o doblado, según sea el caso.

El geotextil se puede mantener en su posición mediante estacas, pequeños montículos de agregados o cualquier medio mecánico que no lo dañe.

No se debe permitir que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres días (3 d).

232.4.4.2 Elaboración de costuras

Las costuras deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo debe ser, poliéster o polipropileno. No se deben permitir hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se deben permitir aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en masa, de fibras naturales. Tampoco se deben permitir costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada puede ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada debe ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 – 200) puntadas por metro.
- La tensión del hilo se debe ajustar en el campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies por coser. Si se hace la costura a mano, se deben tener los cuidados necesarios para que, al pasar el hilo, el rozamiento no debilite las fibras del geotextil.
- De acuerdo con el tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se puede realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.
- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo con la norma ASTM D4632, debe ser, como mínimo, el noventa por ciento (90 %) de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo con la misma norma de ensayo.
- Los paños de geotextil deben unirse mediante costurado, de un color que contraste con el del geotextil, de forma tal que se identifiquen fácilmente las zonas de traslapo o de reparación.
- Se debe entregar al interventor una descripción y muestra del tipo de costura que se va a emplear, como mínimo catorce

días (14 d) antes de iniciar la instalación del geotextil. Se debe presentar el tipo de puntada, y la densidad, junto con la información relevante. La muestra debe ser de por lo menos uno coma ocho metros (1,8 m) de costura en uno coma cinco metros (1,5 m) de ancho, realizada con el equipo con el que se va a llevar a cabo el trabajo en campo.

232.4.5 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se debe descargar en un lugar previamente escogido y aprobado por el interventor. Luego, el material se debe extender cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil. No se debe permitir el tránsito de maquinaria sobre el geotextil, hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa del material de cobertura. No se debe permitir el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geotextil debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geotextil y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo mayor o igual a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura debe ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de cobertura se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. No se debe permitir el uso de equipo vibratorio o de equipos que puedan punzonar el geotextil para la compactación de la primera capa. Los equipos deben ser operados a velocidades inferiores a los quince kilómetros por hora (15 km/h). El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

Las obras de colocación y relleno se deben ejecutar por tramos, los cuales deben quedar terminados en lo posible al final de la jornada, a no ser que el interventor lo autorice de otra manera.

Los documentos del proyecto deben definir el ensayo de referencia para la compactación. Sin embargo, cuando no se defina, el material de cobertura se debe compactar a, por lo menos, el noventa y cinco por ciento (95 %) de los ensayos de compactación (INV E-142), teniendo una variación inferior a quince milímetros (15 mm) respecto a los niveles establecidos en el diseño.

232.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deben garantizar la permanente seguridad, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

232.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

232.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

232.4.9 Reparaciones

Antes de ser cubierto, el geotextil colocado debe ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso de que los hubiese, estos se deben reparar inmediatamente, cubriéndolos con un paño de geotextil del mismo tipo y con las mismas características del geotextil por reparar, que se extienda como mínimo setenta y cinco centímetros (75 cm) alrededor de toda la zona dañada. Se deben seguir las consideraciones adicionales para la reparación consignadas en la ficha técnica del geotextil suministrada por el fabricante.

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la extensión y la compactación del material de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto PMT recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor, sin costo alguno para el INVÍAS.

232.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

232.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que la subrasante o la capa de apoyo estén preparadas adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y las cotas señaladas en los documentos del proyecto, antes de autorizar la colocación del geotextil.
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.

- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geotextiles contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante, la colocación del geotextil y la construcción de las capas de material de cobertura.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura. Los ensayos de control relacionados con el geotextil se deben hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759.

Para efectos de pago, el interventor debe medir el trabajo ejecutado correctamente.

232.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

232.5.2.1 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas los requisitos establecidos en las Tablas 232 — 1 y 232 — 2 del presente artículo, o los que se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que prevalezcan.

Cada rollo de geotextil debe ser identificado con etiquetas que indiquen como mínimo el nombre del producto, la razón social o símbolo del fabricante, el tipo de geotextil, polímero geosintético del que está compuesto el geotextil, número de lote, número de rollo, peso, ancho y longitud del rollo, lugar de origen y fecha de fabricación.

El interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 m^2 – 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra, como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se debe terminar de conformidad con las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se

deben empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 232 — 1 y 232 — 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 232 — 1 y 232 — 2, o los que se establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan. No se deben aceptar geotextiles rasgados, agujereados o usados.

232.5.2.2 Calidad del producto terminado

El geotextil colocado debe presentar una superficie uniforme, sin arrugas ni dobleces. Se debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del geotextil no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- Los traslapos y las costuras cumplan los requisitos establecidos en este artículo.

232.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geotextil colocado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los documentos del proyecto. No se debe medir ningún área por fuera de tales límites, ni se deben considerar, para efecto del pago, los traslapos.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

232.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, almacenamiento y transporte del geotextil; la colocación del geotextil; los traslapos y costuras; los desperdicios; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

El material de cobertura se debe pagar de acuerdo con la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 232.2.2.

232.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
232.1	Geotextil para estabilización de la subrasante	Metro cuadrado (m^2)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geotextil que se especifique en el contrato.

Estabilización de suelos de subrasante y refuerzo de capas granulares con geomallas

Artículo 233 – 22

233.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geomallas sobre la subrasante o entre capas granulares del pavimento, en los sitios y con las dimensiones señalados en los documentos del proyecto.

La función de estabilización es apropiada para suelos de subrasante con CBR entre uno y tres por ciento (1 ≤ CBR < 3 %), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169, o tener un valor de resistencia al corte no drenado entre treinta kilopascales y noventa kilopascales (30 kPa – 90 kPa). La determinación de la resistencia al corte no drenado se debe realizar con cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 o INV E-170. Los sitios para hacer las determinaciones deben ser los previstos en los documentos del proyecto o los indicados por el interventor. Para validar el funcionamiento de las geomallas se deben realizar tramos de prueba. Para subrasantes con CBR inferior a uno por ciento (CBR < 1 %), se debe evaluar la viabilidad de su uso mediante tramos de prueba.

En el caso de estabilización de suelos de subrasante con geomallas, los documentos del proyecto pueden indicar que se coloque un geotextil de separación entre la subrasante y la geomalla. En este caso, la instalación del geotextil de separación debe estar cubierta por el artículo 231, Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil.

Esta especificación no es aplicable para el refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o del cuerpo del terraplén.

233.2 Materiales

233.2.1 Geomalla

La geomalla debe ser biaxial o multiaxial y debe ser capaz de mantener su estabilidad dimensional durante su instalación y el tránsito normal de construcción.

La geomalla debe resistir el daño durante la construcción, incluyendo la degradación ultravioleta y debe tener resistencia a largo plazo a la degradación química y biológica.

El tipo y las propiedades requeridas de la geomalla deben ser los establecidos en los documentos del proyecto, en función de las condiciones y los procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener la geomalla.

Varias de las propiedades de las geomallas se expresan en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados, de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo.

233.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades de la geomalla deben ser las establecidas en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que en ellos se defina, a partir de la siguiente guía de la FHWA:

- FHWA-NHI-07-092, *Geosynthetic Design and Construction Guidelines*.

En las Tablas 233 — 1 y 233 — 2 se indican las propiedades mínimas que debe tener la geomalla, para las aplicaciones de estabilización de subrasante y refuerzo de las capas granulares, respectivamente.

Tabla 233 — 1. Propiedades mecánicas de la geomalla para estabilización de la subrasante

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito según la clase por supervivencia		
		Clase 1 (Alta)	Clase 2 (Moderada-1)	Clase 3 (Moderada-2)
Propiedades de refuerzo				
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Área abierta, como porcentaje (%) del área total.	Medido	50 – 90		
Tamaño de abertura, (mm). (Notas 1 y 2).	Medido	12,5 mm – 75 mm		
		≥ D_{50} del agregado encima de la geomalla		
		≤ 2 * D_{85} del agregado encima de la geomalla		

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito según la clase por supervivencia		
		Clase 1 (Alta)	Clase 2 (Moderada-1)	Clase 3 (Moderada-2)
Propiedades de supervivencia (Nota 3)				
Resistencia última a la tensión en prueba de con costillas múltiples, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	18	12	12
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N).	ASTM D7737	110	110	35
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%).	ASTM D4355	50		

Nota 1: la abertura de la geomalla se debe medir con un calibrador tipo Vernier, con precisión de cero coma cero un milímetro (0,01 mm). Se deben medir las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en cinco (5) sitios escogidos aleatoriamente.

Nota 2: D_{50} corresponde al diámetro del tamiz de menor abertura por el cual pasa el cincuenta por ciento (50 %) del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo. D_{85} corresponde al diámetro del tamiz de menor abertura por el cual pasa el ochenta y cinco por ciento (85 %) del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo.

Nota 3: los requisitos para las propiedades de resistencia por supervivencia representan el sentido principal más débil de la geomalla.

Tabla 233 — 2. Propiedades mecánicas de la geomalla para refuerzo de capas granulares

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito según la clase por supervivencia		
		Clase 1 (Alta)	Clase 2 (Moderada-1)	Clase 3 (Moderada-2)
Propiedades de refuerzo				
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Módulos secantes a la tensión para el dos y el cinco por ciento (2 % y 5 %) de elongación, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Coeficiente de interacción geosintético/ suelo por extracción para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo.	ASTM D6706	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Coeficientes de deslizamiento pico y residual en la interfaz geosintético/suelo, para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo.	ASTM D5321	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Área abierta, como porcentaje (%) del área total.	Medido	50 – 90		
Tamaño de abertura, (mm). (Nota 1).	Medido	Según lo establecido en los documentos del proyecto		

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito según la clase por supervivencia		
		Clase 1 (Alta)	Clase 2 (Moderada-1)	Clase 3 (Moderada-2)
Propiedades de supervivencia (Nota 2)				
Resistencia última a la tensión en prueba de costillas múltiples, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	18	12	12
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N).	ASTM D7737	110	110	35
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%).	ASTM D4355	50		

Nota 1: la abertura de la geomalla se debe medir con un calibrador tipo Vernier, con precisión de cero coma cero un milímetro (0,01 mm). Se deben medir las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en cinco (5) sitios escogidos aleatoriamente.

Nota 2: los requisitos para las propiedades de resistencia por supervivencia representan el sentido principal más débil de la geomalla.

En reemplazo del requisito de resistencia de las uniones o nodos, el fabricante puede documentar la supervivencia de las uniones a la instalación, mediante pruebas a escala real, según la norma ASTM D5818, que demuestren su integridad, en las condiciones del proyecto (suelo de apoyo, espesor de capas, materiales de relleno, equipo de construcción). La geomalla se debe cubrir con una capa de material de relleno de quince centímetros (15 cm) de espesor mínimo y debe ser sometida al paso repetido de una volqueta cargada, hasta producir un ahuellamiento de diez centímetros (10 cm). El informe de las pruebas debe incluir un registro fotográfico de la geomalla recuperada, que muestre claramente que las uniones no se han desplazado ni sufrido deterioro alguno durante el proceso de instalación.

233.2.1.2 Control de calidad de la producción

El fabricante de las geomallas debe contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)* del *Geosynthetic Institute (GSI).*

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de la calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

233.2.2 Geotextil de separación

En el caso de estabilización de suelos de subrasante, si los documentos del proyecto indican que se debe colocar un geotextil de

separación entre la subrasante y la geomalla, sus propiedades deben cumplir los requisitos establecidos en el numeral 231.2 del artículo 231.

Normalmente se requiere un geotextil de separación cuando no se cumple con el siguiente requisito:

D_{85} de agregado sobre la geomalla < $5 * D_{85}$ del suelo de subrasante [233.1]

Donde:

D_{85}, diámetro del tamiz de menor abertura por el cual pasa el ochenta y cinco por ciento (85 %) del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo.

233.2.3 Material de cobertura

Este material debe cumplir todo lo especificado en los artículos 311, Afirmado; 320, Subbase granular; y 330, Base granular, según sea el caso, de acuerdo con los documentos del proyecto.

233.2.4 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación de la geomalla deben cumplir los requisitos establecidos en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante de la geomalla.

233.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para instalar la geomalla correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que se deba colocar sobre la geomalla, de conformidad con la especificación correspondiente y los documentos del proyecto.

233.4 Ejecución de los trabajos

233.4.1 Generalidades

Los trabajos se deben efectuar con la adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la subrasante y de las capas inferiores del pavimento si es el caso, la colocación de la geomalla y la colocación, la conformación y la compactación del material de cobertura, de manera que la geomalla quede expuesta el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, las geomallas deben tener empaques que las protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

233.4.2 Suministro y manejo de las geomallas

Las geomallas que se suministren deben estar empacadas. La identificación, el almacenamiento y el manejo de los rollos de geomallas se deben hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geomallas debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geomallas se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geomallas se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geomallas se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geomallas deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlo.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté identificado.

Los rollos de geomallas no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o ser lanzados al piso.

En todo caso se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante, para el transporte y el almacenamiento de las geomallas.

233.4.3 Preparación de la subrasante o de la capa granular de apoyo

La colocación de la geomalla solo debe ser autorizada por el interventor cuando la subrasante o la capa granular de apoyo se haya preparado adecuadamente. En el caso de la subrasante natural, se debe preparar de acuerdo con las indicaciones del artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

233.4.4 Colocación de la geomalla

233.4.4.1 Extensión

La geomalla se debe extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada. La geomalla se debe alinear, templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión. La sujeción a la superficie se debe hacer según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante, por medio de grapas o pequeñas pilas de agregado de cobertura.

Si es necesario colocar rollos adyacentes de geomalla, estos se deben traslapar de acuerdo con las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto.

En el caso de subrasantes muy blandas (CBR < 1 %), la geomalla se debe extender en forma perpendicular a la vía, salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa.

La geomalla no debe estar expuesta, sin cubrir, por más de tres días (3 d).

233.4.4.2 Empalmes

Las geomallas pueden ser traslapadas o pueden ser conectadas por medio de sujetadores mecánicos.

Los traslapos deben ser los recomendados en la ficha técnica del producto y aceptados por el interventor y dependen tanto del CBR de la subrasante, cuando se coloque sobre esta, como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no deben ser inferiores a los indicados en la Tabla 233 — 3.

Tabla 233 — 3. Traslapo mínimo

Condición	Traslapo mínimo
CBR ≥ 3%	30 cm
1 % < CBR < 3 %	60 cm
0,5 % < CBR ≤ 1 %	90 cm
CBR ≤ 0,5 %	Unión mecánica
Todo final de rollo	0,90 m

Los traslapos se deben asegurar con uniones plásticas, según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto, separadas no más de seis metros (6 m) en las uniones longitudinales o uno coma cinco metros (1,5 m) en las uniones transversales. En el caso de subrasantes muy blandas (CBR < 1 %), los traslapos se deben amarrar con cable de nylon para mantener sus dimensiones.

En el caso de conexiones mecánicas, los elementos que se usen y los procedimientos de instalación se deben acoger a las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante de la geomalla. La durabilidad de estos elementos debe ser, como mínimo, igual a la durabilidad de la geomalla.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, la resistencia última a la tensión de las uniones mecánicas, medida en la dirección perpendicular al empalme, debe ser, como mínimo, igual a la resistencia última de la geomalla a la tensión en prueba con costillas múltiples especificada en la Tabla 233 — 1. La medición de la resistencia de la unión se debe realizar con el mismo procedimiento de ensayo que se utiliza para medir la resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples de la geomalla.

233.4.5 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se debe descargar en un lugar previamente escogido y autorizado por el interventor. Luego, el material se debe extender cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en la geomalla.

Sobre la geomalla no deben transitar directamente los equipos de construcción de orugas. Debe haber una cobertura mínima de quince centímetros (15 cm) para permitir su circulación. Los equipos de llantas pueden transitar sobre la geomalla, siempre y cuando el material de apoyo lo permita, a una velocidad máxima de cinco kilómetros por hora (5 km/h).

No se debe permitir el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre la geomalla debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características de la geomalla y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada

de material de cobertura debe ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de cobertura se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

233.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deben garantizar la permanente seguridad, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y de transeúntes.

233.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

233.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

233.4.9 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las uniones, en los elementos de sujeción, en los cortes de la geomalla, en la extensión y la compactación del material de cobertura, así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

233.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

233.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que la subrasante o la capa de apoyo estén preparadas adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y las cotas señaladas en los documentos del proyecto, antes de autorizar la colocación de la geomalla.
- Verificar que cada rollo de geomalla presente, en forma clara, la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, las geomallas tengan los empaques que las protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de las geomallas contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante o capa granular de apoyo, la colocación de la geomalla y la construcción de las capas de material de cobertura.
- Efectuar ensayos de control sobre la geomalla, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura.

Para efectos de pago, el interventor debe medir las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

233.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

233.5.2.1 Calidad de la geomalla

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante de la geomalla, donde se establezca el nombre del producto, la composición química y toda la información que describa la geomalla, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o en las Tablas 233 — 1 y 233 — 2, según los que prevalezcan. El interventor no debe aceptar el empleo de suministros de geomalla que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 m^2 — 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geomalla para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra, como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deben empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en los documentos del proyecto o en la Tabla 233 — 4, según lo que prevalezca.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos.

Tabla 233 — 4. Pruebas de verificación de la calidad de la geomalla

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples (kN/m). (Nota 1).	ASTM D6637
Módulos secantes a la tensión para el dos y el cinco por ciento (2 % y 5 %) de elongación (kN/m).	ASTM D6637
Área abierta, como porcentaje (%) del área total.	Medido
Tamaño de abertura (mm). (Nota 2).	Medido
Propiedades de supervivencia	
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N).	ASTM D7737
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición (%).	ASTM D4355

Nota 1: para aplicaciones de refuerzo de capas granulares.

Nota 2: la abertura de la geomalla se debe medir con un calibrador tipo Vernier, con precisión de cero coma cero un milímetro (0,01 mm). Se deben medir las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en cinco (5) sitios escogidos aleatoriamente.

233.5.2.2 Calidad del producto terminado

La geomalla colocada debe presentar una superficie uniforme y templada. Se debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la geomalla no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- Los traslapos, las uniones y las sujeciones cumplan con los requisitos establecidos en este artículo.

233.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geomalla colocada; aprobada por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente

especificación. El área se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los documentos del proyecto. No se debe medir ningún área por fuera de tales límites, ni se debe considerar, para efecto del pago, los traslapos.

El resultado de la medida se debe informar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

233.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado, de acuerdo con la presente especificación y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, el almacenamiento y el transporte de la geomalla; la colocación de la geomalla, con sus uniones y elementos de fijación; los traslapos; los desperdicios; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

El material de cobertura se debe pagar de acuerdo con la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 233.2.3.

La instalación del geotextil de separación, si se requiere, se debe pagar según el artículo 231, Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil.

233.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
233.1	Geomalla para estabilización de suelos de subrasante	Metro cuadrado (m^2)
233.10	Geomalla para refuerzo de capas granulares	Metro cuadrado (m^2)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada tipo de geomalla que se especifique en el contrato.

Conformación de taludes existentes

Artículo 234 – 22

234.1 Descripción

Este trabajo consiste en las operaciones necesarias para mejorar geométricamente superficies irregulares o deterioradas de taludes existentes de excavaciones, terraplenes y pedraplenes que así lo requieran, de acuerdo con los documentos del proyecto.

La ejecución de las labores de acabado geométrico de taludes nuevos, que se construyan como parte del proyecto está incluida en las respectivas unidades de obra: artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 220, Terraplenes; y 221, Pedraplenes, según corresponda.

234.2 Materiales

Los materiales requeridos para las operaciones de relleno descritas en el numeral 234.4, deben ser los que autorice el interventor. Los materiales por emplear deben ser preferiblemente provenientes de las obras de la explanación. El uso de materiales de préstamo debe ser justificado por el constructor y aprobado por el interventor.

234.3 Equipo

El equipo que se utilice para el perfilado debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en la cantidad suficiente para producir el rendimiento y para garantizar el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo. Su selección es responsabilidad del constructor. Dicho equipo se debe mantener en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que dure la ejecución de la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si durante el trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo, en tanto que el constructor corrija las deficiencias. Los atrasos en el programa de ejecución, que se ocasionen por este motivo, son responsabilidad del constructor.

Los equipos y los procedimientos constructivos deben garantizar la conservación de obras elaboradas previamente, árboles u otros elementos existentes.

234.4 Ejecución de los trabajos

En lo posible, las obras de conformación de taludes se deben realizar con posterioridad a la explanación y después de construir los drenajes y obras de arte que no interfieran con la operación.

Se debe eliminar de la superficie de los taludes, cualquier material inadecuado o inestable que no se pueda compactar debidamente o que el interventor considere que no sirva a los fines previstos. Los huecos resultantes se deben rellenar con materiales

adecuados, preferiblemente provenientes de la misma explanación, de acuerdo con las indicaciones del interventor.

En caso de que se produzca un deslizamiento o un proceso de inestabilidad en el talud de un terraplén, se debe retirar y sustituir el material afectado por el movimiento, y reparar el daño producido en la obra. El contacto entre el material sustituido y el remanente en el talud se debe escalonar para asegurar la estabilidad del primero. A continuación, la superficie final del talud se debe perfilar, de acuerdo con los criterios definidos en este artículo.

Los taludes deben quedar conformados de acuerdo con los documentos del proyecto y las instrucciones complementarias del interventor, y se debe mantener en perfecto estado hasta el recibo definitivo de las obras, tanto en lo que se refiere a los aspectos funcionales como a los estéticos.

Los perfilados de taludes que se efectúen para armonizar con el paisaje circundante se deben hacer con una transición gradual, cuidando especialmente las transiciones entre taludes de distinta inclinación. En los tramos de paso de excavación a terraplén y viceversa, los taludes se curvan gradualmente para unirse entre sí y con la superficie natural del terreno, sin originar una discontinuidad visible.

El vértice inferior y superior de la cara de cada talud se debe redondear, excepto en aquellos sobre roca dura, ajustándose a los documentos del proyecto e instrucciones del interventor. Del mismo modo, se deben redondear los recubrimientos de tierra sobre masas de roca.

El acabado de los taludes debe ser suave, uniforme y totalmente acorde con la superficie del terreno y la carretera, sin grandes contrastes, y ajustándose al proyecto, procurando evitar daños a árboles existentes o rocas que tengan pátina (cualquier superficie expuesta donde sea evidente la alteración, física o química, de los minerales de la roca *in situ*), para lo cual se deben hacer los ajustes necesarios.

Los materiales que no se utilicen se deben retirar del sitio de los trabajos, y se deben depositar en las Zonas de Disposición de Materiales de Excavación (ZODME) o zonas de disposición autorizadas, en la forma que indique el proyecto o apruebe el interventor. Con esto se busca evitar alteraciones a la funcionalidad de la carretera, al paisaje y a cuerpos de agua, así como para no obstaculizar el drenaje natural. Se debe seguir, en todo caso, lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la ejecución de los trabajos de excavación debe ser asumido por el constructor, quien debe reponer el bien a entera satisfacción de su propietario sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

234.4.1 Limitaciones en la ejecución

No se deben adelantar los trabajos objeto del presente artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de conformación de taludes existentes se deben realizar en condiciones de luz

solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

De cualquier modo, a pesar de las limitaciones en la ejecución de las labores, estas se deben considerar en la planeación del trabajo para su realización.

234.4.2 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

234.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

234.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de construcción.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas conformadas.
- Comprobar que se cumplen las exigencias de la ejecución de los trabajos y las tolerancias definidas en el presente artículo.

Para efectos de pago, el interventor debe medir las unidades de trabajo ejecutado por el constructor, de acuerdo con la presente especificación.

234.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los taludes deben ser perfilados, de acuerdo con las pendientes establecidas en los documentos del proyecto. Ningún punto de su superficie se debe alejar más de diez centímetros (10 cm) del plano teórico de dicho talud. Si el material del talud es conglomerado o roca, la tolerancia debe ser de treinta centímetros (30 cm).

La medida se debe hacer en la dirección perpendicular al plano del talud. Se exceptúan de estos requisitos las áreas con afloramientos rocosos, cuya permanencia haya sido aprobada por el interventor.

234.6 Medida

La conformación de taludes existentes se debe pagar por metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), medido sobre el plano del talud. El resultado de la medida se

debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No debe haber medición para efectos de pago por la construcción de escalones, ni por los redondeos de los bordes superiores de los cortes. Las sobreexcavaciones y los cortes no autorizados por el interventor, deben ser a cargo del constructor, incluso sus rellenos, cuando corresponda.

234.7 Forma de pago

El trabajo de conformación de taludes existentes, se debe pagar al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada, de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario para la conformación de taludes existentes debe cubrir todos los costos por concepto de excavación, remoción, cargue, acarreo libre, y descargue de los materiales en la zona de utilización o desecho, así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

El pago de este ítem se debe realizar cuando, por la naturaleza del proyecto, se haya contemplado como actividad independiente. De otra forma, se debe considerar incluido en las unidades de obra definidas por los artículos: artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 220, Terraplenes; y 221, Pedraplenes, según corresponda.

234.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
234.1	Conformación de taludes existentes	Metro cuadrado (m^2)

Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento

Artículo 235 – 22

235.1 Descripción

Este trabajo consiste en la estabilización, en sitio o en planta, de los suelos de subrasante y terraplén, mediante su mezcla homogénea con cemento hidráulico, de acuerdo con las dimensiones, los alineamientos y las secciones indicados en los documentos del proyecto.

Para la estabilización de suelos, se deben definir tramos homogéneos que permitan garantizar los diseños de mezcla, los procesos constructivos y el control de calidad de la obra.

235.2 Materiales

235.2.1 Suelos

Los suelos que se van a estabilizar con cemento hidráulico pueden resultar de la combinación de gravas, arenas, limos y arcillas, existentes o provenientes de zonas de préstamo, siempre y cuando estos no presenten altos contenidos de materia orgánica o sales en cantidades perjudiciales que afecten su desempeño.

La caracterización del suelo debe tener como objetivo obtener una mezcla económica y un buen desempeño estructural, en términos de la cantidad de cemento.

Los suelos, para su estabilización con cemento, deben cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 235 — 1. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos adicionales para los suelos por estabilizar con cemento.

Tabla 235 — 1. Requisitos de suelos para la estabilización de suelos con cemento

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Composición (F)		
Material que pasa el tamiz de 4,75 mm (nro. 4) (%)	INV E-213	Reportar
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) (%)	INV E-214	Reportar
Limpieza (F)		
Límite líquido (%)	INV E-125	Reportar
Límite plástico (%)	INV E-126	Reportar
Contenido de materia orgánica, máximo (%). (Nota 1)	INV E-121/UNE 103204	2

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos, expresada como $SO_4^=$, máximo (%)	INV E-233/UNE 103201	0,9 (Nota 2)

Nota 1: se pueden estabilizar suelos con contenido de materia orgánica entre dos y tres por ciento (2 % – 3 %) cuando la viabilidad de su estabilización sea demostrada mediante un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental. El ensayo de contenido de materia orgánica se puede realizar mediante la norma INV E-121 o la UNE 103204.

Nota 2: la utilización de suelos con sulfatos solubles puede dar lugar a hinchamientos por la formación de ettringita secundaria y otros compuestos. Cuando en las características geológicas de la zona, hayan dificultades para disponer de suelos o materiales locales con contenidos de sulfatos solubles iguales o superiores a cero coma nueve por ciento (0,9 %), se requiere la realización de un estudio específico de aptitud de uso:

- El valor de expansión volumétrica de suelo estabilizado después de siete días (7 d) de inmersión en agua, debe ser inferior al cinco por ciento (5 %), de acuerdo con la norma UNE-EN 13286-49.
- Se debe cumplir, además, que la resistencia a la tracción indirecta, norma UNE-EN 13286-42 (o NTC 722), sea mayor o igual a cero coma dos megapascales (0,2 MPa).

235.2.2 Cemento

Los documentos del proyecto deben establecer el tipo de cemento por utilizar, teniendo en cuenta las recomendaciones del artículo 501, Suministro de cemento hidráulico, o de la NTC 4050. La selección se debe acompañar de la definición de los procesos de colocación y compactación que garanticen la adecuada disposición y curado de las capas, los cuales deben ser confirmados y aprobados por el interventor en la fase experimental.

El constructor debe presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no debe ser utilizado. Tampoco se debe permitir emplear cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

235.2.3 Agua

El agua que se requiera para la estabilización con cemento debe ser limpia y libre de cantidades apreciables de aceites, ácidos, álcalis, azúcares, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial que pueda afectar al cemento. Así mismo, el agua no debe afectar negativamente el fraguado, el endurecimiento y el comportamiento de la mezcla. El agua utilizada en la mezcla debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 235 — 2.

Tabla 235 — 2. Requisitos del agua no potable para la estabilización de suelos con cemento

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH, mínimo	D1293	5,5
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

235.2.4 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada, mejorar las características de la mezcla o mejorar el comportamiento esperado de la mezcla; para su uso, se recomienda una especificación particular para el aditivo que tenga en cuenta:

1. Establecimiento de las condiciones de humedad relativa, temperatura media y viento de la zona de los trabajos.

2. Clasificación del aditivo según el tipo de procesos de estabilización; los tipos de procesos de estabilización son:

   - Sistemas de transporte coloidal (STC)
   - Estabilización suelo-polvo de roca (SPR)
   - Estabilización por medio de enzimas (ENZ)
   - Estabilización electromecánica de suelos (EQS)
   - Estabilización a través de bases orgánicas (BO)
   - Estabilizaciones con adiciones a suelos cemento (ASC)

3. Ejecución de ensayos (laboratorio y/o in situ) y análisis de resultados que demuestren que los aditivos cumplen la función prevista con los materiales.

4. Determinación de las dosificaciones de la fórmula de trabajo y metodología de puesta en obra.

5. Con base en los resultados de laboratorio de la fase exploratoria, determinación del módulo de rigidez estimado (*Ee*) de la capa estabilizada.

El empleo de aditivos retardadores de fraguado es obligatorio cuando se prevea que la temperatura ambiente durante la construcción de la capa estabilizada sea mayor a treinta grados Celsius (30 °C), salvo que el interventor, con base en los resultados de ensayos realizados para obtener la fórmula de trabajo, apruebe la construcción convencional sin uso de aditivos.

Para la ejecución de los trabajos, el constructor debe constatar y establecer la fecha de vencimiento de los aditivos. Por ningún motivo se pueden aplicar aditivos que se encuentren vencidos.

Luego de ejecutados los trabajos, se deben realizar ensayos a muestras extraídas *in-situ* de la capa estabilizada que determinen el módulo de rigidez obtenido (*Eo*) de la capa estabilizada, con el propósito de verificar y documentar el grado de mejora logrado.

235.2.5 Del suelo estabilizado para rellenos de terraplén

En los documentos del proyecto o durante la ejecución de la obra se puede determinar la necesidad de estabilización de materiales usados para la formación de rellenos tipo terraplén cuando, como resultado de la caracterización de los materiales efectuada, se incumpla con alguno de los criterios establecidos en el artículo 220, Terraplenes, pero se cumplan los establecidos en la Tabla 235 — 3. En este caso, la estabilización debe tener alguno de los siguientes objetivos:

- Disminución del potencial expansivo y de contracción del suelo a nivel medio para cuerpo de terraplén y nivel bajo para corona respectivamente, de acuerdo con los requerimientos de la norma INV E-132.
- Aumento de la resistencia medida a través del CBR y reducción del potencial de expansión, a través de la norma INV E-148.
- Reducción del potencial de colapso del suelo medido a través de la norma INV E-157.

En tal caso, deben ser aplicables, la definición de las partes de un terraplén, los requisitos de acabado y las demás descritas en el artículo 220.

Cuando así se determine, los materiales estabilizados con cemento que se empleen en la construcción de los terraplenes deben cumplir los requisitos indicados en la Tabla 235 — 3.

Tabla 235 — 3. Características del material para terraplén estabilizado con cemento

Característica	Norma de ensayo	Cimiento y núcleo	Espaldones y corona
Valor de azul de metileno, máximo (g/kg).	INV E-235	40	40
Límite líquido, máximo (%). (Nota 1).	INV E-125	40	40
Límite de contracción, Método de Parafina, mínimo (%).	INV E-129	13	13
Contenido mínimo de cemento (%). (Nota 2).	INV E-617	2	2
Característica	**Norma de ensayo**	**Cimiento y núcleo**	**Espaldones y corona**
CBR de laboratorio cuatro días (4 d) sumergido, mínimo (%). Los valores de CBR indicados corresponden a la densidad mínima exigida en el numeral 235.5.3.1 de esta especificación.	INV E-148	6	6
Expansión libre en edómetro, máximo (%).	ASTM D4546	1,5	No expansivo
Índice de colapso, máximo (%). El espécimen se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 235.5.3.1. de esta especificación y con el contenido de agua correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.	INV E-157/ ASTM D4546	0,5	No colapsable

Nota 1: cuando el límite líquido sea mayor al treinta por ciento (30 %) el índice de plasticidad debe ser mayor a cuatro (4).

Nota 2: el contenido mínimo de cemento se puede disminuir hasta uno coma cinco por ciento (1,5 %) siempre que se justifique adecuadamente, se compruebe en el tramo de prueba con los medios y equipos que se vayan a emplear en la obra, y se cuente con la autorización del interventor.

235.3 Equipo

Para la ejecución de los trabajos de estabilización se deben emplear equipos mecánicos, que pueden ser independientes, o equipos que realicen dos o más operaciones. En general, el equipo que se utilice para la construcción de capas estabilizadas debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en la cantidad suficiente para producir el volumen establecido, conforme a los resultados de los tramos de prueba, y es responsabilidad del constructor su selección. Dicho equipo se debe mantener en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo, hasta que el constructor corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución son responsabilidad del constructor.

El constructor debe emplear en la obra el tipo de equipo señalado en los documentos del proyecto. Si estos documentos no definen el equipo, se debe usar una máquina de tambor rotatorio y cámara de mezclado como mínima categoría de equipo.

235.4 Ejecución de los trabajos

235.4.1 Diseño de la mezcla y determinación de la fórmula de trabajo

235.4.1.1 Diseño de la mezcla

El diseño de la mezcla se debe ajustar al propósito de estabilización de suelos, de acuerdo con las características requeridas del suelo.

Los documentos del proyecto establecen los criterios de diseño de mezcla, dentro de los cuales pueden estar los citados en la Tabla 235 — 4.

Tabla 235 — 4. Criterios de diseño estabilización de suelos con cemento

Característica	Norma de ensayo INV
Reducción del contenido de agua	E-122
Reducción de la plasticidad	E-125 y E-126
Reducción de la expansión en prueba de CBR	E-148
Aumento de la capacidad de soporte (Nota)	E-148
Aumento de la resistencia a la compresión inconfinada	E-614

Nota: el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión en agua.

235.4.1.2 Fórmula de trabajo

Si en el corredor por estabilizar existe variabilidad de zonas geotécnicas, se debe dividir en zonas homogéneas, a cada una de las cuales se debe asignar una fórmula de trabajo. El interventor debe velar por la correcta aplicación de cada una y no está facultado

para autorizar pagos adicionales cuando las labores del constructor se hayan desviado de los diseños establecidos para cada zona. El constructor debe entregar con suficiente antelación al interventor las fórmulas de trabajo para ser avaladas. No se debe permitir proceder con la estabilización sin el cumplimiento de dicho requisito.

Si la característica requerida del suelo corresponde a un aumento de la resistencia, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del suelo por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño.
- El contenido de agua del suelo inmediatamente antes de la mezcla y el de la mezcla en el momento de la compactación.
- El contenido óptimo de cemento (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de acuerdo con el método de ensayo INV E-148.
- Cada uno de los valores de todos los criterios de diseño establecidos en los documentos del proyecto.

Para los procesos de estabilización con cemento para material de terraplén, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del material de terraplén por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo de cemento empleado en el diseño.
- Propiedades físicas del cemento.
- El diseño de la mezcla debe garantizar que se cumpla la normativa del cemento a usar; para el caso colombiano, la norma NTC 121.
- El contenido óptimo de cemento (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de la mezcla de acuerdo con el método de ensayo INV E-148.
- Expansión libre de la muestra de acuerdo con la norma ASTM D4546.
- Índice de colapso de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-157/ASTM D4546.
- Cada uno de los valores de los diferentes criterios de diseño que se establezcan en los documentos del proyecto.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. La fórmula ajustada debe satisfacer los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla los cuales deben estar en los documentos del proyecto.

Si durante la ejecución de las obras se presentan variaciones en las características de los suelos por estabilizar, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

235.4.2 Fase de experimentación

Previo al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo y se debe determinar el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Se deben realizar tantos tramos de experimentación y validación, como tramos homogéneos que fueron identificados en la fase de diseño, además de los que se identifiquen durante el desarrollo del proyecto.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado y debe decidir su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, contenido de agua, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material mezclado con cemento previo a la compactación en campo, y de acuerdo con las normas INV E-148 e INV E-157 respectivamente. Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado, y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

La compactación en laboratorio del material con cemento, para ensayos de CBR e índice de colapso, se debe realizar máximo dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) posteriores a la finalización del proceso de mezclado.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las modificaciones necesarias y, si fuese preciso, modificar el diseño, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta que ellas resulten aprobadas por el interventor sin que con ello se afecten los tiempos y plazos del proyecto. Los tramos que no cumplan deben ser retirados a costo del constructor.

Tanto el constructor como el interventor deben emitir un informe con los resultados de la fase de experimentación y validación, y su cumplimiento como requisito para el inicio de la fase de construcción.

En cada tramo de experimentación y validación, deben quedar definidos los siguientes aspectos:

- Para estabilización en el sitio de obra.
  - Escarificación de los suelos para estabilización en el sitio (espesor y tipo de material).
  - Metodología de aplicación del cemento de acuerdo con la condición planteada en la fase de experimentación.
  - Homogeneidad de la mezcla.

- Para mezcla en planta mediante bachadas de prueba.
  - Gradación del material mezclado.
  - Tiempos de producción.
  - Método y tiempo de transporte de la mezcla hasta la obra.

- Para estabilización en sitio o mezcla en planta.
  - Equipos y metodología para el perfilado.
  - Metodología para el ajuste del contenido de agua.
  - Metodología para la compactación.
  - Juntas de trabajo.
  - Metodología para el curado de la capa compactada.
  - Tiempo de apertura al tránsito.
  - Limitaciones en la ejecución.

Todos los trabajos descritos en los numerales siguientes se deben realizar de acuerdo con lo aprobado en la fase de experimentación y validación, para cada uno de los tramos homogéneos definidos en la etapa de diseño o de construcción.

235.4.3 Preparación de la superficie a intervenir

Antes de dar inicio a los trabajos de estabilización, se debe verificar que todo el personal cuente con la dotación y elementos de seguridad industrial de conformidad con el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud. Además, se debe asegurar el control adecuado del tránsito, así como colocar los dispositivos de seguridad transitorios que sean necesarios, de acuerdo con lo indicado en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

La conformación de la capa se debe ejecutar acomodándose a las dimensiones de la sección existente en la carretera, las nuevas secciones transversales indicadas en los documentos del proyecto o siguiendo otras disposiciones aprobadas por el interventor.

Se debe considerar que los materiales para la estabilización se disponen de conformidad con el espesor de diseño, teniendo en cuenta la reducción de espesor que se produce después de mezclar y compactar la capa para tomar las medidas necesarias que garanticen su correcta ejecución. Adicionalmente, antes de extender el suelo de aportación se debe comprobar que la superficie subyacente tenga la densidad exigida y las rasantes indicadas en los documentos del proyecto.

Previamente se debe remover el material orgánico o deteriorado, las raíces, la basura y los agregados mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm).

Antes de proceder con los trabajos de disgregación de los suelos, es de tenerse en cuenta que, de acuerdo con los documentos del proyecto o las indicaciones del interventor, se deben garantizar los equipos idóneos para que el material que sea escarificado se pueda conformar en camellones o colchones adecuados para efectuar la mezcla.

235.4.4 Disgregación de los suelos

Antes de aplicar el cemento, el suelo se debe disgregar con el equipo definido en los documentos del proyecto en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en estos documentos. El suelo disgregado no debe contener elementos ni terrones de tamaños superiores a ochenta milímetros (80 mm). Una vez disgregado el suelo de subrasante, este se debe conformar a la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

La superficie sobre la que se debe colocar la capa estabilizada no debe presentar irregularidades, por lo que se deben reparar satisfactoriamente los baches existentes.

Debido a eventuales factores externos que alteren el contenido de agua de la capa a estabilizar, se debe garantizar el cumplimiento del intervalo de tolerancia del contenido de agua del suelo inmediatamente antes de la aplicación del cemento y de su mezclado, de acuerdo con lo definido en la fórmula de trabajo, mediante el humedecimiento o el secado homogéneo del suelo disgregado.

La longitud de calzada disgregada no debe exceder la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos días (2 d) de trabajo, salvo autorización escrita del interventor.

Al final de cada día de trabajo se debe dejar la superficie del suelo con una pendiente positiva y se debe proporcionar una junta de construcción de acuerdo con el numeral 235.4.8 para unirla al suelo estabilizado existente.

235.4.5 Aplicación del cemento

235.4.5.1 Aplicación del cemento en polvo

El cemento se puede aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se debe esparcir sobre el suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material no puede ser superior al definido durante el proceso de diseño como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido solo se debe permitir el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el suelo.

El cemento solo se debe extender en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo.

235.4.5.2 Aplicación del cemento en forma de lechada

La lechada de cemento se debe elaborar con un mezclador apropiado en proporciones aproximadas en masa de sesenta y cinco por ciento (65 %) de agua y treinta y cinco por ciento (35 %) de cemento, con una anticipación no mayor a treinta minutos (30 min) de su utilización.

La lechada de cemento se debe añadir al suelo en forma simultánea con la ejecución de la mezcla con el suelo por estabilizar.

Antes de iniciar los trabajos se deben purgar y poner a punto las bombas y los dispersores de agua y de lechada, fuera del lugar de empleo, para garantizar las cantidades establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua y uniforme. Se debe realizar la limpieza de los difusores durante cada parada del equipo y como mínimo, dos (2) veces al día. En el caso de la aplicación del cemento en seco, se deben coordinar adecuadamente los avances de los procesos de dosificación y de mezcla del estabilizante, sin que exista entre ambos un desfase superior a veinte metros (20 m).

235.4.6 Elaboración de la mezcla

Se puede emplear el mezclado en acopio, en planta o en vía de acuerdo con lo siguiente:

235.4.6.1 Mezclado en acopio

El material aprobado para su uso conforme a los requisitos de la Tabla 235 — 1 se debe dosificar con la cantidad de cemento definido, de acuerdo con el diseño en peso del material suelto.

El mezclado inicial se debe hacer con un equipo adecuado, para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. Posteriormente este material se debe transportar y mezclar nuevamente en la vía para terminar la disgregación del material y lograr una mezcla homogénea.

Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento.

235.4.6.2 Mezclado en planta

En dicho caso, se debe usar una planta continua con equipos que aseguren la homogeneidad de la mezcla. El transporte de la mezcla a la obra se debe realizar en volquetas estancas y cubiertas.

La planta debe permitir dosificar por separado el material, suministrar el cemento y el agua en las proporciones y con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo.

Las tolvas para los materiales deben tener paredes resistentes y estancas, y bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente. Deben estar provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero u otro sistema que evite un exceso de contenido. Se deben evitar contaminaciones entre las tolvas y estas deben estar provistas a su salida de dispositivos ajustables de dosificación.

Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento.

235.4.6.3 Mezclado en vía

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento en polvo o simultáneamente con la adición del cemento en forma de lechada, se debe efectuar la mezcla, empleando el equipo aprobado, en el espesor establecido en los documentos del proyecto. El número de pasadas depende del equipo utilizado y debe ser el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante y se continúa mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad.

Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento.

235.4.7 Compactación

La compactación de la mezcla se debe realizar de acuerdo con el plan propuesto por

el constructor y aprobado por el interventor durante la fase previa de experimentación. Los trabajos de compactación deben ser terminados en un lapso no mayor de dos horas (2 h) desde el inicio de la mezcla.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se debe mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

El material extendido se debe compactar hasta alcanzar el grado de compactación indicado en los documentos del proyecto o aprobado por el interventor.

Entre las sucesivas pasadas longitudinales del equipo de estabilización para tratar toda la sección transversal, se debe producir un solape transversal que evite la existencia de zonas insuficientemente estabilizadas o la acumulación de segregaciones. El solape se condiciona por el ancho de las máquinas y las franjas tratadas y debe estar comprendido generalmente entre quince a veinticinco centímetros (15 cm – 25 cm).

En el caso de estabilización de suelos para la formación de terraplenes, durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas terminadas debe tener una pendiente transversal mínima de cuatro por ciento (4 %).

235.4.8 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deben cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al término de la jornada de trabajo o cuando las operaciones de colocación se paralicen por más de dos horas (2 h) se debe formar una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de suelo estabilizado con cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada, mediante un procedimiento aceptable para el interventor.

Todo material producto de los cortes debe ser retirado de la obra. Las caras verticales, producto de los cortes, se deben humedecer antes de continuar con la colocación del material en áreas adyacentes.

235.4.9 Curado de la capa compactada

Terminada la conformación y la compactación de la capa de suelo estabilizada con cemento, esta se debe proteger contra pérdidas de contenido de agua por un periodo de siete días (7 d), aquel que haya sido definido en la fase experimental o hasta que el suelo estabilizado se cubra con la capa superior, mediante humedecimiento frecuente.

El tiempo de apertura al tránsito debe ser el determinado en la fase de experimentación. Cuando no existan validaciones al respecto, el tiempo de apertura debe ser igual o mayor a siete días (7 d) después de la compactación

y curado. Cuando el tiempo de apertura al tránsito sea menor a siete días (7 d), la velocidad de circulación debe ser menor a treinta kilómetros por hora (30 km/h) para evitar posibles afectaciones por abrasión.

235.4.10 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento solo se pueden llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5 °C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella ocurra. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado el contenido de agua de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 235.4.6, el constructor debe retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado hasta ser aprobado por el interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

235.4.11 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de la estabilización de suelos con cemento se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto, en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada se deben mantener correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- El manejo y la aplicación del cemento se deben realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.
- El constructor debe especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que se deben utilizar en la ejecución de los trabajos. Estos métodos deben ser presentados al interventor y aprobados por este antes de cada jornada.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

235.4.12 Conservación de la capa terminada

El constructor debe conservar la capa estabilizada con cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido hasta ser aprobado por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

235.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Deben ser de estricto cumplimiento las verificaciones para el control de calidad de los materiales y la capa terminada.

235.5.1 Calidad de los materiales

235.5.1.1 Calidad de los suelos

Se deben efectuar las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 235 — 5. Los resultados obtenidos deben cumplir los valores establecidos en la Tabla 235 — 1.

Además, el interventor puede adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 235 — 5. Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Material que pasa el tamiz de 4,75 mm (nro. 4)	INV E-213	1 por jornada
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	INV E-214	1 por jornada
Característica	**Norma de ensayo**	**Frecuencia**
Limpieza (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Límite plástico	INV E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	1 a la semana
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del suelo a tratar, expresada como $SO_4^=$	INV E-233/UNE 103201	1 al mes

235.5.1.2 Calidad del cemento

Por cada suministro de cemento que llegue a la obra, el proveedor debe entregar un certificado de calidad donde se indiquen las propiedades del producto entregado, de acuerdo con el artículo 501 o la NTC 4050, con la finalidad de verificar la calidad del producto y establecer su aceptación o rechazo.

Las verificaciones se deben realizar conforme al numeral 501.5.2 del artículo 501. Así mismo, cuando el cemento haya superado la fecha de vencimiento establecida por el proveedor, si fuere el caso, lleve más de tres (3) meses almacenado en condiciones atmosféricas normales, o ambos, antes de su empleo, el constructor debe realizar, como mínimo, sobre una muestra representativa del cemento almacenado, sin excluir los terrones que se hubieran podido formar, los ensayos que permitan medir sus propiedades de desempeño. Si los resultados no cumplen con lo establecido en el artículo 501 o en la NTC 4050, se debe proceder a su homogenización y se deben realizar nuevos ensayos. Si no cumple, se debe proceder a su desuso y retiro de la obra.

En ambientes muy húmedos o en condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el constructor puede reducir el plazo de tres (3) meses para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del cemento.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el constructor lo considere conveniente, se deben llevar a cabo ensayos adicionales para la comprobación de las características que estime necesarias.

La toma de muestras del cemento se debe realizar lo más rápido posible, para reducir al mínimo la absorción de humedad. Una vez recogida la muestra, se debe guardar en un recipiente estanco y con cierre hermético hasta su análisis.

Como alternativa, se puede realizar un tramo de prueba que permita validar la calidad del cemento almacenado.

235.5.1.3 Calidad del agua

Una vez al mes, cada vez que cambie la fuente o siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se debe verificar su pH y su contenido de sulfatos. Los resultados obtenidos deben cumplir los valores establecidos en la Tabla 235 — 2.

235.5.2 Calidad de la mezcla

235.5.2.1 Contenido de cemento

Para verificar la homogeneidad de la mezcla, se debe determinar el contenido de cemento mediante la norma INV E-617 o ASTM D5982 de tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 235.5.3.

El porcentaje de cemento promedio de las tres (3) muestras que representan al lote (*CPL* %), debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*CFT* %).

$$CFT\ \% - 0{,}3\ \% \leq CPL\ \% \leq CFT\ \% + 0{,}3\ \% \quad [235.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (*CI* %), no debe diferir del valor promedio del lote (*CPL* %), en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$CPL\ \% - 0{,}5\ \% \leq CI\ \% \leq CPL\ \% + 0{,}5\ \% \quad [235.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (*CPL* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de

los límites, implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada con cemento.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

235.5.2.2 Resistencia a la compresión inconfinada (cuando los documentos del proyecto establecen un requisito para este parámetro)

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra, se deben moldear probetas (dos por muestra) de acuerdo con la norma de ensayo INV E-141 o INV E-142, según corresponda, y teniendo en cuenta las condiciones evaluadas en la fase experimental, para verificar en el laboratorio su resistencia a la compresión simple, luego de siete días (7 d) de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. El ensayo de resistencia a la compresión inconfinada se debe ejecutar según la norma INV E-614.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote (R_m), debe ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el constructor (R_d) y aprobado por el interventor.

$$R_m \geq 0{,}92 * R_d \quad [235.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio (R_m), y se debe admitir solo un valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0{,}90 * R_m \quad [235.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

235.5.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se debe considerar como lote que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa estabilizada con cemento.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de capa estabilizada con cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustada a las rasantes y las pendientes establecidas. La distancia entre

el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota de cualquier punto de la capa compactada no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deben realizar los siguientes controles:

235.5.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de los suelos estabilizados con cemento, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [235.5]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-141 o INV E-142, realizado sobre una muestra representativa del mismo.

Los documentos del proyecto deben definir el ensayo de referencia para obtener el peso unitario entre el ensayo INV E-141 y el INV E-142.

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-141:

GC_l (90) ≥ 98,0 % *se acepta el lote* [235.6]

GC_l (90) < 98,0 % *se rechaza el lote* [235.7]

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-142:

GC_l (90) ≥ 95,0 % *se acepta el lote* [235.8]

GC_l (90) < 95,0 % *se rechaza el lote* [235.9]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se debe calcular según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada

por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

235.5.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no debe ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [235.10]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), debe ser cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose solo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [235.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote. En este caso, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y la estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

Opcionalmente, el interventor puede autorizar que la capa de espesor deficiente sea complementada mediante la colocación de un espesor adicional de material estabilizado de similares características que complete el espesor de diseño, siempre y cuando no se alteren los niveles de rasante del proyecto. En caso de ser autorizada, esta labor debe ser adelantada por el constructor sin costo adicional para INVÍAS.

235.5.3.3 Planicidad

La superficie acabada no debe presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), norma de ensayo INV E-793, colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

Para suelos empleados para la conformación de terraplenes se aplican los requisitos de planicidad y acabado definidos en el artículo 220.
Todas las áreas de capa estabilizada con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deben ser corregidas por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este, sin costo adicional para INVÍAS.

235.5.3.4 Suelos estabilizados para terraplén

Cuando el suelo de subrasante estabilizado con cemento sea usado para la conformación de terraplenes, se deben realizar los siguientes controles:

Se deben tomar muestras de material estabilizado una vez finalicen los procesos de mezclado, conformación y nivelación del material, y previo al inicio de la compactación de este.

Tabla 235 — 6. Verificaciones periódicas sobre el material de terraplén por estabilizar

Material	Norma de ensayo	Cimiento, núcleo y corona
Límite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice plástico	INV E-126	Una (1) vez por jornada
Límite de contracción	INV E-127	Una (1) vez por semana
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Valor de azul de metileno	INV E-235	Una (1) vez por semana, cuando así se requiera
CBR de laboratorio	INV E-148	Una (1) vez por mes
Expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por mes
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material cuyo proceso de mezclado con el cemento haya finalizado y previo a la compactación en campo, y de acuerdo con la norma de ensayo INV E-148.

Si se requiere evaluar la resistencia del material ya colocado y compactado en campo, los ensayos anteriormente mencionados se deben realizar sobre muestras inalteradas talladas *in situ* tomando el cuidado requerido para evitar la pérdida de integridad de la muestra.

Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado en el terraplén y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

235.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla colocada y compactada, aprobada por el interventor, de acuerdo con esta especificación. El volumen se debe determinar utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los documentos del proyecto, previa verificación de la conformidad de su anchura y espesor con dichos documentos y dentro de las tolerancias permitidas en este artículo.

No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones por parte del constructor.

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se debe pagar por aparte, la unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor.

En este caso, para determinar la cantidad de cemento efectivamente incorporada a la mezcla se debe tomar el porcentaje de cemento promedio del lote (*CPL*), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla, como se indica en el numeral 235.5.2.1, se debe efectuar el cálculo correspondiente y se debe aproximar al kilogramo entero.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

235.7 Forma de pago

El pago de la capa estabilizada con cemento se debe hacer por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir la escarificación de la subrasante en el espesor requerido y su posterior disgregación, hasta cumplir las exigencias de este artículo; los costos de suministro del cemento en el sitio, en acopio o en planta; los costos de suministro en el sitio, en acopio o en planta del agua y de aditivos que se puedan requerir para la estabilización; los costos de mezcla, colocación, nivelación y compactación, y los costos de transporte para las mezclas elaboradas en acopio o en planta.

El precio unitario debe incluir, también, el suministro en el sitio y la aplicación del agua para el curado de la capa compactada y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de obtención de todos los permisos ambientales requeridos; las instalaciones provisionales; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras. Además, debe incluir los costos de la fase de experimentación, de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del constructor, así como los de la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se debe pagar por aparte, el precio unitario de la capa estabilizada con cemento debe excluir el suministro en el sitio de este.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

235.8 Ítem de pago

La presente especificación cuenta con las siguientes partidas de pago, las cuales se deben indicar en los documentos del proyecto.

Opción 1: el precio unitario del suelo estabilizado con cemento incluye el suministro del cemento.

Ítem	Descripción	Unidad
235.1	Suelo de subrasante estabilizado con cemento (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
235.2	Terraplén estabilizado con cemento (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)

Opción 2: el precio unitario de suelo estabilizado con cemento no incluye el suministro del cemento.

Ítem	Descripción	Unidad
235.10	Suelo de subrasante estabilizado con cemento (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
235.11	Cemento para estabilización de suelos	Kilogramo (kg)
235.12	Terraplén estabilizado con cemento (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)

Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cal

Artículo 236 – 22

236.1 Descripción

Este trabajo consiste en el tratamiento, en sitio o en planta, de los suelos para subrasante y terraplenes, mediante su mezcla homogénea con cal viva (óxido de calcio) o cal hidratada (hidróxido de calcio), de acuerdo con las dimensiones, los alineamientos y las secciones indicadas en los documentos del proyecto.

Para la estabilización de suelos, se deben definir tramos homogéneos que permitan garantizar los diseños de mezcla, los procesos constructivos y el control de calidad de la obra.

236.2 Materiales

236.2.1 Suelos

Los suelos que se van a estabilizar con cal pueden resultar de la combinación de gravas, arenas, limos y arcillas, existentes o provenientes de zonas de préstamo, siempre y cuando estos no presenten altos contenidos de materia orgánica o sales de sulfato en cantidades perjudiciales que afecten su desempeño.

La caracterización del suelo de subrasante tiene como objetivo obtener una mezcla óptima (funcional y económica) y un buen desempeño estructural, en términos de la cantidad de cal.

Los suelos para su estabilización con cal deben cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 236 — 1. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos adicionales para los suelos que van a ser estabilizados.

Tabla 236 — 1. Requisitos de suelos de subrasante y terraplén para la estabilización con cal

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Composición (F)		
Material que pasa el tamiz de 4,75 mm (nro. 4) (%)	INV E-213	Reportar
Material que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro. 10) (%)		Reportar
Material que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40) (%)		Reportar
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), mínimo (%). (Nota 1)		25

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Limpieza (F)		
Límite líquido (%)	INV E-125	Reportar
Índice de plasticidad, mínimo (%)	INV E-125 e INVE-126	12
Contenido de materia orgánica, máximo (%). (Nota 2)	INV E-121/UNE 103204	2
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos, expresada como $SO_4^=$, máximo (%). (Nota 3)	INV E-233/UNE 103201	0,9

Nota 1: suelos clasificados por el Sistema Unificado (SUCS) como CH, CL, MH, SC, SM, GC, SW-SC, SP-SC, SM-SC, GP-GC o GM-GC son potencialmente tratables con cal. Se pueden estabilizar suelos con material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) entre el quince y el veinticinco por ciento (15 % – 25 %), cuando la viabilidad de su estabilización sea demostrada, mediante un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental.

Nota 2: se pueden estabilizar suelos con contenido de materia orgánica entre el dos y el tres por ciento (2 % – 3 %) cuando la viabilidad de su estabilización sea demostrada mediante un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental. El ensayo de contenido de materia orgánica se puede realizar mediante la norma INV E-121 o la UNE 103204.

Nota 3: las concentraciones de sulfato en el suelo menores que tres mil partes por millón (3 000 ppm) (0,3 %) difícilmente causan problemas. Las concentraciones de tres mil a cinco mil partes por millón (3 000 ppm – 5 000 ppm) (0,3 % – 0,5 %) pueden ser estabilizadas fácilmente si se tiene cuidado para seguir buenas prácticas constructivas, tales como el usar suficiente cantidad de agua y permitir un buen tiempo para que la mezcla de cal y suelo fragüen. Cuando exista una alta proporción de sulfatos, se debe tener en cuenta el debido proceso constructivo (estabilización previa del cincuenta por ciento (50 %) de la cal obtenida en el diseño y después de ocho horas (8 h) dosificar el otro cincuenta por ciento (50 %) de cal).

236.2.2 Cal

Se debe usar cal que cumpla con los requisitos de la Tabla 236 — 2.

Tabla 236 — 2. Características de la cal para estabilización de subrasante

Propiedades	Parámetro	Norma de ensayo	Requisito cal hidratada	Requisito cal viva 90 (Nota 2)	Requisito cal viva 85 (Nota 2)
Químicas	Óxido total (CaO + MgO), sobre base no volátil, mínimo (%)	NTC 5059:2002/ ASTM C25	-	90	85
	Hidróxido de Calcio ($Ca(OH)_2$), mínimo (%)	NTC 5059:2002/ ASTM C25	80	-	-
	Dióxido de carbono sobre base no volátil, tomado en la planta de fabricación, máximo (%)	NTC 5059:2002/ ASTM C25/ UNE-EN 459-2	4	4	7

Propiedades	Parámetro	Norma de ensayo	Requisito cal hidratada	Requisito cal viva 90 (Nota 2)	Requisito cal viva 85 (Nota 2)
Físicas	Contenido de agua libre en punto de fabricación, máximo (%)	NTC 5233:2003/ ASTM C110	2	-	-
	Reactividad (velocidad de apagado), mínimo (minutos)	NTC 5233:2003/ ASTM C110	-	40 °C en 6 minutos	40 °C en 6 minutos
	Tamaño de la partícula (Nota 1)	NTC 5233:2003/ ASTM C110	Partículas retenidas en el tamiz de 0,212 mm (nro. 70), 2 % máximo. Partículas retenidas en el tamiz de 0,09 mm (nro. 170), 7 % máximo	Partículas retenidas en el tamiz de 0,212 mm (nro. 70), 5 % máximo. Partículas retenidas en el tamiz de 0,09 mm (nro. 170), 15 % máximo	Partículas retenidas en el tamiz de 0,212 mm (nro. 70), 5 % máximo. Partículas retenidas en el tamiz de 0,09 mm (nro. 170), 15 % máximo

Nota 1: en el caso de la cal viva, considerando que pueda ser ventajosas granulometrías más gruesas para el control de volátiles en obra, se puede hacer uso de tamaños de partícula mayores siempre y cuando la viabilidad de su uso sea demostrada mediante un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental. En todo caso, el porcentaje de material retenido en el tamiz de 6,35 mm (1/4 de pulgada) debe ser siempre inferior a quince por ciento (15 %).

Nota 2: en el caso de la cal viva, el requisito de cal viva 85 y el requisito de cal viva 90 corresponden al ochenta y cinco por ciento (85 %) y noventa por ciento (90 %) de pureza de la cal, respectivamente.

No se debe permitir el empleo de cal que haya fraguado parcialmente o presente grumos o indicios de prehidratación.

236.2.3 Agua

El agua que se utilice para los procesos de estabilización con cal y curado de la mezcla debe ser limpia, libre de cantidades apreciables de materia orgánica y otras sustancias perjudiciales. Así mismo, el agua no debe afectar negativamente el fraguado, endurecimiento y comportamiento de la mezcla. En todo caso, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 236 — 3.

Tabla 236 — 3. Requisitos del agua no potable para la estabilización con cal

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH, mínimo	D1293	5,5
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

236.2.4 Del suelo estabilizado para rellenos de terraplén

En los documentos del proyecto o durante la ejecución de la obra se puede determinar la necesidad de estabilización de materiales usados para la formación de rellenos tipo terraplén, cuando como resultado de la caracterización de los materiales efectuada se incumpla con alguno de los criterios establecidos en el artículo 220, Terraplenes, pero se cumplan los establecidos en la Tabla 236 — 1. En este caso, la estabilización debe tener alguno de los siguientes objetivos:

- Disminución del potencial expansivo y de contracción del suelo al nivel medio para cuerpo de terraplén y nivel bajo para corona respectivamente, de acuerdo con los requerimientos de la norma INV E-132.
- Aumento de la resistencia medida a través del CBR y reducción del potencial de expansión, a través de la norma INV E-148.
- Reducción del potencial de colapso del suelo medido a través de la norma INV E-157.

En tal caso, deben ser aplicables, la definición de las partes de un terraplén, los requisitos de acabado y las demás descritas en el artículo 220.

Cuando así se determine, los materiales estabilizados con cal que se empleen en la construcción de los terraplenes deben cumplir los requisitos indicados en la Tabla 236 — 4.

Tabla 236 — 4. Requisitos del material para terraplén estabilizado con cal

Característica	Norma de ensayo	Cimiento y núcleo	Corona
Valor de azul de metileno, máximo (g/kg).	INV E-235	40	40
Límite líquido, máximo (%). (Nota 1).	INVE-125	-	40
Índice de plasticidad, máximo (%).	INV E-126	15	15
Límite de contracción, Método de Parafina, mínimo (%).	INV E-129	13	13
Contenido mínimo de cal (%). (Nota 2)	INV E-606	2	2
CBR de laboratorio cuatro días (4 d) sumergido, mínimo (%). Los valores de CBR indicados corresponden a la densidad mínima exigida en el numeral 236.5.3.1 de esta especificación.	INV E-148	6	6
Expansión libre en edómetro.	ASTM D4546	2	1
Índice de colapso, máximo (%). El espécimen se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 236.5.3.1. de esta especificación y con el contenido de agua correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.	INV E-157	1	No colapsable

Nota 1: cuando el límite líquido sea mayor al treinta por ciento (30 %) el índice de plasticidad debe ser mayor al cuatro por ciento (4 %).

Nota 2: el contenido mínimo de cal se puede disminuir hasta uno coma cinco por ciento (1,5 %) siempre que se justifique adecuadamente, se compruebe en el tramo de prueba con los medios y equipos que se vayan a emplear en la obra, y se cuente con la autorización del interventor.

236.3 Equipo

La ejecución de los trabajos de estabilización debe emplear equipos mecánicos, que pueden ser independientes, o equipos que realicen dos o más operaciones. En general, el equipo que se utilice para la construcción de capas estabilizadas debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido, conforme a los resultados de los tramos de prueba, y es responsabilidad del constructor su selección. Dicho equipo se debe mantener en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo hasta que el constructor corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución son responsabilidad del constructor.

En la obra, el constructor debe emplear el tipo de equipo señalado en los documentos del proyecto. Si estos no definen el equipo, se debe dar por definido el uso de una máquina de tambor rotatorio con cámara de mezclado como mínima categoría de equipo.

236.4 Ejecución de los trabajos

236.4.1 Diseño de la mezcla y determinación de la fórmula de trabajo

236.4.1.1 Diseño de la mezcla

El diseño de la mezcla se debe ajustar al propósito de mejoramiento o de estabilización de suelos, de acuerdo con las características requeridas.

Los documentos del proyecto deben establecer los criterios de diseño de mezcla, dentro de los cuales pueden estar los citados en la Tabla 236 — 5.

Tabla 236 — 5. Criterios de diseño estabilización de suelo con cal

Característica	Norma de ensayo INV
Reducción del contenido de agua	E-122
Reducción de la plasticidad	E-604, E-125 y E-126
Reducción de la expansión	E-148, E-607
Aumento de la capacidad de soporte (Nota)	E-148
Resistencia a la compresión inconfinada	E-605

Nota: el CBR se mide sobre muestras sometidas previamente a siete días (7 d) de inmersión en agua.

236.4.1.2 Fórmula de trabajo

Si en el corredor que se va a estabilizar existe variabilidad de zonas geotécnicas, se debe dividir en zonas homogéneas, a cada una de las cuales se debe asignar una fórmula de trabajo. El interventor debe velar por la correcta aplicación de cada una y no está facultado

para autorizar pagos adicionales, cuando las labores del constructor se hayan desviado de los diseños establecidos para cada zona. El constructor debe entregar con suficiente antelación al interventor las fórmulas de trabajo para ser avaladas. No se debe permitir proceder con la estabilización sin el cumplimiento de dicho requisito.

Si la característica requerida del suelo de subrasante corresponde a un aumento de la resistencia, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del material de subrasante por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo y la marca de cal empleada en el diseño.
- Propiedades físicas y químicas de la cal (incluyendo el pH).
- El contenido óptimo de cal (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de acuerdo con los métodos de ensayo INV E-148 e INV E-607.
- Cada uno de los valores de los diferentes criterios de diseño que se establezcan en los documentos del proyecto.

Para otros procesos de estabilización con cal como secado o modificación, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- El tipo de cal empleada en el diseño.
- Propiedades físicas y químicas de la cal (incluyendo el pH).
- El contenido óptimo de cal (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- Cada uno de los valores de los diferentes criterios de diseño que se establezcan en los documentos del proyecto.

Para los procesos de estabilización con cal para material de terraplén, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del material de terraplén por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo de cal empleada en el diseño.
- Propiedades físicas y químicas de la cal (incluyendo el pH).
- El contenido óptimo de cal (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de la mezcla de acuerdo con los métodos de ensayo INV E-148 e INV E-607.
- La expansión libre de la muestra de acuerdo con la norma ASTM D4546.
- El índice de colapso de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-157.

- Cada uno de los valores de los diferentes criterios de diseño que se establezcan en los documentos del proyecto.

La fórmula de trabajo que se establezca en el laboratorio puede ser ajustada con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase experimental. La fórmula ajustada debe satisfacer los requisitos establecidos en los documentos del proyecto para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras se presentan variaciones en las características de los suelos por estabilizar, se deben realizar los estudios conducentes a una nueva fórmula de trabajo. En tal caso se deben definir nuevos tramos homogéneos y fórmulas de trabajo asociadas.

236.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones representativas de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo y se debe determinar el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Se deben realizar tantos tramos de experimentación y validación, como tramos homogéneos que fueron identificados en la fase de diseño, además de los que se identifiquen durante el desarrollo del proyecto.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado y debe decidir su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, contenido de agua, espesor de la capa, proporción de cal y demás requisitos exigidos.

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material mezclado con la cal previo a la compactación en campo, y de acuerdo con las normas INV E-148 y INV E-157 respectivamente. Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado, y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

La compactación en laboratorio del material con cal, para ensayos de CBR e índice de colapso, se debe realizar máximo dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) posteriores a la finalización del proceso de mezclado.

Cuando los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las modificaciones necesarias y, si fuese preciso, modificar el diseño, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta ser aprobadas por el interventor, sin que con ello se afecten los tiempos y los plazos del proyecto. Los tramos que no cumplan deben ser retirados a costo del constructor.

Tanto el constructor como el interventor deben emitir un informe con los resultados de la fase de experimentación y validación que evidencie su cumplimiento como requisito para el inicio de la fase de construcción.

En cada tramo de experimentación y validación, deben quedar definidos los siguientes aspectos:

- Para estabilización en el sitio de obra:

  - Escarificación de los suelos para estabilización en el sitio (espesor y tipo de material).
  - Metodología para la aplicación de la cal.
  - Homogeneidad de la mezcla.

- Para mezcla en planta, mediante bachadas de prueba:

  - Gradación del material mezclado.
  - Tiempos de producción.
  - Método y tiempo de transporte de la mezcla hasta la obra.

- Para estabilización en sitio o mezcla en planta:

  - Equipos y metodología para el perfilado.
  - Metodología para el ajuste del contenido de agua.
  - Tiempo necesario para la reacción química.
  - Metodología para la compactación.
  - Juntas de trabajo.
  - Metodología para el curado de la capa compactada.
  - Tiempo de apertura al tránsito.
  - Limitaciones en la ejecución.

Todos los trabajos descritos en los numerales siguientes se deben realizar de acuerdo con lo aprobado en la fase de experimentación y validación, para cada uno de los tramos homogéneos definidos en la etapa de diseño o de construcción.

236.4.3 Preparación de la superficie a intervenir

Antes de dar inicio con los trabajos de estabilización, se deben colocar los dispositivos de seguridad transitorios que sean necesarios, se debe verificar que todo el personal cuente con la dotación completa, en buen estado y los elementos de protección obligatorios y se debe asegurar el control adecuado del tránsito.

La conformación de la capa se debe ejecutar acomodándose a las dimensiones de la sección existente en la carretera, las nuevas secciones transversales indicadas en los documentos del proyecto o siguiendo otras disposiciones aprobadas por el interventor.

Los materiales para la estabilización se deben colocar de conformidad con el espesor especificado, teniendo en cuenta la reducción de espesor que se produce después de mezclar y compactar la capa. Antes de extender el material se debe comprobar que la superficie subyacente tenga la densidad exigida y las rasantes indicadas en los documentos del proyecto.

Previamente se debe remover el material orgánico o deteriorado, raíces, basura y agregados mayores de setenta y cinco (75 mm). El material que sea escarificado se debe conformar en camellones o colchones adecuados para efectuar la mezcla. La escarificación se debe realizar con un equipo idóneo que garantice la ejecución del proceso con los rendimientos establecidos en la etapa de experimentación.

La superficie sobre la que se debe colocar capa estabilizada no debe presentar irregularidades, por lo que se deben reparar satisfactoriamente los baches existentes.

236.4.4 Disgregación de los suelos

Antes de aplicar la cal, el suelo se debe disgregar con el equipo definido en los documentos

del proyecto en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en estos documentos. El suelo disgregado no debe contener elementos ni terrones de tamaños superiores a ochenta milímetros (80 mm). Una vez disgregado el suelo de subrasante, este se debe conformar a la sección transversal de la calzada.

La longitud de calzada disgregada no debe exceder de la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos días (2 d) de trabajo, salvo cuando exista autorización escrita del interventor.

Cuando se cuente con equipos especializados para tal fin (estabilizadoras o recicladoras) la cal puede ser aplicada sin una escarificación previa. Esto debe facilitar el tránsito de los camiones esparcidores de cal en especial en suelos húmedos. El uso de equipos sin escarificación debe ser avalado en la fase de experimentación.

236.4.5 Aplicación de la cal

236.4.5.1 Aplicación de la cal en polvo

La cal se puede aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se debe esparcir sobre el suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar.

Durante la aplicación de la cal, el contenido de agua del material no debe ser superior al definido como adecuado en la fórmula de trabajo para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con la cal. Se debe hacer una mezcla de cal, suelo y agua adecuadas para obtener una mezcla friable y homogénea. Sobre la cal esparcida solo se debe permitir el tránsito del equipo que la va a mezclar con el suelo.

La cal solo se debe extender en la superficie que pueda terminarse en la jornada de trabajo. Se deben coordinar adecuadamente los avances de los procesos de dosificación y de mezcla del estabilizante, sin que exista entre ambos un desfase superior a veinte metros (20 m).

Para la aplicación de cal viva en polvo se deben adoptar las medidas de prevención necesarias para la protección colectiva e individual, que reduzcan al máximo los riesgos, tanto para contacto con la piel y los ojos, como por inhalación de aerosoles que se hayan dispersado en el aire durante las operaciones de dosificación y mezcla.

236.4.5.2 Aplicación de la cal en forma de lechada

La lechada de cal se debe fabricar con un mezclador apropiado en proporciones aproximadas en masa de sesenta y cinco por ciento (65 %) de agua y treinta y cinco por ciento (35 %) de cal hidratada, con una anticipación no mayor a treinta minutos (30 min) de su utilización.

La lechada de cal se debe añadir al suelo, en forma simultánea con la ejecución de la mezcla con el suelo de subrasante por estabilizar.

Antes de iniciar los trabajos se deben purgar y poner a punto las bombas y los dispersores de agua y de lechada, fuera del lugar de empleo, para garantizar las cantidades establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua

y uniforme. Se debe realizar la limpieza de los difusores durante cada parada del equipo y como mínimo, dos (2) veces al día.

236.4.6 Elaboración de la mezcla

Se puede emplear el mezclado en acopio, en planta o en vía de acuerdo con lo siguiente.

236.4.6.1 Mezclado en acopio

El material aprobado para su uso conforme a los requisitos de la Tabla 236 — 1 se dosifica con la cantidad de cal definida de acuerdo con el diseño en peso del material suelto.

El mezclado inicial se hace con un equipo adecuado para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. Posteriormente este material es transportado y mezclado nuevamente en la vía para terminar la disgregación del material y lograr una mezcla homogénea.

Durante la aplicación de la cal, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con la cal.

236.4.6.2 Mezclado en planta

Se debe usar en dicho caso una planta continua con equipos que aseguren la homogeneidad de la mezcla. El transporte de la mezcla a la obra se debe realizar en volquetas estancas y cubiertas.

La planta debe permitir dosificar por separado el material, suministrar la cal y el agua en las proporciones y con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo.

Las tolvas para los materiales deben tener paredes resistentes y estancas, y bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, deben estar provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero u otro sistema que evite un exceso de contenido. Se debe evitar contaminaciones entre las tolvas y estas deben estar provistas a su salida de dispositivos ajustables de dosificación.

Durante la aplicación de la cal, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con la cal.

236.4.6.3 Mezclado en vía

Inmediatamente después de ser esparcida la cal en polvo o simultáneamente con la adición de la cal en forma de lechada, se debe efectuar la mezcla, empleando el equipo aprobado, en el espesor establecido en los documentos del proyecto. El número de pasadas depende del equipo utilizado y es necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante y se continúa mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad.

Durante la aplicación de la cal, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con la cal.

236.4.6.4 Maduración y remezclado

Una vez se ha mezclado el material con la cal y para permitir que el agua y la cal reaccionen con las arcillas de los materiales, es necesario permitir un tiempo de maduración inicial de doce a cuarenta y ocho horas (12 h – 48 h) desde que finaliza el mezclado inicial y antes de la compactación. Se pueden emplear tiempos de maduración inicial menores a doce horas (12 h) cuando sean validados por un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental. En todo caso, los tiempos de maduración deben ser de al menos tres horas (3 h).

La mezcla de suelo-cal puede ser almacenada siguiendo lo establecido en el artículo 300, previa autorización del interventor, hasta por siete días (7 d) antes de la colocación y compactación. Cuando el suelo sea almacenado, se debe efectuar nuevamente el mezclado y la disgregación del suelo-cal con maquina estabilizadora o con motoniveladora de tal forma que no se evidencie presencia de grumos antes de su colocación. Durante esta etapa se puede requerir la adición de agua para alcanzar el contenido de agua óptimo de compactación.

236.4.7 Compactación

La compactación de la mezcla se debe realizar de acuerdo con el plan propuesto por el constructor y aprobado en el interventor durante la fase previa de experimentación.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se debe mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

Entre las sucesivas pasadas longitudinales del equipo de estabilización para tratar toda la sección transversal, se debe producir un solape transversal que evite la existencia de zonas insuficientemente estabilizadas o la acumulación de segregaciones. El solape se condiciona por el ancho de las máquinas y las franjas tratadas y debe estar comprendido generalmente entre quince a veinticinco centímetros (15 cm – 25 cm).

En el caso de estabilización de suelos para la formación de terraplenes, durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas terminadas debe tener una pendiente transversal mínima de cuatro por ciento (4 %).

236.4.8 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deben cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al efecto, al término de la jornada de trabajo se deben formar una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de subrasante estabilizada con cal no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje

longitudinal de la calzada, mediante un procedimiento aceptable para el interventor.

236.4.9 Curado de la capa compactada

Terminada la conformación y la compactación de la capa de subrasante estabilizada con cal, esta se debe proteger contra pérdidas de agua por un período no menor de siete días (7 d) o hasta que la subrasante estabilizada se cubra con la capa superior. El curado se puede hacer mediante humedecimiento frecuente o mediante la aplicación de un riego de curado dentro de la misma jornada de trabajo.

El tiempo de apertura al tránsito debe ser el determinado en la fase de experimentación. Cuando no existan validaciones al respecto, el tiempo de apertura debe ser igual o mayor a siete días (7 d) después de la compactación y curado. Cuando el tiempo de apertura al tránsito sea menor a siete días (7 d), la velocidad de circulación debe ser menor a treinta kilómetros por hora (30 km/h) para evitar posibles afectaciones por abrasión.

236.4.10 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cal solo se pueden llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5 °C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. Cuando la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y, como resultado de ello, el contenido de agua de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 236.4.6, el constructor debe validar las propiedades de la mezcla afectada para verificar su funcionalidad antes de proceder a retirar la mezcla que no cumpla con el numeral 236.5.2 y reconstruir el sector deteriorado hasta ser aprobado por el interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y se debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

236.4.11 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de la estabilización de suelos con cal, se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.

- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada se deben mantener correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- El manejo y aplicación de la cal se debe realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.
- El constructor debe especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que se deben utilizar en la ejecución de los trabajos. Estos métodos deben ser presentados al interventor y aprobados por este antes de cada jornada.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

236.4.12 Conservación de la capa terminada

El constructor debe conservar la capa estabilizada con cal en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente debe corregirlo hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

236.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Debe ser de estricto cumplimiento las verificaciones para el control de la calidad de los materiales y la capa estabilizada terminada.

236.5.1 Calidad de los materiales

236.5.1.1 Calidad de los suelos

Se deben efectuar las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 236 — 6. Los resultados obtenidos deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 236 — 1.

Además, el interventor puede adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 236 — 6. Verificaciones periódicas sobre el suelo por estabilizar

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	INV E-213	1 por jornada
Limpieza (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125 e INV E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	1 a la semana

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del suelo a tratar, expresado como $SO_4^=$	INV E-233/ UNE 103201	1 al mes

236.5.1.2 Calidad de la cal

Cada vez que el interventor lo considere necesario, se deben efectuar ensayos de control que permitan verificar la calidad de la cal. Los resultados obtenidos deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 236 — 2. Además, el proveedor debe entregar un certificado de calidad donde se indiquen las propiedades del producto entregado, de acuerdo con la Tabla 236 — 2, con la finalidad de verificar la calidad del producto y establecer su aceptación o rechazo.

Cuando la cal haya superado la fecha de vencimiento establecida por el proveedor (si corresponde), lleve más de dos (2) meses almacenada en condiciones atmosféricas normales, o ambos, antes de su empleo, el constructor debe realizar, como mínimo, sobre una muestra representativa de la cal almacenada, sin excluir los terrones que se hubieran podido formar, los ensayos de contenido de dióxido de carbono y distribución de tamaños. Si los resultados no cumplen con lo establecido en la Tabla 236 — 2 para estas características, se debe proceder a su homogeneización y realización de nuevos ensayos o su desuso y retiro de la obra.

En ambientes muy húmedos o en condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el constructor puede reducir el plazo de dos (2) meses para la comprobación de las condiciones de almacenamiento de la cal.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el constructor lo considere conveniente, se deben llevar a cabo ensayos adicionales para la comprobación de las características que estime necesarias.

La toma de muestra de la cal se debe realizar lo más rápido posible, para reducir al mínimo la absorción de humedad y dióxido de carbono. Una vez recogida la muestra, se debe guardar en un recipiente estanco y con cierre hermético hasta su análisis.

Como alternativa a las pruebas citadas, se puede realizar un tramo de prueba que permita validar la calidad de la cal almacenada.

236.5.1.3 Calidad del agua

Una vez al mes, cada que cambie la fuente o siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se debe verificar su pH y su contenido de sulfatos. Los resultados obtenidos deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 236 — 3.

236.5.2 Calidad de la mezcla

236.5.2.1 Ensayos de control del contenido de cal y homogeneidad de la mezcla en superficie y profundidad

Para verificar la homogeneidad de la mezcla y la profundidad del tratamiento, se deben determinar los valores de pH mediante

la norma INV E-601 y el contenido de cal mediante la norma INV E-606 de muestras de suelos tomadas antes y después de la adición de la cal, en distintas zonas y a diferentes profundidades de la capa. Estas verificaciones se deben realizar sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 236.5.3.

El porcentaje de cal promedio de las tres muestras que representan al lote (*CPL* %), debe tener una tolerancia de cero coma cuatro por ciento (0,4 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*CFT* %).

$$CFT\ \% - 0{,}4\ \% \leq CPL\ \% \leq CFT\ \% + 0{,}4\ \% \quad [236.1]$$

A su vez, el porcentaje de cal de cada muestra individual (*CI* %), no puede diferir del valor promedio del lote (*CPL* %), en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), y se admite un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$CPL\ \% - 0{,}5\ \% \leq CI\ \% \leq CPL\ \% + 0{,}5\ \% \quad [236.2]$$

Cuando la estabilización con cal tenga como objetivo el mejoramiento de propiedades mecánicas el pH obtenido en cada una de las muestras recuperadas debe ser en todos los casos superior a doce coma cuatro (12,4).

Un porcentaje de cal promedio (*CPL* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites o un valor de pH inferior a doce coma cuatro (12,4) (cuando el tratamiento del suelo sea para incrementar sus características mecánicas), implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cal, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS; la capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar las propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para las capas estabilizadas.

Un porcentaje de cal promedio (*CPL* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cal, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa de subrasante estabilizada con cal. El material retirado es de propiedad del constructor.

236.5.2.2 Resistencia a la compresión inconfinada (cuando los documentos del proyecto establecen un requisito para este parámetro)

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se deben moldear probetas (dos (2) por muestra) según la norma de ensayo INV E-605, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete días (7 d) de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote, (R_m), debe ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al

diseño presentado por el constructor (R_d) y aprobado por el interventor

$$R_m \geq 0{,}92 * R_d \quad [236.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio, (R_m), admitiéndose solo un valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0{,}90 * R_m \quad [236.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS; la capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

236.5.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se debe considerar como lote que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa de subrasante estabilizada con cal.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de capa de subrasante estabilizada con cal.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota de cualquier punto de la capa compactada no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deben realizar los siguientes controles:

236.5.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la capa estabilizada con cal, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [236.5]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [236.6]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo, obtenido durante el diseño de la mezcla según se indica en el numeral 6.2.2 de la norma de ensayo INV E-605.

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo, obtenido durante el diseño de la mezcla según se indica en el numeral 6.2.2 de la norma de ensayo INV E-605, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-141 o 142).

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se deben aplicar los siguientes criterios para la aceptación del lote:

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-141:

GC_l (90) ≥ 98,0 % *se acepta el lote* **[236.7]**

GC_l (90) < 98,0 % *se rechaza el lote* **[236.8]**

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-142:

GC_l (90) ≥ 95,0 % *se acepta el lote* **[236.9]**

GC_l (90) < 95,0 % *se rechaza el lote* **[236.10]**

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

236.5.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [236.11]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), debe ser cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose solo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [236.12]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote. En este caso, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para las capas estabilizadas. El material retirado es propiedad del constructor.

Opcionalmente, el interventor puede autorizar que la capa de espesor deficiente sea complementada mediante la colocación de un espesor adicional de material estabilizado de similares características que complete el espesor de diseño, siempre y cuando no se alteren los niveles de rasante del proyecto. En caso de ser autorizada, esta labor debe ser adelantada por el constructor sin costo adicional para INVÍAS.

236.5.3.3 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), norma de ensayo INV E-793, colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

Para suelos empleados para la conformación de terraplenes se aplican los requerimientos de planicidad y acabado definidos en el artículo 220.

Todas las áreas de capa de subrasante estabilizada con cal donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deben ser corregidas por el constructor de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este, sin costo adicional para INVÍAS.

236.5.3.4 Suelos estabilizados para terraplén

Cuando el suelo de subrasante estabilizado con cal sea usado para la conformación de terraplenes se deben realizar los siguientes controles:

- Se deben tomar muestras de material estabilizado una vez finalizan los procesos de mezclado, conformación y nivelación del material, y previo al inicio de la compactación de este.
- Las muestras se toman dentro de la sección de la vía en conformación y en sitios definidos al azar según la norma de ensayo INV E-730 para los ensayos de evaluación periódica de la calidad del material mezclado estipulados en la Tabla 236 — 7:

Tabla 236 — 7. Verificaciones periódicas sobre el suelo por estabilizar

Material	Norma de ensayo	Cimiento, núcleo y corona
Limite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice plástico	INV E-126	Una (1) vez por jornada
Límite de contracción	INV E-127	Una (1) vez por semana
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Valor de azul de metileno	INV E-235	Una (1) vez por semana, cuando así se requiera
CBR de laboratorio	INV E-148	Una (1) vez por mes
Expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por mes
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material cuyo proceso de mezclado con la cal viva haya finalizado y previo a la compactación en campo, y de acuerdo con las normas de ensayo INV E-148 y INV E-157 respectivamente.

Si se requiere evaluar la resistencia del material ya colocado y compactado en campo, los ensayos anteriormente mencionados se deben realizar sobre muestras inalteradas talladas *in situ* tomando el cuidado requerido para evitar la pérdida de integridad de la muestra.

Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado en el terraplén y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

236.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla colocada y compactada, aprobada por el interventor, de acuerdo con esta especificación. El volumen se debe determinar utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los documentos del proyecto, previa verificación de que su anchura y espesor se encuentren conformes con dichos documentos y dentro de las tolerancias permitidas en este artículo.

No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la capa por parte del constructor.

Si los documentos del proyecto indican que la cal se debe pagar por aparte, la unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor.

En este caso, para determinar la cantidad de cal efectivamente incorporada a la mezcla se debe tomar el porcentaje de cal promedio del lote (*CPL* %), determinado en los ensayos de contenido de cal realizados a la mezcla como se indica en el numeral 236.5.2.1. Se debe efectuar el cálculo correspondiente aproximado al kilogramo entero.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

236.7 Forma de pago

El pago de la capa estabilizada con cal se debe hacer por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir la escarificación de la subrasante en el espesor requerido y su posterior disgregación hasta cumplir las exigencias de este artículo; los costos de suministro de la cal en el sitio, en acopio o en planta; los costos de suministro en el sitio, en acopio o en planta del agua que se pueda requerir para la estabilización; los costos de mezcla, colocación, nivelación y compactación, y los costos de transporte para las mezclas elaboradas en acopio o en planta.

El precio unitario debe incluir, también, el suministro en el sitio del agua para el curado de la capa compactada y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de obtención de todos los permisos ambientales requeridos; las instalaciones provisionales; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras. Además, debe incluir los costos de la fase de experimentación, de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del constructor, así como los de la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

Si los documentos del proyecto indican que la cal se debe pagar por aparte, el precio unitario de la capa estabilizada con cal debe excluir su suministro en el sitio.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

236.8 Ítem de pago

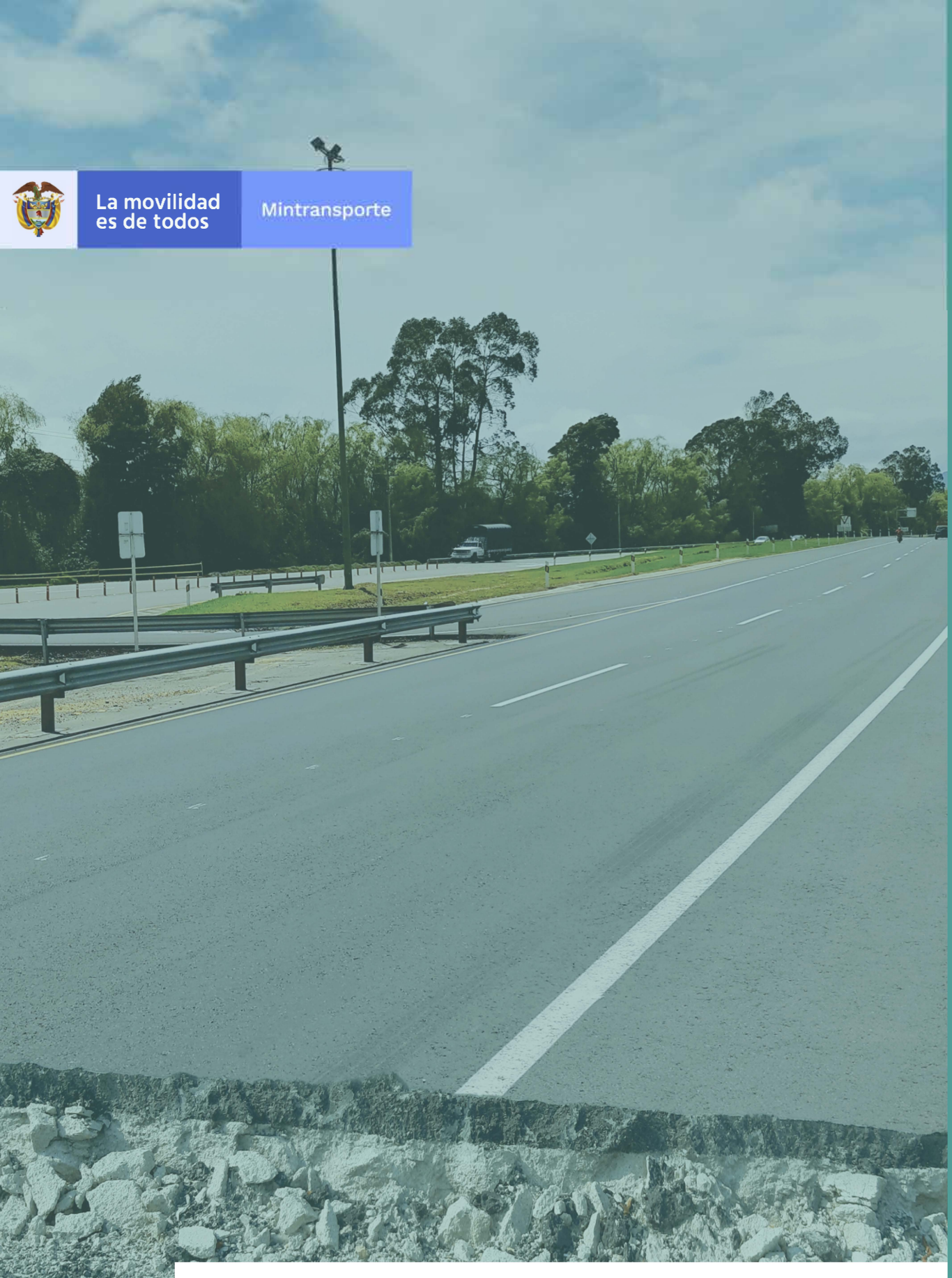
La presente especificación cuenta con las siguientes partidas de pago, las cuales se deben indicar en los documentos del proyecto.

Opción 1: el precio unitario del suelo estabilizado con cal incluye el suministro de la cal.

Ítem	Descripción	Unidad
236.1	Suelo de subrasante estabilizado con cal (incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m^3)
236.2	Terraplén estabilizado con cal (incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m^3)

Opción 2: el precio unitario del suelo estabilizado con cal no incluye el suministro de la cal.

Ítem	Descripción	Unidad
236.10	Suelo de subrasante estabilizado con cal (no incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m^3)
236.11	Cal para estabilización de suelos	Kilogramo (kg)
236.12	Terraplén estabilizado con cal (no incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m^3)



UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

La movilidad es de todos

Mintransporte



CAPÍTULO 3

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

3

Afirmados, subbases y bases

Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas

Artículo 300 – 22

300.1 Descripción

Esta especificación presenta las disposiciones generales para los trabajos sobre afirmados, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas.

300.2 Materiales

300.2.1 Agregados pétreos

Los agregados naturales para la construcción de afirmados, subbases y bases deben estar clasificados. Los agregados también pueden provenir de la trituración de rocas y gravas, o pueden estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias, según se establece en el artículo correspondiente a cada partida de trabajo.

Las partículas de los agregados deben ser duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales.

Los requisitos de calidad, limpieza y grado de trituración que deben cumplir los diferentes materiales por emplear en la construcción de cada partida de trabajo, se indican en los artículos 311, Afirmado; 320, Subbase granular; 330, Base granular; 340, Base estabilizada con emulsión asfáltica; 341, Base estabilizada con una mezcla asfáltica natural; y 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural.

300.2.2 Estabilizantes

Los requisitos que deben cumplir los estabilizantes para la construcción de capas estabilizadas de base y subbase se indican en los artículos 340 y 350.

300.3 Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de afirmados, subbases, bases granulares, bases estabilizadas u otra capa con tratamiento de estabilización, debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en los documentos del proyecto, en la cantidad suficiente para producir y colocar el volumen establecido en el programa de ejecución conforme el programa de utilización de maquinaria, y en cumplimiento de las exigencias de la presente especificación. La selección del equipo es responsabilidad del constructor. El equipo debe ser mantenido en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que se prolongue la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de

este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo en tanto que el constructor corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que se ocasionen por este motivo, son responsabilidad del constructor.

300.4 Ejecución de los trabajos

300.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Se aplican las disposiciones generales establecidas en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deben tener aprobación previa del interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y los equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado, mezcla de fracciones para obtener una determinada granulometría y el sistema de almacenamiento, deben garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el constructor no cumple esos requisitos, el interventor debe exigir los cambios que considere necesarios.

Las tolvas para los agregados deben tener paredes resistentes y estancas, bocas de ancho suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero que evite que un exceso de contenido afecte el funcionamiento del sistema de clasificación. Se deben disponer con una separación suficiente para evitar contaminación entre ellas y deben estar provistas, a su salida, de dispositivos ajustables de dosificación.

Cuando la obtención de la granulometría especificada requiera de la mezcla de dos o más fracciones de esta o de diferentes fuentes, esta mezcla se debe realizar en un patio de trabajo especialmente adecuado para ello y en ninguna circunstancia se debe permitir su mezclado en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deben ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el constructor debe reconformar el terreno para recuperar sus características hidrológicas superficiales.

300.4.2 Fase de experimentación en la construcción de subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas

Antes de iniciar los trabajos, el constructor debe emprender una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de cada especificación.

Para tal efecto, se deben construir una o varias secciones de ancho y longitud definidos, de acuerdo con el interventor y en ellas se deben probar el equipo y el plan de preparación, extensión y compactación. La longitud del tramo no debe ser menor a cien metros (100 m), salvo que los documentos del proyecto o el interventor especifiquen otra longitud.

El interventor debe tomar muestras de la capa construida y las debe ensayar para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de granulometría, densidad seca y demás requisitos.

En el caso de que los ensayos indiquen que las subbases, las bases granulares y las capas granulares estabilizadas no se ajustan a dichas condiciones, el constructor debe efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta ser aprobados por el interventor. En el caso de capas estabilizadas se deben ajustar y corregir las fórmulas de trabajo hasta contar con la aprobación del interventor. Solo cuando estas correcciones se hayan hecho, se debe autorizar la construcción de la capa a escala industrial.

300.4.3 Acopio de los agregados

Los agregados se deben acopiar en cobertizos o cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales y se deben disponer sobre lonas de protección tendidas sobre el terreno. Para evitar la mezcla de agregados diferentes, estos se deben disponer suficientemente alejados entre sí por barreras colocadas con tal propósito. Se debe evitar la alteración de la granulometría de cada material debido a la mezcla con otros materiales, a la segregación de partículas o a otros fenómenos. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no se deben utilizar, a menos que la superficie tenga pavimento asfáltico o rígido.

300.4.4 Muestreo y ensayos

El constructor debe permitir al interventor la toma de todas las muestras que exigen las presentes especificaciones, para verificar su conformidad con los requisitos señalados en estas.

Siempre que los ensayos den resultados no satisfactorios, el constructor debe ser el responsable de las consecuencias que se deriven de ello, y todas las correcciones o reparaciones a que haya lugar deben correr a su exclusivo cargo, sin que impliquen ningún costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

300.4.5 Transporte de materiales

Todo transporte de materiales sobre las vías públicas se debe realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deben cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.

Los vehículos deben estar equipados con dispositivos para depositar los materiales, de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Además, deben contar con los medios necesarios para proteger los materiales de cambios en su contenido de agua.

Cualquier contaminación que se presente, debe ser subsanada por el constructor antes de continuar con el trabajo, sin cargo para INVÍAS.

En aquellos casos en que el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el constructor debe construir los desvíos necesarios.

300.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

Para la ejecución de la obra, el constructor debe construir y conservar transitables, todo el tiempo requerido, las desviaciones necesarias para mantener el tránsito por fuera de la obra y facilitar su construcción o reparación, así como los caminos de acceso para comunicar los frentes de trabajo, los lugares para la obtención de los materiales destinados a su construcción y para permitir el movimiento de la maquinaria, los equipos y los vehículos necesarios para su realización.

Si los documentos del proyecto no incluyen un PMT óptimo para su ejecución o de sus partes, el constructor debe elaborar dicho plan, incluyendo la señalización, operarios de vía requeridos, adecuación de vías, conformación provisional de calzadas que se requieran y los dispositivos para protección que sean necesarios de conformidad con lo que establece el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte. Los diseños se deben hacer de forma tal que se mantengan condiciones favorables y seguras para los usuarios, y para dar paso a los vehículos de obra, atendiendo las características generales de manejo de tránsito para carreteras en operación, que hayan sido establecidas en las especificaciones de construcción. Se debe elaborar el PMT con anterioridad a la construcción de las desviaciones, y por cuenta y costo del constructor, quien debe someter dichos proyectos a la aprobación del interventor.

No se debe autorizar al constructor el inicio de la obra hasta que haya construido las desviaciones, instalado las señales y demás disposiciones del PMT, en la forma y las condiciones indicadas en los documentos del proyecto o proporcionadas por el interventor y aprobadas por este.

El constructor debe conservar y mantener en buen estado todos los desvíos y caminos de acceso, incluyendo la señalización, tratamiento paliativo del polvo cuando se considere necesario, según las disposiciones del artículo 312, Tratamiento paliativo del polvo en afirmados, y debe contar con los dispositivos para protección, de conformidad con lo que establece el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte, por su cuenta y costo, hasta que la obra le sea recibida por el interventor. En los casos de las desviaciones para carreteras en operación, el constructor está obligado a mantener la superficie de rodadura en buenas condiciones (limpia y sin baches ni deformaciones) y a renovar la señalización y los dispositivos para protección siempre que sea necesario, para garantizar la seguridad, continuidad y fluidez del tránsito.

300.4.7 Conservación

Toda capa de afirmado, subbase, base o capa estabilizada terminada debe ser conservada, a partir de la fecha de su terminación, en las condiciones en que la recibió el interventor, hasta cuando sea cubierta por la capa superior, aun cuando la superficie fuera liberada parcial o totalmente al tránsito público. El constructor es responsable

por toda alteración y debe reponer la capa en la condición en la cual le fue recibida, sin cargo adicional para INVÍAS, antes de que el interventor autorice la colocación de la capa superior.

300.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores para la fabricación de capas granulares y estabilizadas se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- El interventor solo debe aceptar el uso de las fuentes de materiales, después de que el constructor presente la correspondiente licencia ambiental de explotación.
- Las instalaciones de trituración y clasificación de agregados no pueden estar localizadas en áreas de conservación ambiental.
- La explotación de las fuentes debe ser cuidadosamente planeada, de manera que se puedan minimizar los daños inevitables y posibilitar la recuperación ambiental una vez culminada la explotación.
- Se deben construir las piscinas de sedimentación que sean necesarias, con el fin de retener las partículas finas sobrantes y evitar su transporte hacia cursos o láminas de agua.
- Si la fuente es una cantera, no se debe permitir el desmonte mediante quema. Todo material de descapote debe ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área explotada, reintegrándola al paisaje.
- Si los agregados son suministrados por terceros, el constructor debe entregar al interventor la documentación que certifique la legalidad de la explotación y el cumplimiento de las normas y disposiciones ambientales vigentes.
- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción, por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada deben ser mantenidos correctamente, durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir la erosión y arrastre excesivo de partículas sólidas.
- Siempre que se usen estabilizantes, su manejo y aplicación se debe realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales, según el tipo de producto utilizado.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

300.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

300.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidos en la respectiva especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados, de acuerdo con los programas de trabajo.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la fase de experimentación, en el caso de subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la densidad seca de las capas compactadas, efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella sea necesaria. Este control se debe realizar en el espesor de capa realmente construido, de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles, así como comprobar la uniformidad de la superficie.
- Velar por el cumplimiento de todas las disposiciones relacionadas con el manejo ambiental.

Para efectos de pago, el interventor debe medir las cantidades de obra ejecutadas, aprobadas por este.

300.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Tanto las condiciones de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas se indican en los artículos correspondientes. Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con la aprobación de este.

300.5.3 Medidas de deflexión

Si los documentos del proyecto lo contemplan, o lo solicita el interventor, el constructor debe verificar la solidez de la estructura construida al nivel de afirmado, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman o el deflectómetro de impacto (FWD), de acuerdo con las normas de ensayo INV E-795 o INV E-798, respectivamente. Los resultados de las medidas no deben constituir un criterio para aceptación o rechazo de la capa construida de afirmado, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas, pero deben permitir a INVÍAS verificar la homogeneidad de los procesos de construcción de la estructura y realizar los ajustes, que puedan resultar necesarios, al diseño estructural del pavimento.

300.6 Medida

Se debe efectuar aplicando los procedimientos y las unidades de medida que se indican a continuación, con las precisiones que se hacen en algunos de los artículos del presente capítulo. El resultado de la medida se debe informar con la aproximación establecida en la respectiva especificación, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

300.6.1 Construcción de afirmados, subbases granulares y bases granulares y estabilizadas

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material

o mezcla suministrado, colocado y compactado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva. El volumen se debe determinar utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los documentos del proyecto, previa verificación de que su ancho y espesor se encuentren conformes con dichos documentos y dentro de las tolerancias permitidas en la respectiva especificación.

No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la subrasante por parte del constructor.

300.6.2 Ejecución de bacheos con materiales granulares de subbase y base

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de bacheo con material de subbase granular o base granular, según el caso, ejecutado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva. El volumen se debe determinar multiplicando la superficie donde el interventor haya autorizado el trabajo, por el espesor compactado promedio en que se haya colocado el material, de acuerdo con la especificación respectiva.

300.7 Forma de pago

El pago por la construcción de afirmados, subbases granulares, bases granulares y capas granulares estabilizadas, y bacheos con materiales granulares de subbase y base, se debe hacer por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada, de acuerdo con este artículo como con la especificación respectiva, y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, eventual lavado, transportes, almacenamiento, clasificación, desperdicios, cargues, descargues, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados, y los de extracción, bombeo, transporte y distribución del agua requerida.

Además, debe incluir los costos de la fase de experimentación cuando ella se encuentre incluida dentro de la respectiva especificación; de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del constructor, incluyendo las medidas de deflexión a las que hace referencia el numeral 300.5.3, así como de la señalización preventiva de la vía y del control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

El precio unitario debe incluir, también, los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el artículo 106.

En el caso de la construcción de subbases y bases estabilizadas con materiales provenientes de la misma vía, el precio unitario debe incluir su escarificación en el espesor requerido y su posterior disgregación hasta cumplir las exigencias de la respectiva especificación. Tanto si los materiales provienen de la misma vía como si son transportados, el precio unitario debe incluir, también, el suministro en el sitio del agua que se pueda requerir, la aplicación y la mezcla del producto estabilizante; así como el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargues, transporte, descargues y aplicación del producto requerido para el curado de la capa compactada, según lo exija la respectiva especificación y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

En los artículos correspondientes, se debe definir si se excluye del precio unitario de las subbases y bases estabilizadas, o cualquier otra capa con tratamiento de estabilización, el suministro en el sitio del producto estabilizante. Si el artículo correspondiente indica que uno o varios aspectos se excluyen del precio unitario, se deben aplicar las condiciones dadas en el mismo artículo. Si este no se excluye explícitamente, el precio unitario de la construcción de subbases y bases estabilizadas debe incluir el suministro, almacenamiento y transporte de este.

El constructor debe considerar, en relación con los explosivos que requiera, todos los costos que implica su adquisición, incluidos los accesorios requeridos para su empleo, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio y el instante de su utilización. También, en todos los casos, el precio unitario debe incluir el costo de la operación de voladura.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por tanto, no debe haber lugar a pago separado por este concepto, salvo que dicho ítem no forme parte del mismo contrato, caso en el cual el constructor debe considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Conformación de la calzada existente

Artículo 310 – 22

310.1 Descripción

Este trabajo consiste en la escarificación, la conformación, la renivelación y la compactación del afirmado existente, con o sin adición de material de afirmado o de subbase granular; así como la conformación o reconstrucción de cunetas.

310.2 Materiales

Se deben aprovechar los materiales del afirmado existente que cumplan los requisitos de calidad estipulados en el artículo 311, Afirmado, y en el artículo 320, Subbase granular.

En el caso de que sea necesaria la adición de nuevo material, este debe cumplir los requisitos de calidad señalados en el artículo 311 o en el artículo 320, según los alcances del proyecto.

310.3 Equipo

Rige lo indicado en el numeral 300.3 del artículo 300. Normalmente, el equipo requerido para la conformación de la calzada incluye elementos para la explotación de materiales, eventualmente una planta de trituración, unidad clasificadora, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

310.4 Ejecución de los trabajos

310.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

310.4.2 Mejoramiento del afirmado

Los materiales existentes que no cumplan los requisitos de calidad establecidos en los artículos 311 o 320, según corresponda, se deben escarificar en el espesor ordenado por el interventor. Así mismo, estos materiales se deben retirar, transportar, depositar y conformar en los sitios destinados para disposición de sobrantes o desechos, de acuerdo con estas especificaciones o lo dispuesto por el interventor.

Cuando el material del afirmado existente cumpla los requisitos de calidad establecidos en los artículos 311 o 320, según corresponda, se debe escarificar, conformar, humedecer o secar y compactar, de acuerdo con lo especificado en esos artículos, ya sea con o sin adición de material. La escarificación del afirmado existente se debe realizar necesariamente cuando no se requiera adicionar material o cuando el espesor de la capa compacta de material por adicionar sea inferior a diez centímetros (10 cm).

Para el caso de capas adicionales con espesores compactados iguales o superiores a diez centímetros (10 cm), la escarificación solo se debe realizar cuando haya necesidad de efectuar el reemplazo de material de afirmado existente que no cumpla los requisitos de calidad establecidos en los artículos 311 o 320, según corresponda, salvo que, por circunstancias especiales, el interventor determine lo contrario.

El material por utilizar en la adición o en el reemplazo de material inadecuado, debe cumplir lo especificado en los artículos 311 o 320, según lo indiquen los documentos del proyecto.

En el mejoramiento del afirmado no deben aparecer depresiones ni angostamientos que afecten la superficie de rodadura contemplada en el alineamiento y en las secciones típicas del proyecto.

Una vez conformada la calzada existente, el constructor debe conservarla con la planicidad y el perfil correcto, hasta que proceda a la construcción de la capa superior. Cualquier deterioro que se produzca por causa diferente a fuerza mayor debe ser corregido por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), hasta contar con la aprobación del interventor.

310.4.3 Cunetas y ensanches

La conformación o la reconstrucción de cunetas, así como la construcción de ensanches menores, se debe hacer de acuerdo con las secciones, las pendientes transversales y las cotas indicadas en los documentos del proyecto y con lo especificado en los artículos correspondientes a excavaciones y terraplenes.

Los procedimientos requeridos para cumplir con la presente especificación deben incluir la excavación, el cargue, el transporte y la disposición de los materiales no utilizables y la conformación de los materiales que sean utilizables, para obtener la sección típica proyectada.

El mejoramiento de cunetas y los ensanches deben avanzar coordinadamente con la construcción de las demás obras del proyecto.

310.4.4 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

310.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

310.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte pertinente del numeral 300.5.1 del artículo 300.

310.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los trabajos de conformación de la calzada se deben ajustar a los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor. Su pendiente transversal debe ser la especificada en el numeral 311.4.5 del artículo 311.

Las cunetas deben quedar funcionando adecuadamente y libres de todo material de desecho.

En los casos en que se requiera adición de material, la verificación de su calidad se debe efectuar de acuerdo con lo establecido en el artículo 311 o en el artículo 320, según se haya incorporado material de afirmado o de subbase granular, respectivamente.

El control de compactación se debe ajustar a lo establecido en el numeral 311.5.2.2.2 del artículo 311.

El trabajo se debe considerar terminado cuando el interventor verifique y acepte que el constructor se ha ceñido a lo establecido en los documentos del proyecto y a lo ordenado por este.

310.6 Medida

La unidad de medida para la conformación de la calzada debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), de trabajo realizado de acuerdo con esta especificación y aprobado por el interventor en el área definida en los documentos del proyecto.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se debe medir, para efectos de pago, ningún área por fuera de los límites indicados en los documentos del proyecto.

310.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato por toda área de calzada conformada, aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de excavación de cunetas y ensanches menores en corte, hasta un máximo de cincuenta metros cúbicos (50 m^3) entre estaciones de cincuenta metros (50 m) del abscisado del proyecto, excavados a un solo lado de la vía; el cargue, el transporte de los materiales excavados hasta los sitios de utilización y/o disposición; la escarificación, el cargue, el transporte y el desecho en sitios aprobados de los materiales inadecuados de la calzada existente; la escarificación, la conformación, el humedecimiento o el secado y la compactación de los materiales apropiados de la calzada existente, de acuerdo con las secciones típicas del proyecto, con o sin adición de material.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Debe haber pago por separado de las excavaciones de volumen superior al señalado en el segundo párrafo de este numeral, las cuales se deben reconocer de acuerdo con el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos. También, debe haber pago por el suministro, el transporte y la colocación de los materiales requeridos de afirmado y subbase granular, los cuales se deben reconocer de acuerdo con los artículos 311, Afirmado; y 320, Subbase granular.

310.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
310.1	Conformación de la calzada existente	Metro cuadrado (m^2)

Afirmado

Artículo 311 – 22

311.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación y la compactación de los materiales de afirmado sobre la subrasante terminada, o sobre un afirmado existente, de acuerdo con la presente especificación, los alineamientos, las pendientes y las dimensiones indicados en los documentos del proyecto.

311.2 Materiales

Los agregados para la construcción del afirmado deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 311 — 1. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 311 — 2 y deben cumplir las relaciones establecidas en la Tabla 311 — 3.

Tabla 311 — 1. Requisitos de los agregados para afirmados

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles a quinientas (500) revoluciones (Granulometría A), máximo (%): - NT1 - NT2 - NT3	E-218	 50 30 30
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%).	E-125	35
Índice de Plasticidad (%).	E-125 y E-126	4 – 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2
Contracción lineal.	E-127/E-129	Tabla 311 — 3

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 15

Nota: la norma de ensayo INV E-220 permite el uso tanto de sulfato de sodio como de sulfato de magnesio, por lo que se admite el uso de cualquiera de los dos componentes químicos.

Tabla 311 — 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
A-38	100	-	80 — 100	60 — 85	40 — 65	30 — 50	13 — 30	9 — 18
A-25	-	100	90 — 100	65 — 90	45 — 70	35 — 55	15 — 35	10 — 20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Tabla 311 — 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

Relación	Requisito
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.10}$	0,20 – 0,45
$\frac{\%\ pasa\ tamiz\ nro.200}{\%\ pasa\ tamiz\ No.\ 40}$	≤ 2/3
{(% pasa tamiz de 1 pulgada) - (% pasa tamiz nro. 10)} × {% pasa tamiz nro. 4}	16 – 34
(% de contracción lineal) × (% pasa tamiz nro. 40)	100 – 240

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias

que se indican en la Tabla 311 — 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada o que se incumpla alguna de las relaciones establecidas en la Tabla 311 — 3. Una vez elegida la franja granulométrica, esta no puede ser cambiada por otra sin previa autorización del interventor.

El tamaño máximo nominal no debe exceder de un tercio (1/3) del espesor de la capa compactada.

311.3 Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. En la construcción del afirmado, se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado y herramientas menores. Además, equipos para humedecimiento y mezclado, que deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas. Los equipos de cargue y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte.

Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por pavimentar superior a los setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m^2), se recomienda utilizar extendedoras automotrices, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de afirmado, con la configuración deseada y para proporcionarle un mínimo de compactación. No obstante, la selección del equipo para la extensión debe ser responsabilidad del constructor con la aprobación del interventor y se debe validar durante su operación.

311.4 Ejecución de los trabajos

311.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

311.4.2 Preparación de la superficie existente

El material de afirmado no se debe descargar hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tiene la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Se debe comprobar la regularidad, la capacidad de soporte y el estado de la superficie existente. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva deben ser corregidas, de acuerdo con lo establecido en ella.

311.4.3 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales para afirmado deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 del artículo 300, respectivamente.

311.4.4 Colocación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

311.4.5 Extensión, acondicionamiento y conformación del material

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme, donde se debe verificar su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje un contenido de agua uniforme en el material. Después de humedecido o aireado, este material se debe extender en una capa uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

A menos que, en los documentos del proyecto figure algo diferente, el material de afirmado debe ser distribuido en una sola capa y en todo el ancho de la corona (calzada más bermas) de tal manera que, al extenderse, la capa resulte de espesor uniforme, con una pendiente transversal entre tres y cuatro por ciento (3% – 4 %), para facilitar el escurrimiento de las aguas superficiales.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a ciento veinte milímetros (120 mm) ni superior a trescientos milímetros (300 mm). Si el espesor del afirmado compactado, por construir, es superior a trescientos milímetros (300 mm), el material se debe colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a ciento veinte milímetros (120 mm). El material extendido debe mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

311.4.6 Compactación

Una vez que el material tenga el contenido de agua apropiado, necesario para asegurar la densidad de diseño requerida y esté conformado debidamente, se debe compactar con el equipo aprobado, hasta lograr la densidad seca especificada. Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior. La última capa extendida debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

311.4.7 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito, mientras no se haya completado la compactación. Si ello no fuere posible, el tránsito que necesariamente tenga que pasar sobre ellas se debe distribuir en forma tal que no se concentren

ahuellamientos en la superficie. El constructor debe responder por los daños originados por esa causa y debe repararlos, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

311.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de una capa de material de afirmado en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C). Una vez haya cesado la lluvia y se decida realizar los trabajos de construcción, se deben asegurar las condiciones de compactación y contenido de agua en las capas de materiales existentes, sin permitir trabajos en lugares donde existan empozamientos de agua.

Los trabajos de construcción de afirmados se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

311.4.9 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

311.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

311.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300.

311.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

311.5.2.1 Calidad de los agregados

311.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados y para cualquier volumen previsto de material de un mismo tipo, se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 311 — 1. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, de lo contrario se deben rechazar los materiales deficientes.

Estos ensayos se deben repetir durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, y no se puede utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del interventor.

311.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten

restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado.

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 311 — 4.

Tabla 311 — 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de afirmado

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-213	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	E-218	Una (1) vez por semana
Contracción lineal	E-127	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

Cuando el interventor considere que, las características del material que se está explotando en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 311 — 1 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

En ningún caso se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos establecidos en el numeral 311.2. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

311.5.2.2 Calidad del producto terminado

311.5.2.2.1 Terminado

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y las pendientes establecidas en los documentos del proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no debe ser inferior a la señalada en dichos documentos. No se debe tolerar, en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

Además, se deben realizar las siguientes comprobaciones.

311.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se define como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total del afirmado.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de afirmado compactado.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

Los sitios para determinar la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de afirmado, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [311.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [311.2]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E- 161, E-162 y E-164, sin efectuar la corrección por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños, según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % *se acepta el lote* [311.3]

GC_l (90) < 95,0 % *se rechaza el lote* [311.4]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los

valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado.

311.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [311.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose solo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [311.6]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, compactar nuevamente y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

311.5.2.2.4 Rasante y anchura

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Cuando no se cumpla por exceso, esta se debe corregir por cuenta del constructor, sin que ello suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

En perfiles transversales cada veinte metros (20 m), se debe comprobar la anchura de la capa extendida, que en ningún caso debe ser inferior a la establecida en los documentos del proyecto.

311.6 Medida

El afirmado se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En todos los casos, la medición de volúmenes de material colocado se debe hacer al metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1).

311.7 Forma de pago

El afirmado se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

311.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
311.1	Afirmado	Metro cúbico (m^3)

Tratamiento paliativo del polvo en afirmados

Artículo 312 – 22

312.1 Descripción

Este trabajo consiste en la preparación de una superficie granular de rodadura, la eventual adición y mezcla de nuevos materiales granulares, el suministro en el lugar y la aplicación de un producto apropiado para aliviar las molestias causadas por el tránsito automotor y la posterior compactación de la capa tratada, de conformidad con lo establecido en esta especificación y las indicaciones del interventor.

312.2 Materiales

312.2.1 Cloruro de calcio

El producto por utilizar para el tratamiento paliativo de polvo debe ser cloruro de calcio en forma sólida o líquida, que cumpla los requisitos establecidos en la especificación ASTM D98. Los documentos del proyecto deben precisar el tipo de cloruro por utilizar.

312.2.1.1 Forma sólida

En su forma sólida, el cloruro se puede emplear en forma de hojuelas (*flakes*), con una concentración no menor de setenta y siete por ciento (77 %) de cloruro de calcio puro, o en forma de esferas (*pellets*), con una concentración no menor de noventa y cuatro por ciento (94 %) de cloruro de calcio puro. En el primer caso, el producto se debe ajustar al Grado N1 – Clase A de la especificación ASTM D98 y en el segundo, al Grado N3 – Clase B de la misma especificación.

312.2.1.2 Forma líquida

Consiste en una solución acuosa del cloruro, con una concentración de cuando menos treinta y dos por ciento (32 %) y gravedad específica no menor de uno coma treinta (1,30), medida esta última de acuerdo con la norma ASTM D1475.

312.2.2 Agua

El agua, para el humedecimiento previo de la superficie por tratar, debe estar libre de cualquier contaminante que afecte el comportamiento del material en servicio o el ambiente. Puede ser agua potable. Si no lo es, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 312 — 1.

Tabla 312 — 1. Requisitos del agua no potable para tratamiento paliativo de polvo en afirmados

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH	D1293	5,5 – 8,0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

312.2.3 Otros paliativos de polvo

El empleo de otro producto para el control de polvo en afirmados, diferente del cloruro de calcio, requiere la elaboración de una especificación particular.

312.3 Equipo

El constructor debe proponer, para consideración del interventor, los equipos más apropiados para las operaciones por realizar, los cuales no deben producir daños o menoscabos innecesarios en vecindades o en la zona de los trabajos, y deben garantizar el avance físico según el programa de trabajo y el cumplimiento de las exigencias de este artículo.

Para la ejecución de los trabajos especificados se requiere un equipo para la aplicación del producto sobre la superficie, el cual debe consistir en un carrotanque con dispositivos de aplicación a presión, si el cloruro se va a aplicar en forma líquida, o en un esparcidor de gravilla o agrícola para aplicaciones en forma sólida. Dicho equipo se debe encontrar en óptimas condiciones de funcionamiento y debidamente calibrado, de manera que aplique el producto en forma uniforme a lo largo y ancho de la superficie por tratar.

Además, se requiere una motoniveladora con escarificador, un carrotanque irrigador de agua, compactador neumático y herramientas menores.

Los recipientes para el transporte del cloruro en forma sólida deben ser herméticos, y cuando se transporte en forma líquida se debe emplear carrotanques calibrados. En todos los casos, los vehículos de transporte deben cumplir las reglamentaciones vigentes sobre tránsito y conservación del ambiente expedidas por las autoridades competentes.

El cloruro de calcio en forma sólida se puede almacenar en bodegas, tolvas, silos o apilado. El tipo de almacenamiento depende de la cantidad de producto por almacenar y de la duración del almacenamiento. Para que este sea seguro, se deben cumplir tres requisitos:

- Que el material se mantenga seco, en un ambiente protegido de la humedad.
- Que el sistema de drenaje se encuentre suficientemente alejado del área de almacenamiento, para prevenir cualquier contaminación de láminas y cursos de agua por arrastre de partículas.
- Que la superficie de la zona de almacenamiento sea pavimentada.

Cuando el cloruro se almacene en bodegas, sus pisos, paredes y techos deben ser tan herméticos como resulte posible, para prevenir el acceso de humedad al producto. Si se emplean tolvas y silos, ellos pueden ser de acero al carbono, y es de máxima importancia la exclusión de la humedad para prevenir la corrosión. Si el producto se almacena en pilas, estas se deben cubrir de manera permanente con láminas de polietileno aseguradas de manera firme, para evitar que sean levantadas por el viento. Siempre que se emplee un almacenamiento elevado para descarga del producto por gravedad, esta se debe realizar en un ángulo de cuarenta y cinco grados (45°) con la horizontal cuando se trate de hojuelas, y de treinta y cinco grados (35°) cuando se trate de esferas.

312.4 Ejecución de los trabajos

312.4.1 Fase de experimentación

Antes de iniciar los trabajos a escala industrial, el constructor debe emprender una fase de experimentación para verificar el estado y el rendimiento de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, la dosificación del producto y los métodos definitivos de trabajo.

Para tal efecto, el constructor debe tomar una sección de unos cien metros (100 m) de longitud, cuya superficie se debe preparar como se indica en el numeral 312.4.2, y sobre ella se debe aplicar el producto con una dosificación preliminar establecida en acuerdo con el interventor, dependiendo de la granulometría y la plasticidad del afirmado por proteger y de la duración prevista para el tratamiento. Su compactación se debe realizar como se indica en el numeral 312.4.4.

Si el resultado de esta primera sección de ensayo no es satisfactorio, se debe preparar otra u otras, realizando las modificaciones pertinentes, según las causas que se establezcan como determinantes de la falla de la primera sección y las subsiguientes, hasta encontrar las condiciones de trabajo satisfactorias y aprobadas por el interventor.

Siempre que una sección de prueba resulte inadecuada, el material se debe escarificar, remover, transportar y depositar en un sitio aprobado, sin que ello genere ningún costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

La cantidad de cloruro por aplicar debe ser la mínima necesaria para obtener el éxito en el tratamiento, pero nunca puede exceder de cero coma ocho kilogramos por metro cuadrado (0,8 kg/m^2) de cloruro puro. Si las pruebas determinan la necesidad de utilizar una cantidad mayor, no se debe permitir la ejecución del tratamiento con este producto.

312.4.2 Preparación de la superficie existente

Para que el tratamiento sea eficiente, el material por tratar debe satisfacer los requisitos de calidad y granulometría establecidos en el artículo 311, Afirmado. Si se presentan deficiencias en este aspecto, se debe adicionar y mezclar un material granular que las corrija, compactando a continuación dicha mezcla a los niveles exigidos en el mismo artículo.

El afirmado existente, corregido si ha sido necesario según se describe en el párrafo anterior, se debe perfilar en todo el ancho de la corona de la vía, de manera que la superficie presente un bombeo constante, preferiblemente de cuatro por ciento (4 %).

Luego, se debe escarificar en un espesor comprendido entre veinticinco y cincuenta milímetros (25 mm – 50 mm), el cual debe permanecer suelto durante el tratamiento, con el fin de que el cloruro penetre rápida y uniformemente dentro del material granular. Por ningún motivo se debe compactar el afirmado antes de aplicar el producto.

La superficie por tratar no se puede encontrar seca antes de la aplicación del cloruro. Por tanto, se debe incorporar una cantidad de agua que sea suficiente para facilitar la penetración del producto en el afirmado, pero no excesiva al punto de que pueda causar escurrimientos sobre la superficie de la vía.

312.4.3 Aplicación del producto

El producto se puede aplicar en forma líquida y a presión por medio de un carrotanque, o en forma de hojuelas o esferas con el apoyo de un esparcidor. La velocidad de operación del equipo debe ser tal, que se aplique la cantidad de cloruro establecida como adecuada durante la fase de experimentación.

Al término de la aplicación, el equipo utilizado debe ser sometido a una limpieza rigurosa, debido al carácter corrosivo del cloruro.

312.4.4 Compactación

Después de aplicado el producto se debe proceder a la compactación de la superficie tratada, empleando para ello un equipo de llantas neumáticas. El número de pasadas debe ser el definido en la fase de experimentación, ajustado cuando las circunstancias de la obra lo hagan necesario.

Si durante el proceso de compactación se advierte que el material tiende a ser desplazado al frente del compactador, se debe esperar que cure un poco antes de terminar la compactación.

312.4.5 Control del tránsito

No se debe permitir la circulación de ningún tipo de tránsito durante las dos horas (2 h) siguientes a la terminación de la compactación. Si la suspensión del tránsito no resulta posible, la vía debe ser tratada por mitades.

312.4.6 Limitaciones en la ejecución

El tratamiento para el control del polvo en afirmados no se puede realizar en instantes de lluvia, ni cuando los pronósticos meteorológicos señalen una posibilidad mayor de veinte por ciento (20 %) de ocurrencia de lluvias durante las treinta y seis horas (36 h) siguientes al instante previsto para la aplicación del producto. El agua lluvia lava y diluye el cloruro estropeando el tratamiento y causando problemas ambientales en los cursos y las láminas de agua, y en la vegetación adyacente a la vía.

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

312.4.7 Manejo ambiental

En adición a lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300, todas las estructuras de drenaje superficial aledañas a la zona de los trabajos se deben mantener limpias para garantizar el adecuado escurrimiento de las aguas, limitando la cantidad de agua que se pueda infiltrar al afirmado, ya que puede lavar el cloruro y deteriorar el tratamiento.

El cloruro de calcio y sus soluciones presentan los mismos problemas de manejo de otras sales similares y, por tanto, requieren un

manejo cuidadoso y el uso de gafas y dotación en materia de seguridad industrial para prevenir lesiones.

El constructor debe presentar la ficha técnica del producto debido a los problemas de contaminación que puede llegar a generar su aplicación. Se requiere esta ficha técnica para poder determinar las mínimas posibilidades de riesgo. Así mismo, se debe garantizar que sea un personal idóneo el que ejecute las diferentes labores que aseguren una correcta aplicabilidad y se minimicen daños.

No se permite producir la solución acuosa de cloruro dentro de la zona de las obras. Esta práctica representa un riesgo a la seguridad debido al carácter exotérmico de este proceso químico.

Al aplicar el cloruro o su solución se debe evitar, por todos los medios, que el producto tenga acceso a cuerpos de agua o sea esparcido sobre la vegetación. Al limpiar los equipos luego de la aplicación del producto, se debe tener en cuenta la misma precaución.

312.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

312.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos de tratamiento paliativo del polvo, se deben adelantar los siguientes controles generales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar, siempre que se considere necesario, que el producto empleado en el tratamiento y el agua cumplan todos los requisitos de calidad mencionados en este artículo.
- Verificar la calidad de la mezcla entre el material del afirmado existente y el granular de aporte, cuando este último se requiera.
- Efectuar pruebas de campo para verificar las dosificaciones del tratamiento paliativo de polvo.

312.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

312.5.2.1 Calidad del producto

Por cada despacho del producto empleado para el tratamiento, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante, donde consten las fechas de elaboración y vencimiento, así como los resultados de los ensayos de calidad indicados en la norma ASTM E449, los cuales deben cumplir con las exigencias de la especificación ASTM D98.

Independientemente de la entrega de esta información, el interventor puede pedir al constructor que, a su costa, se realicen los ensayos de comprobación correspondientes y requeridos para evaluar la idoneidad del producto. Dichos ensayos se deben llevar a cabo en un laboratorio que cuente con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de productos químicos, que pueda demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario

para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El producto debe ser rechazado por el interventor y, en consecuencia, no puede ser empleado en los trabajos, en las siguientes circunstancias:

- Si se va a aplicar con posterioridad a su fecha de vencimiento.
- Si no resulta conforme con al menos una de las exigencias de este artículo y de las normas ASTM a las cuales hace referencia.
- Si al encontrarse en forma líquida, no constituye una solución homogénea.
- Si algún despacho en forma sólida se presenta pegajoso o empastelado.

Cuando se produzca rechazo, el producto debe ser devuelto al proveedor para que disponga de este en forma apropiada.

312.5.2.2 Calidad del agua

Si se emplea agua que no sea potable y el interventor tiene dudas sobre su calidad, debe solicitar al constructor que, a su costa, ordene la determinación del pH y el contenido de sulfatos en un laboratorio que cuente con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad del agua, que pueda demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar que los resultados de la medición sean trazables al SI mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

Si los resultados obtenidos no cumplen los valores indicados en el numeral 312.2.2, no se debe permitir el empleo de esa agua y se debe rechazar cualquier tratamiento que se

haya realizado con esta. En tal caso, el constructor debe escarificar, remover, transportar y depositar en un sitio aprobado el material, y debe reponer los agregados y reconstruir el tratamiento, sin costo adicional para INVÍAS.

312.5.2.3 Calidad del afirmado

Cuando, previamente al tratamiento, se deba incorporar un material granular de aporte por el motivo indicado en el numeral 312.4.2, la calidad de este debe ser tal que, al mezclarlo con el afirmado existente, la mezcla cumpla los requisitos establecidos para los afirmados en el numeral 311.2 del artículo 311.

Para tal efecto, se deben tomar muestras representativas del material mezclado por el constructor y el interventor lo debe aceptar solamente si satisface todos los requisitos sobre desgaste, solidez, plasticidad y granulometría establecidos en el numeral citado en el párrafo anterior.

312.5.2.4 Calidad del producto terminado

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de calzada tratada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de calzada tratada.
- La superficie tratada en un día (1 d) de trabajo.

La dosificación del producto se debe comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del cloruro en no menos de tres (3) puntos del área considerada como lote.

El interventor no debe aceptar áreas tratadas donde la dosificación media del producto difiera en más de quince por ciento (15 %) de la aprobada previamente, como resultado de la fase de experimentación. Tampoco debe aceptar un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado, ni donde la dosificación del cloruro puro resulte en exceso de cero coma ocho kilogramos por metro cuadrado (0,8 kg/m^2). El interventor debe determinar las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

Los costos de todos los materiales, equipos y operaciones requeridos, para la corrección de defectos o excesos en el tratamiento, deben ser asumidos por el constructor.

312.6 Medida

Para los efectos del presente artículo, se deben aplicar los siguientes criterios de medida:

- Si el producto para el tratamiento paliativo del polvo ha sido aplicado en forma sólida, la unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al entero, de cloruro de calcio suministrado y colocado; aprobado por del interventor.
- Si el producto para el tratamiento paliativo del polvo ha sido aplicado en forma líquida, la unidad de medida debe ser el litro (L), aproximado al entero, de solución de cloruro de calcio suministrada y colocada; aprobada por el interventor.

En los dos casos, la cantidad aplicada se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de trabajo, por el

ancho y por la dosificación media aprobados por el interventor. No se debe medir ni pagar ninguna cantidad por fuera de tales límites.

Cuando se haya incorporado agregado pétreo de adición para corregir el afirmado, la unidad de medida de este debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material granular suministrado en estado suelto. Su volumen debe ser determinado por el interventor, con base en el número de viajes de material granular transportado suelto y la capacidad de cada volqueta utilizada.

312.7 Forma de pago

El pago del tratamiento paliativo del polvo se debe hacer por kilogramo (kg) o litro (L), según si el producto se aplicó en forma sólida o líquida, al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado, de acuerdo con este artículo y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir la compensación total por el suministro, en el lugar de la obra, del producto para el tratamiento y su aplicación, las herramientas y equipos necesarios y la correcta ejecución del trabajo contratado.

El precio unitario del tratamiento paliativo del polvo debe cubrir, además, los costos de todos los permisos y las licencias de toda índole que se requieran para la adquisición del producto, su transporte, almacenamiento y uso, así como los costos de la ejecución de la fase de experimentación, los costos de todos los muestreos y ensayos a cargo del constructor; los costos de la preparación de la superficie existente, incluyendo los que implique la adquisición, extracción, bombeo, transporte, suministro y aplicación del agua requerida; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que indica este artículo o fije el interventor y, en general, todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en el presente artículo. Solamente se exceptúa el suministro, la mezcla y la compactación del agregado pétreo de adición, cuando este se requiera.

El pago del agregado pétreo de adición se debe hacer por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por todo agregado suministrado; aprobado por el interventor. El precio unitario debe incluir la compensación total por el suministro del agregado pétreo de adición en el lugar de la obra, los equipos necesarios, la mezcla del agregado con el afirmado existente y la compactación de dicha mezcla. También, incluye los costos de todos los permisos y las licencias de toda índole que se requieran para la obtención de los materiales; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la colocación del material sobre la vía y su mezcla y compactación con el afirmado existente y, en general, todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de este trabajo.

Cada precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

312.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
312.1	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma sólida en hojuelas	Kilogramo (kg)
312.2	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma sólida en esferas	Kilogramo (kg)
312.3	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma líquida	Litro (L)
312.4	Material granular de adición	Metro cúbico (m^3)

Subbase granular

Artículo 320 – 22

320.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación, el humedecimiento o aireación, la extensión y la conformación, la compactación y el terminado de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, las pendientes y las dimensiones indicados en los documentos del proyecto.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina subbase granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o la capa estabilizada, en todo tipo de pavimento, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

320.2 Materiales

320.2.1 Clases de subbase granular

Se definen tres clases de subbase granular, en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en el numeral 320.2.2. Así mismo, se debe definir el tipo de granulometría que se va a emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de subbase granular se deben usar como se indica en la Tabla 320 — 1, en función del nivel de tránsito del proyecto, definido en el artículo 100, Ámbito de aplicación, términos y definiciones.

Tabla 320 — 1. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

320.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la subbase granular deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 320 — 2. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 320 — 3.

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	 50	 50	 50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 320 — 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Una vez elegida la franja granulométrica, no se puede cambiar por otra sin previa autorización del interventor.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada, y el tamaño máximo nominal no debe exceder un tercio (1/3) del mismo espesor.

320.3 Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. Para la construcción de la subbase granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores. Estos equipos deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas. Los equipos de cargue y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte.

Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por pavimentar superior a los setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m^2), se recomienda utilizar extendedoras automotrices, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de subbase, con la configuración deseada y para proporcionarle un mínimo de compactación. No obstante, la selección del equipo para la extensión debe ser responsabilidad del constructor, con la aprobación del interventor y se debe validar durante su operación.

El equipo de humedecimiento y mezclado debe ser capaz de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

320.4 Ejecución de los trabajos

320.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

320.4.2 Preparación de la superficie existente

El interventor solo debe autorizar la colocación de material de subbase granular, cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas.

Además, debe estar concluida la construcción de los desagües y los filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el constructor debe realizar las correcciones necesarias, hasta ser aprobadas por el interventor.

320.4.3 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

320.4.4 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de artículo 300, respectivamente.

320.4.5 Colocación, extensión y conformación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme, donde el interventor debe verificar su homogeneidad. Si la capa de subbase granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, su mezcla se puede realizar en planta o en un patio fuera de la vía.

En el caso de realizar la mezcla en planta, se debe agregar la dosificación requerida de agua para luego transportar el material a su sitio de colocación. Cuando se vaya a realizar la mezcla directamente en el sitio, esta se debe hacer en un patio fuera de la vía, porque su mezcla dentro del área de colocación no está permitida. La mezcla se debe realizar en seco y posteriormente se debe agregar el agua que sea requerida.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua óptimo de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con un contenido de agua uniforme. Este, después de humedecido o aireado, se debe extender en todo el ancho previsto en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material se debe extender de tal forma, que no requiera mayor manipulación para obtener el espesor, el ancho y el bombeo especificados en los diseños, evitando en lo posible adiciones de forma sectorizada.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de subbase compactada, por construir, es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido debe mostrar una distribución granulométrica

uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente, según lo estipulado en el numeral 320.5.2.2.2 de esta especificación. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el constructor debe proponer al interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y la calidad de la capa.

320.4.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la subbase granular tenga el contenido de agua apropiado para asegurar la densidad de diseño requerida, se debe conformar ajustándose a los alineamientos y las secciones típicas del proyecto, y se debe compactar con el equipo aprobado por el interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte, no permitan el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

El acabado final de la subbase debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

320.4.7 Construcción de la subbase granular sobre un afirmado existente

Si el proyecto contempla que el afirmado existente forme parte de la capa de subbase granular, aquel se debe escarificar en una profundidad de cien milímetros (100 mm) o la que especifique los documentos del proyecto, y se debe conformar y compactar con el fin de obtener el mismo nivel de compactación exigido a la subbase granular, en un espesor de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

Si el espesor del afirmado es menor de cien milímetros (100 mm), el interventor puede autorizar que el material de subbase granular se mezcle con el del afirmado, previa la escarificación de este. En todo caso, se deben respetar los espesores de capa mencionados en el numeral 320.4.5.

320.4.8 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se debe distribuir en forma tal que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El constructor debe responder por los daños originados por esa causa y debe repararlos, sin costo adicional

para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

320.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de material de subbase granular mientras no haya sido realizada la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se puede construir la subbase granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C).

Los trabajos de construcción de la subbase granular se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

320.4.10 Bacheos

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), cuya profundidad sea superior a trescientos milímetros (300 mm), se deben rellenar con material de subbase granular desde el fondo de la excavación hasta una profundidad de doscientos cincuenta milímetros (250 mm) por debajo de la rasante existente. Este material debe ser compactado con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la Red Vial Nacional tienen estructuras muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidos a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de subbase granular en las operaciones de bacheo en ellos, se debe definir en los documentos del proyecto.

320.4.11 Conservación

El constructor debe conservar la capa de subbase granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el interventor hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el constructor debe reparar, sin costo adicional para INVÍAS, todos los daños que se produzcan en la subbase granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

320.4.12 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

320.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

320.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300.

320.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

320.5.2.1 Calidad de los agregados

320.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y por cada dos mil metros cúbicos (2 000 m^3) del material de un mismo tipo, se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 320 — 2. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

Estos ensayos se deben repetir durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, y no se puede utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del interventor.

Durante esta etapa, el interventor debe comprobar, además, que el material de descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

320.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se debe ordenar que se acopien por separado aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 320 — 4.

Tabla 320 — 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de subbase granular

Ensayo	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-213	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Desgaste en máquina de Los Ángeles	E-218	Una (1) vez por semana
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 320 — 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos, o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se deben realizar sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 320 — 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se debe permitir el empleo de materiales que no cumplan con los requisitos de calidad indicados en el numeral 320.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

320.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deben sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se deben tomar muestras representativas, al menos cada doscientos metros (200 m) del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se deben someter a los ensayos que se indican en la Tabla 320 — 5. Los resultados de estos ensayos deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 320.2.2. Si no las cumplen, se debe suspender inmediatamente el empleo del material y se debe delimitar el área donde se haya utilizado, la cual debe ser demolida y reconstruida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, empleando un material de subbase granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral.

Tabla 320 — 5. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados

Característica	Norma de ensayo INV
Granulometría	E-213
Límite líquido	E-125
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

320.5.2.2 Calidad del producto terminado

320.5.2.2.1 Terminado

La capa de subbase granular terminada debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones. Si el interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, debe delimitar el área afectada y el constructor la debe escarificar en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, debe mezclar y compactar de nuevo hasta

que, tanto el área delimitada como las adyacentes, cumplan todos los requisitos exigidos en el presente artículo.

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Tampoco debe quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no debe ser inferior a la señalada en los documentos del proyecto.

Cuando los niveles de la rasante no se cumplan por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el interventor puede aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la disminución con el espesor adicional necesario, sin incremento de costo para INVÍAS. De lo contrario, estas áreas deben ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir las cotas y el espesor establecidos en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

Cuando no se cumpla por exceso, este se debe corregir por cuenta del constructor, siempre que ello no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

La verificación de los perfiles longitudinales y transversales del proyecto se debe hacer mediante puntos de referencia altimétrica a distancias no superiores a veinte metros (20 m). En las zonas de transición de peraltes, esta verificación se debe realizar cada diez metros (10 m) como máximo. El ancho de la sección en ningún caso debe ser inferior al establecido en los documentos del proyecto.

320.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total de la subbase granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de subbase granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de subbase granular, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [320.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [320.2]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%\quad \textit{se acepta el lote} \quad [320.3]$$

$$GC_l\ (90) < 95{,}0\ \%\quad \textit{se rechaza el lote} \quad [320.4]$$

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Este límite se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado.

320.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determina el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [320.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d). Se admite solo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [320.6]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, compactar nuevamente y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

Si el espesor medio (e_m) resulta inferior al espesor de diseño (e_d), pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el interventor puede admitir el espesor construido, siempre que el constructor se comprometa, por escrito, a compensar la disminución con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para INVÍAS. Si el constructor no suscribe este compromiso, se debe proceder como en el párrafo anterior.

320.5.2.2.4 Planicidad

Se debe comprobar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el interventor considere conveniente. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, y no se deben admitir variaciones superiores a veinte milímetros (20 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia, debe ser delimitada por el interventor, y el constructor debe corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, es obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente artículo.

320.5.2.2.5 Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deben satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a criterio del interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual debe depender del tamaño de las áreas tratadas.

320.5.2.2.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de subbase granular, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

320.6 Medida

La subbase granular se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de subbase, se debe aplicar lo señalado en el numeral 300.6.2 del mismo artículo. En todos los casos, la medición de volúmenes de material colocado se debe hacer al metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1).

320.7 Forma de pago

La subbase granular se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

320.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
320.1	Subbase granular clase A	Metro cúbico (m^3)
320.2	Subbase granular clase B	Metro cúbico (m^3)
320.3	Subbase granular clase C	Metro cúbico (m^3)
320.4	Subbase granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m^3)
320.5	Subbase granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m^3)
320.6	Subbase granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m^3)

Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural

Artículo 321 - 22

321.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de una subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural en vías con un nivel de tránsito NT1, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos.

Para efectos de aplicación de esta especificación se define como subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural, la adición en una planta, zona de acopio o in situ, de una mezcla asfáltica natural seleccionada a un agregado pétreo, que cumplan los requisitos del presente artículo.

321.2 Materiales

321.2.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con una mezcla asfáltica natural pueden provenir de la trituración de materiales pétreos de la vía, piedra de cantera o de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deben estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

La estructura de los pétreos resultante (combinada) para la construcción de la capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural debe presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 321-1. La gradación por emplear se debe indicar en los documentos del proyecto. Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa con las tolerancias que se indican en la Tabla 321-1, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Los agregados pétreos resultantes no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico - química apreciable bajo las más desfavorables condiciones que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco pueden, junto con el agua, dar origen a disoluciones que puedan causar daños a estructuras, otras capas del pavimento o contaminar corrientes de agua. Los agregados pétreos por estabilizar deben cumplir los requisitos de calidad indicados en la Tabla 321- 2.

El constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados a utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en esta especificación.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 321-1 Franjas granulométricas de los agregados combinados para la construcción de capas de subbases estabilizadas con una mezcla asfáltica natural

Tipo de mezcla	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBEMAN-50	100	70 - 95	60 - 90	45 - 75	40 - 70	25 - 55	15 - 40	6 - 25	2 - 15
SBEMAN-38	-	100	75 - 95	55 - 85	45 - 75	30 - 60	20 - 45	8 - 30	2 - 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Tabla 321-2 Requisitos de los agregados pétreos por estabilizar

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles, máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, Máximo (%)	E-220	18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	35
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 E-126	9
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	20
Capacidad de soporte (F)		
CBR del agregado a estabilizar (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca medido en una muestra sometida a cuatro días de Inmersión.	E-148	≥ 15

321.2.2 Mezcla Asfáltica Natural

La mezcla asfáltica natural es un material compuesto esencialmente de arenas finas y conglomerado que están impregnadas de asfalto, siendo este parámetro común para la mayoría de los depósitos que se encuentran en el territorio colombiano. El contenido de asfalto residual puede variar según la fuente de explotación. El material pétreo presente en el asfalto natural debe estar exento de materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial.

321.3 Equipo

Al respecto rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300, Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Para la construcción de las capas de subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural se requieren, además, equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora, equipos para mezclado y homogenización, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, equipos para la elaboración, extensión, compactación y nivelación de la mezcla estabilizada, así como herramientas menores y un equipo apropiado para escarificar la capa existente, en caso de que su utilización esté prevista en el proyecto.

321.4 Ejecución de los trabajos

321.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300. En la explotación de la mezcla asfáltica natural se debe hacer la respectiva clasificación del material con el fin de evitar sobretamaños, materiales fósiles u otros elementos nocivos o contaminantes para la capa a conformar o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada. Se debe obtener en lo posible, una mezcla asfáltica natural con un porcentaje de asfalto relativamente homogéneo.

321.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

321.4.2.1 Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor, para su verificación, muestras de los materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a criterio del interventor los materiales resultan objetables, el constructor debe efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales, el constructor debe definir la fórmula de trabajo para determinar las proporciones de los materiales utilizados y parámetros de compactación que permitan cumplir con los requerimientos exigidos a la capa de subbase estabilizada construida. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, este solo puede ser modificado durante la ejecución de los trabajos si se llega a presentar una variación inevitable en alguno de los componentes que intervienen en ella.

Las mezclas de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben diseñar utilizando el método inmersión – compresión, siguiendo el procedimiento definido por la norma de ensayo INV E-622. Para la aplicación de este método de dosificación, se debe tener en cuenta que al agregado pétreo ya se le ha colocado el ligante asfáltico a través de la adición de la cantidad necesaria de mezcla asfáltica natural, por lo tanto, se debe determinar la humedad óptima de compactación del material granular estabilizado siguiendo el procedimiento definido por la norma INV E-142 y proceder a la evaluación de la resistencia a la compresión en estado seco y después del proceso de inmersión, tal como lo describe la norma INV E- 622.

321.4.2.2 Diseño de la subbase con mezcla asfáltica natural por resistencia

La evaluación de las propiedades del material pétreo estabilizado con la mezcla asfáltica natural se debe realizar por el método de

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

inmersión – compresión. La dosificación óptima propuesta debe cumplir con los criterios establecidos en la Tabla 321-3.

El porcentaje óptimo de mezcla asfáltica natural debe ser aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo Rh.

Tabla 321-3 Criterios de resistencia para la determinación de la dosificación óptima de mezcla asfáltica natural

Parámetro	Norma de ensayo INV	Valor
Resistencia de probetas curadas en seco Rs, mínimo (MPa)	E-622	1,5
Resistencia conservada tras curado húmedo Rc = Rh/Rs, mínimo (%)		50

321.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el constructor, en el cual debe proponer la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del interventor, debe contener por lo menos la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular a estabilizar.
- La granulometría de cada fracción del material granular.
- Las proporciones (en masa seca) de la mezcla asfáltica natural y del material granular.
- La granulometría combinada (agregado pétreo y mezcla asfáltica natural).
- El porcentaje de ligante asfáltico en la dosificación de diseño, con relación a la masa seca del componente mineral.
- El porcentaje de agua para compactación, con relación a la masa seca del componente mineral.
- Las resistencias a la compresión obtenidas en la prueba de inmersión - compresión.
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indiquen los documentos del proyecto.

321.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no pueden ser iniciados a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del interventor no exime al constructor

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este artículo.

321.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material pétreo por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la subbase estabilizada se debe comprobar que la superficie que le va a servir de apoyo se encuentre limpia, tenga la densidad y la planicidad apropiadas y cumpla con las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo indicado en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Si los documentos del proyecto exigen la aplicación previa de una imprimación, esta se debe efectuar de acuerdo con lo previsto en el artículo 420, Riego de imprimación.

En caso de que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el material existente, este se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los documentos del proyecto. Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante asfáltico a través de la mezcla asfáltica natural. Además, se debe comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el interventor debe ordenar las modificaciones previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios que sean requeridos para el drenaje de la calzada, previamente a la construcción de la subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural.

321.4.4 Transporte y almacenamiento de agregados de aporte

Cuando la estabilización incluya agregados de aporte, estos se deben transportar a la planta de mezcla o a la vía, según sea el caso, en vehículos apropiados, protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, los cuales se deben asegurar a la carrocería para impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

La mezcla asfáltica natural se puede acopiar, ya sea a lo largo de la vía a intervenir o en una zona aledaña a la misma, para después movilizarla en volquetas, cuidando que no pierda sus condiciones de calidad. Si el material está expuesto a condiciones climáticas adversas, deben tomarse las precauciones que se estimen convenientes para garantizar que la calidad de este se vea inmodificable.

Cuando se requiera almacenar los agregados destinados a la construcción de la subbase estabilizada con la mezcla asfáltica natural, se deben tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del artículo 300.

321.4.5 Elaboración de la mezcla

Se recomienda realizar la mezcla del agregado pétreo seleccionado y la mezcla asfáltica natural en un patio fuera de la vía,

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

utilizando un cargador o un equipo que sea capaz de homogenizar los materiales en la proporción definida en la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar parte de la capa existente como el material por estabilizar, la mezcla puede ser elaborada en la vía. El material que conforma la capa existente debe ser escarificado y pulverizado previamente. Si es necesario adicionar material de aporte, este se debe transportar a la vía para ser extendido en el ancho y en el espesor adecuados que permitan que la capa, luego de mezclada con el material pulverizado y la mezcla asfáltica natural, cumpla con las secciones indicadas en los documentos del proyecto.

Cuando la mezcla entre el agregado y la mezcla asfáltica natural se realice en la vía, el interventor debe aprobar por escrito el sector sobre el cual se van a homogenizar los materiales mediante las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora. Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente. Cualquiera que sea la forma utilizada, los materiales deben ser mezclados uniformemente y para ello debe distribuirse en dos cordones, verificando en cada uno de ellos la cantidad y la uniformidad de tal manera que garantice la obtención del contenido de asfalto y la granulometría combinada definida en la fórmula de trabajo. Previa verificación de la humedad se incorpora la cantidad debida de agua, en caso de requerirse, efectuando la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente aproximadamente la sección indicada en los documentos del proyecto. En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm) la construcción de la capa estabilizada se debe fraccionar en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

321.4.6 Transporte de la mezcla

Si la mezcla es elaborada en una zona aledaña o en un patio de mezclado, esta se debe transportar a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla se deben tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y garantizar la uniformidad de la granulometría. La mezcla elaborada en el patio se debe transportar a la vía en volquetas hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Solo se permite el trabajo en horas de la noche si, por aprobación del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de la mezcla de manera adecuada.

321.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se extiende mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y a las cotas indicadas en los documentos del proyecto, con la verificación del constructor y el interventor.

Una vez se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de apisonado y el contenido óptimo de asfalto, se continúa con la compactación mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación,

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 321.5.2.4.3.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo neumático para eliminar las huellas de la maquinaria de construcción.

En las zonas que, por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas, no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se debe extender y compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

321.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se deben disponer de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se les debe aplicar una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva, de acuerdo con lo previsto en el artículo 421, Riego de liga. Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Si se trabaja por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas. En lo posible, la mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la terminadora y la producción del material.

Cuando se emplee una terminadora, que es la opción recomendada, se debe regular de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los documentos del proyecto con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas terminadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permite la segregación de materiales. Si ocurre, la extensión de la mezcla debe ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación debe ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del constructor.

La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando dejar la superficie a las cotas previstas en el proyecto, con el objeto de no tener que corregir la capa extendida.

321.4.9 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de prueba cuya longitud, ancho y espesor deben quedar definidos en acuerdo con el interventor, para probar tanto el equipo como los materiales, y así establecer el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado para determinar su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de mezcla asfáltica natural, contenido de ligante asfáltico, compactación y demás requisitos exigidos, conforme a lo determinado en la fórmula de trabajo.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, modificar la fórmula de trabajo repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones hasta que ellas sean aprobadas por el interventor.

321.4.10 Apertura al tránsito

No se debe permitir el tránsito público hasta que la mezcla haya adquirido la densidad especificada y la capa compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Si esto no es posible, el tránsito que necesariamente deba circular sobre ella se debe distribuir de manera que no se concentren las huellas de su circulación sobre la superficie. Los daños producidos por esta causa deben ser reparados por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías – INVÍAS.

321.4.11 Conservación

El constructor debe conservar la capa estabilizada con la mezcla asfáltica natural en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido para lograr los requisitos de la presente especificación previa aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.4.12 Limitaciones en la ejecución

No se permite la extensión y compactación de mezclas cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C), esté lloviendo o exista alta probabilidad de que ello ocurra.

En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua de lluvia, el constructor debe, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado con una nueva mezcla, hasta ser aprobado por el interventor.

Los trabajos de construcción de la capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en jornada nocturna, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial adecuado. Si el constructor no ofrece esta garantía, debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicional para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

321.4.13 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, debe regir todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del artículo 300.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

321.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

321.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del artículo 300, se deben efectuar ensayos para el control de calidad de la mezcla y de densidad y resistencia de la capa luego de compactada.

321.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

321.5.2.1 Calidad de los agregados pétreos a estabilizar

Se deben realizar los siguientes controles:

321.5.2.1.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos a estabilizar con la mezcla asfáltica natural y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le debe realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 321-2, según corresponda. Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en ellas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

321.5.2.1.2 Control durante el proceso de producción

Durante la etapa de producción de la mezcla estabilizada, se deben examinar las descargas a los acopios, ordenando el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También se debe acopiar por separado aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto, vigilando la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Tabla 321-4 Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos por estabilizar

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría combinada	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125 INV E-126	1 por jornada
Terrones de arcilla y partículas deleznables	INV E-211	1 por semana
Equivalente de arena	INV E-133	1 por semana
Capacidad de soporte (F)		
CBR	INV E-148	1 por mes

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Nota: Si no se especifica lo contrario, las características se deben verificar al agregado por estabilizar

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad a los agregados pétreos por estabilizar con la mezcla asfáltica natural, indicadas en la Tabla 321-4.

No se permite el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente artículo. En la eventualidad de que alguna prueba reporte un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material para proceder a repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios, de lo contrario, el interventor debe impedir el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 321-4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada haya aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

321.5.2.2 Composición de la mezcla

Para efectos del control se considera como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 321.5.2.4.1.

Cuantitativamente se deben realizar los siguientes controles:

321.5.2.2.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote definido como se indica en el numeral 321.5.2.4.1, se determina el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) debe tener una tolerancia de uno por ciento (1,0 %) para estabilizaciones realizadas en vía y cero coma cinco por ciento (0,5 %) para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

(mezcla en vía)

$$ARF\% - 1{,}0\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 1{,}0\ \% \quad [321.1]$$

(mezcla en planta)

$$ARF\% - 0{,}5\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}5\ \% \quad [321.2]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %) no puede diferir del valor medio del lote (ART %) en más de uno por ciento (1,0 %), admitiéndose solo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$$ART\ \% - 1{,}0\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 1{,}0\ \% \quad [321.3]$$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

321.5.2.2.2 Granulometría

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual debe cumplir la gradación de la fórmula de trabajo dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 321-1.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se debe someter a las pruebas mencionadas en el numeral 321.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechaza el lote al cual correspondan esas muestras.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.5.2.3 Calidad de la mezcla

321.5.2.3.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben moldear probetas (tres (3) probetas por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión (norma de ensayo INV E–622). Una muestra se debe curar en seco y otra en condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m) debe superar, o al menos igualar, el noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se debe aplicar para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0{,}90 \qquad [321.4]$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo. Se admite solo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0{,}80 \qquad [321.5]$$

La resistencia conservada promedio (R_{cm}) debe ser, como mínimo, el cincuenta por ciento (50 %) sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos se deben suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 321.4.2.

321.5.2.4 Calidad del producto terminado

321.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se considera como lote que se acepta o rechaza en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural:

- Longitud de quinientos metros (500 m), medida a lo largo del eje de vía, de mezcla

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

colocada en todo el ancho de la calzada.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de mezcla colocada.

- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

321.5.2.4.2 Aspectos generales

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa, excluidos sus chaflanes, no debe ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no puede variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

321.5.2.4.3 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730 pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación INV E-142), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobre tamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [321.6]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,}}{C\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [321.7]$$

Siendo:

GC_i: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno determinado por cualquier método aplicable descrito en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$: Valor del peso unitario seco máximo del material obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$: Valor del peso unitario seco máximo del material obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, (P_{FG}), presente en sitio.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % se acepta el lote **[321.8]**

GC_l (90) < 95,0 % se rechaza el lote **[321.9]**

Donde:

GC_l (90): Límite inferior del intervalo de confianza en el que con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

En caso de rechazo la capa de subbase estabilizada correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.5.2.4.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no debe ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [321.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 * e_d \quad [321.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos se debe rechazar el lote, salvo que el constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que ello genere costo alguno para INVÍAS, ni problemas por gálibo.

321.5.2.4.5 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

321.5.2.4.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa estabilizada, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias por cuyo trabajo autoriza el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

321.6 Medida

La subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

321.7 Forma de pago

La subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe pagar según lo descrito en el numeral 300.7 del artículo 300.

En el precio unitario se deben incluir todos los costos de explotación para los agregados pétreos de adición y/o importados y los de la mezcla natural.

321.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
321.1	Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo SBEMAN-50	Metro cúbico (m^3)
321.2	Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo SBEMAN-38	Metro cúbico (m^3)

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Base granular

Artículo 330 – 22

330.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación, el humedecimiento o la aireación, la extensión y la conformación, la compactación y el terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, las pendientes y las dimensiones indicados en los documentos del proyecto.

330.2 Materiales

330.2.1 Clases de base granular

Se definen tres clases de base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en la Tabla 330 — 2. Los documentos del proyecto deben definir la clase de base granular por utilizar, así mismo, definir el tipo de granulometría que se debe emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de base granular se deben usar como se indica en la Tabla 330 — 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 330 — 1. Uso típico de las diferentes clases de base granular

Clase de base granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

330.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la base granular deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 330 — 2. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 330 — 3; salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, para niveles de tránsito NT3 se deben usar bases granulares de gradación gruesa. Cuando los materiales de base no cumplan los requisitos de la Tabla 330 — 2, estos pueden ser tratados con cemento para mejorar sus propiedades. Las recomendaciones de construcción para tener en cuenta son las establecidas en el artículo 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural.

No se debe aceptar el suministro y la utilización de materiales que no cumplan los requisitos indicados en esta especificación.

Tabla 330 — 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 35 7	 40 8	 40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	25	30	-
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	 90 75	 70 75	 - -
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	-	-	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	0	0	3
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2).	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%). (Nota 3): - Una cara - Dos caras	E-227	 90 85	 70 50	 50 -
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%).	E-239	35	35	-
Resistencia de material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 95	≥ 80	≥ 80

Nota 1: el ensayo de solidez se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio, de acuerdo con los documentos del proyecto, o con lo solicitado por el interventor.

Nota 2: el ensayo de valor de azul de metileno solo se debe exigir cuando el equivalente de arena del material de base granular sea inferior a treinta por ciento (30 %), pero igual o superior a veinticinco por ciento (25 %).

Nota 3: se puede reducir el porcentaje de partículas con caras fracturadas, siempre y cuando el constructor demuestre, mediante ensayos de laboratorio o tramos de prueba, que no se ve afectada la resistencia requerida por los materiales.

Tabla 330 — 3. Franjas granulométricas del material de base granular

Tipo de gradación	**Tamiz (mm / U.S. *Standard*)**							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
Bases granulares de gradación gruesa								
BG-40	100	75 — 100	65 — 90	45 — 68	30 — 50	15 — 32	7 — 20	0 — 9
BG-27	-	100	75 — 100	52 — 78	35 — 59	20 — 40	8 — 22	0 — 9
Bases granulares de gradación fina								
BG-38	100	70 — 100	60 — 90	45 — 75	30 — 60	20 — 45	10 — 30	5 — 15
BG-25	-	100	70 — 100	50 — 80	35 — 65	20 — 45	10 — 30	5 — 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 330 — 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada. Una vez elegida la franja granulométrica, esta no se puede cambiar por otra, sin previa autorización del interventor.

Los agregados gruesos, retenidos sobre el tamiz de 4,75 mm (nro. 4), deben ser partículas resistentes, durables, constituidas de fragmentos de roca o grava. No se deben usar materiales que se quiebran o degradan con los ciclos alternados de humedecimiento-secado.

Los agregados finos, que pasan por el tamiz de 4,75 mm (nro. 4), deben estar constituidos por arenas naturales o trituradas, y por partículas minerales que pasan por el tamiz de 0,075 mm (nro. 200).

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada, y el tamaño máximo nominal no debe exceder un tercio (1/3) del mismo espesor.

330.3 Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. Para la construcción de la base granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. También se requieren equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

Estos equipos deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas; los equipos de cargue y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte. Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por conformar superior a los setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m^2), se deben utilizar extendedoras automotrices, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de base con la configuración deseada, y para proporcionarle un mínimo de compactación. En el resto de los casos el constructor debe disponer los equipos necesarios para la extensión del material, con previa autorización del interventor.

Todos los compactadores deben ser autopropulsados y tener inversores del sentido de la marcha de acción suave. Como mínimo se debe emplear un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos.

El rodillo metálico del compactador vibratorio debe tener una carga estática sobre la generatriz no inferior a treinta kilonewtons por metro (30 kN/m) y debe ser capaz de alcanzar una masa de al menos quince mil kilogramos (15 000 kg), con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas.

Si se utilizan compactadores de neumáticos, estos deben ser capaces de alcanzar una masa de, al menos, veintiocho mil kilogramos (28 000 kg) y una carga por rueda de al menos treinta y nueve coma dos kilonewtons (39,2 kN) aproximadamente, con una presión de inflado que pueda llegar a alcanzar un valor no inferior a cero coma ocho megapascales (0,8 MPa).

Los compactadores de rodillos metálicos deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha, y no deben presentar surcos ni irregularidades en ellos. Los compactadores de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras con las de las traseras. En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación convencionales, el constructor debe emplear otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretenda realizar, y siempre deben ser autorizados por el interventor.

El agua añadida se debe controlar mediante un caudalímetro, cuya precisión debe ser superior al dos por ciento (2 %), y un

totalizador con indicador en la cabina de mando de la central. El equipo de humedecimiento y mezclado debe ser capaz de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

330.4 Ejecución de los trabajos

330.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

330.4.2 Preparación de la superficie existente

El interventor solo debe autorizar la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada, así como las cotas y las secciones indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los desagües y los filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el constructor debe hacer las correcciones necesarias, las cuales deben ser aprobadas por el interventor.

La base granular no se debe extender sobre superficies que presenten capas blandas, arcillosas u orgánicas.

330.4.3 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

330.4.4 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 del artículo 300, respectivamente.

330.4.5 Colocación, extensión y conformación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme donde el interventor debe verificar su homogeneidad. Si la capa de base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, su mezcla, se puede realizar en planta o directamente en el sitio.

En el caso de realizar la mezcla en planta, se debe agregar la dosificación requerida de agua para luego transportar el material a su sitio de colocación; y en el caso en el que se vaya a realizar la mezcla directamente en el sitio, esta se debe hacer en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área de colocación no está permitida. La mezcla se debe realizar en seco y posteriormente se debe agregar el agua que sea requerida.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua óptimo de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con un contenido de agua uniforme. Este, después de humedecido o aireado, se debe extender en todo el ancho previsto en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material se debe extender de tal forma, que no requiera mayor manipulación para obtener el espesor, el ancho y el bombeo especificados en los diseños, evitando en lo posible adiciones de forma sectorizada.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido debe mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente, siguiendo lo estipulado en la sección 330.5.2.2.2 de esta especificación. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el constructor debe proponer al interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y calidad de la capa.

330.4.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la base granular tenga el contenido de agua apropiado, entendido como el contenido de agua igual que el óptimo, necesario para asegurar la densidad de diseño requerida, se debe conformar ajustándose a los alineamientos y las secciones típicas del proyecto y se debe compactar con el equipo aprobado por el interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

La última capa extendida debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

330.4.7 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre estas capas se debe distribuir en forma tal que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El constructor debe responder por los daños producidos por esta causa y debe repararlos, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

330.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de material de base granular mientras no haya sido realizada la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se puede construir la base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C).

Los trabajos de construcción de la base granular se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

330.4.9 Bacheos

En las excavaciones para la reparación de un pavimento existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), que tengan una profundidad superior a trescientos milímetros (300 mm), se debe emplear material de base granular para su relleno por encima de la subbase granular descrita en el numeral 320.4.10 del artículo 320, y hasta una profundidad de setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

Si la excavación tiene una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm) y menor o igual a trescientos milímetros (300 mm), ella se debe rellenar con material de base granular hasta setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

En las excavaciones para reparación del pavimento existente cuya profundidad sea menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), no se debe emplear material de base granular en su relleno.

El material de base granular colocado en estos rellenos debe ser compactado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la Red Vial Nacional tienen estructuras no convencionales, muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidas a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de base granular en las operaciones de bacheo en ellos y las respectivas profundidades de colocación, se debe definir en los documentos del proyecto.

330.4.10 Conservación

El constructor debe conservar la capa de base granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el interventor, hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el constructor debe reparar, sin costo adicional para INVÍAS, todos los daños que se produzcan en la base granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

330.4.11 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

330.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

330.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300.

330.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

330.5.2.1 Calidad de los agregados

330.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y por cada dos mil metros cúbicos (2000 m^3) del material de un mismo tipo se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 330 — 2. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

El ensayo para determinar el valor de azul de metileno sobre el agregado combinado solo es necesario si el valor del equivalente de arena es inferior a treinta por ciento (< 30 %), pero es igual o superior a veinticinco por ciento (≥ 25 %).

Durante esta etapa, el interventor debe comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

330.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se debe ordenar que se acopien por separado aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 330 — 4.

Tabla 330 — 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-213	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Valor de azul de metileno (si aplica)	E-235	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 330 — 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se deben realizar sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 330 — 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 330.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

330.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deben sufrir una degradación excesiva por motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se deben tomar muestras representativas, al menos cada doscientos metros (200 m) del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se deben someter a los ensayos que se indican en la Tabla 330 — 5. Los resultados de estos ensayos deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 330.2.2. Si no las cumplen, se debe suspender inmediatamente el empleo del material y se debe delimitar el área donde se haya utilizado, la cual debe ser demolida y reconstruida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, empleando un material de base granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral. La reparación de la zona del material extraído debe cumplir con lo especificado en este artículo para las zonas de bacheo.

Tabla 330 — 5. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados

Característica	Norma de ensayo INV
Granulometría	E-213
Límite líquido	E-125
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

330.5.2.2 Calidad del producto terminado

330.5.2.2.1 Terminado

La capa de base granular terminada debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones. La matriz de agregado fino no se debe desplazar bajo la acción del barrido o del tránsito normal. Si el interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, debe delimitar el área afectada y el constructor la debe escarificar en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, debe mezclar y compactar de nuevo hasta que, tanto el área delimitada como las adyacentes, cumplan todos los requisitos exigidos en el presente artículo.

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Tampoco debe quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). En perfiles transversales cada veinte metros (20 m), se debe comprobar el ancho de la capa extendida, que en ningún caso debe ser inferior al establecido en los documentos del proyecto.

Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el interventor puede aceptar la superficie siempre que la capa superior a esta compense la disminución con el espesor adicional necesario, sin que ello implique costo para INVÍAS. De lo contrario estas áreas deben ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir las cotas y el espesor establecidos en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, el constructor debe corregirlo por su cuenta, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

330.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total de la base granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de base granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de base granular, se debe calcular su grado de compactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [330.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [330.2]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$$GC_l\,(90) \geq 98\ \%\ \textit{se acepta el lote} \quad [330.3]$$

$$GC_l\,(90) < 98\ \%\ \textit{se rechaza el lote} \quad [330.4]$$

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de densidad seca especificado.

330.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no debe ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [330.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d). Se admite solo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [330.6]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, compactar nuevamente y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

Si el espesor medio (e_m) resulta inferior al espesor de diseño (e_d), pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el interventor puede admitir el espesor construido, siempre que el constructor se comprometa, por escrito, a compensar la disminución con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para INVÍAS. Si el constructor no suscribe este compromiso, se debe proceder como en el párrafo anterior.

330.5.2.2.4 Planicidad

Se debe comprobar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el interventor lo considere conveniente. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, y no se deben admitir variaciones superiores a diez milímetros (10 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia, debe ser delimitada por el interventor, y el constructor la debe corregir con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, es obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente artículo.

330.5.2.2.5 Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deben satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a criterio del interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual debe depender del tamaño de las áreas tratadas.

330.5.2.2.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base granular, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo puede autorizar el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

330.6 Medida

La base granular se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de base, se debe aplicar lo señalado en el numeral 300.6.2 del mismo artículo. En todos los casos, la medición de volúmenes de material colocado se debe hacer al metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1).

330.7 Forma de pago

La base granular se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

330.8 Ítems de pago

Ítem	Descripción	Unidad
330.1	Base granular clase A	Metro cúbico (m^3)
330.2	Base granular clase B	Metro cúbico (m^3)
330.3	Base granular clase C	Metro cúbico (m^3)
330.4	Base granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m^3)
330.5	Base granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m^3)
330.6	Base granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m^3)

Base estabilizada con emulsión asfáltica

Artículo 340 – 22

340.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de una base estabilizada con emulsión asfáltica, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos.

El Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) ha establecido la especificación 341, Base estabilizada con una mezcla asfáltica natural, que es totalmente independiente del presente artículo en cuanto a la calidad de los materiales, las especificaciones de procedimiento y los criterios de control. En principio, no se debe combinar lo establecido en el presente artículo con lo indicado en el artículo 341.

340.2 Materiales

340.2.1 Agregados y suelos

Los materiales por estabilizar pueden ser agregados pétreos o suelos naturales, cuyas características básicas se indican a continuación. Los agregados pétreos pueden ser utilizados en la construcción de bases estabilizadas para todo tipo de tránsito, en tanto que los suelos solo se pueden emplear en la construcción de bases estabilizadas en proyectos con nivel de tránsito NT1.

340.2.1.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con emulsión asfáltica pueden provenir de la trituración de roca de cantera o de grava, de fuentes de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deben estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

El agregado pétreo por estabilizar debe presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 340 — 1. La gradación por emplear se debe indicar en los documentos del proyecto.

Tabla 340 — 1. Franjas granulométricas de los agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Tipo de material	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,36	0,425	0,150	0,075
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 40	Nro. 100	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
BEE-38	100	80 — 95	50 — 80	45 — 75	30 — 60	20 — 45	10 — 27	5 — 18	3 — 15
BEE-25	-	100	60 — 90	50 — 80	30 — 60	20 — 45	10 — 27	5 — 18	3 — 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	5 %							3 %	

En adición a los requisitos de granulometría de la Tabla 340 — 1, la relación de polvo [% pasa tamiz nro. 200/% pasa tamiz nro. 40] no debe exceder de los dos tercios (2/3). Además, el producto del porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no puede ser mayor de setenta y dos (72) con ambos valores dados como porcentajes.

Igualmente, los agregados deben cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 340 — 2.

Tabla 340 — 2. Requisitos de los agregados pétreos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 50 10
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%). (Nota).	E-238	45
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos (tránsitos NT2 y NT3): - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínima (%)	E-224	 30 50

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%).	E-220	18
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido, máximo (%).	E-125	35
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	20
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2
Porcentaje de partículas fracturadas, mínimo (%).	E-227	50
Índice global de partículas aplanadas y alargadas, máximo (%).	E-230	50
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo: - NT1 - NT2 o NT3	E-148	 20 30

Nota: este requisito no es necesario para obras con tránsito NT1.

340.2.1.2 Suelos granulares

Para la construcción de bases estabilizadas con emulsión en proyectos con tránsito NT1, se pueden emplear suelos granulares que sean disgregables, que se encuentren exentos de cantidades perjudiciales de materia orgánica, arcilla plástica, materiales micáceos y cualquier otra sustancia objetable.

Sus requisitos básicos de calidad son los indicados en la Tabla 340 — 3.

Tabla 340 — 3. Requisitos de los suelos granulares aptos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Tipo de suelo (F)		
Clasificación según el sistema AASHTO.	E-180	A-1-a o A-1-b o A-2-4
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	40
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al noventa por ciento (90 %) de la densidad seca correspondiente al ensayo modificado de compactación (norma INV E-142), medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	20

La granulometría del material disgregado, listo para estabilizar, se debe ajustar a los límites señalados en la Tabla 340 — 4.

Tabla 340 — 4. Gradación de suelos granulares para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Tipo de material	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)	
	4,75	0,075
	Nro. 4	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)	
BEE-5	100	5 – 25

En materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, el interventor puede solicitar un estudio especial de propiedades físicas y/o químicas del material antes de estabilizar, si lo considera necesario, para determinar su aptitud. El objetivo principal de dicho estudio debe ser el de garantizar la conservación de las propiedades del material con el paso del tiempo, es decir, que la susceptibilidad a la meteorización física o química sea despreciable. Los resultados deben satisfacer los requisitos señalados en las Tablas 340 — 3 y 340 — 4, además de otros que establezca el interventor, so pena de rechazo de uso del material.

340.2.2 Material bituminoso

Debe ser una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, que corresponda a los tipos CRL-57 o CRL-57h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en el artículo 411, Suministro de emulsión asfáltica.

340.2.3 Puzolanas

Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento hidráulico, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deben establecer en una especificación particular.

Si los llenantes son adicionados con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica, no se deben considerar como puzolanas y, en consecuencia, no debe haber pago separado por su suministro.

340.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia

En caso de requerir aditivos para rebajar la tensión superficial y mejorar la adherencia, estos se deben ajustar a lo descrito en el artículo 412, Suministro de aditivo mejorador de adherencia.

340.2.5 Agua

El agua que se requiera para la estabilización debe ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable. Si no lo es, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 340 — 5.

Tabla 340 — 5. Requisitos del agua no potable para la construcción de base estabilizada con emulsión asfáltica

Característica	Norma de ensayo	Requisito
pH	ASTM D1293	5,5 – 8,0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m³)	UNE 83956	1,0

340.3 Equipo

En relación con el equipo, rigen las condiciones generales descritas en el numeral 300.3 del artículo 300. El equipo debe incluir elementos para la explotación, el cargue, el transporte, la eventual trituración, la clasificación y la extensión del material mineral; el almacenamiento, el transporte y la distribución del agua, de la emulsión asfáltica y de las puzolanas y los aditivos que eventualmente se requieran; para la elaboración, la extensión, la compactación y la nivelación de la mezcla estabilizada, así como un equipo apropiado para escarificar la capa existente, en caso que su utilización esté prevista en los documentos del proyecto.

340.3.1 Requisitos adicionales

El equipo que se requiera utilizar para el proceso constructivo del material estabilizado debe ser probado y aprobado en los tramos de experimentación.

La ejecución de los trabajos debe emplear equipos mecánicos, que pueden ser independientes, o equipos que realicen dos o más operaciones. En general, la maquinaria debe estar constituida por equipos para la escarificación y la disgregación del material (si se requiere), la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material del riego de curado de la capa compactada, equipos de transporte y herramientas menores.

Si los documentos del proyecto así lo indican, la extensión de la mezcla elaborada en planta se debe hacer con una máquina extendedora autopropulsada.

340.3.2 Equipo para la elaboración de la mezcla

Los documentos del proyecto deben definir el tipo de equipo para elaborar la mezcla de

material estabilizado con emulsión asfáltica, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora.

Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente.

340.4 Ejecución de los trabajos

340.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

340.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

340.4.2.1 Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor, para su verificación, muestras de los materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a criterio del interventor, los materiales resultan objetables, el constructor debe efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales, el constructor debe definir el contenido óptimo de agua de preenvuelta y diseñar la mezcla.

El contenido óptimo de agua de preenvuelta se debe fijar en función del suelo o agregado por estabilizar, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. El contenido de agua por elegir debe ser aquel que dé lugar a un cubrimiento uniforme y homogéneo del material mineral por parte del ligante, mientras que el contenido de agua óptimo de compactación debe ser el determinado mediante la ejecución del ensayo modificado de compactación sobre el suelo o agregado por estabilizar (norma de ensayo INV E-142).

Las mezclas de base estabilizada con emulsión asfáltica se deben diseñar siguiendo los métodos indicados en la Tabla 340 — 6.

Tabla 340 — 6. Método de diseño para mezclas de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Tipo de base estabilizada	Norma de ensayo	Método
BEE-38 y BEE-25	INV E-622	Inmersión-compresión
BEE-5	NLT 170/77	Extrusión

Se pueden utilizar otros métodos para el diseño de las mezclas. En tal caso, los métodos de diseño y los criterios de selección del porcentaje óptimo de ligante se deben definir en una especificación particular.

340.4.2.2 Diseño de la mezcla por resistencia

340.4.2.2.1 Diseño de la mezcla por el método de inmersión-compresión para bases estabilizadas con agregados pétreos

Se deben elaborar mezclas con diferentes contenidos de ligante, por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos cuatro (4) contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se debe determinar aplicando los criterios de la Tabla 340 — 7.

Tabla 340 — 7. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con agregados pétreos BEE-38 y BEE-25

Parámetro	Norma de ensayo INV	Valor
Resistencia de probetas curadas en seco *Rs*, mínimo (MPa).	E-622	1,5
Resistencia conservada tras curado húmedo *Rc* = *Rh*/*Rs*, mínimo (%).		75

El porcentaje óptimo de ligante residual debe ser aquel que, al cumplir las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo (*Rh*).

340.4.2.2.2 Diseño de la mezcla por el método de extrusión para bases estabilizadas con suelos granulares

Se deben elaborar mezclas con diferentes contenidos de ligante, por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos cuatro (4) contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de extrusión. En la Tabla 340 — 8, se presentan los criterios para la determinación del contenido óptimo de ligante.

Tabla 340 — 8. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con suelos granulares BEE-5

Parámetro	Norma de ensayo	Valor
Extrusión seca, mínimo (N)	NLT 170/77	4 500
Extrusión húmeda, mínimo (N)		1 500
Absorción de agua, máximo (%)		7
Hinchamiento, máximo (%)		5

340.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el constructor, en el cual debe proponer la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del interventor, debe contener, por lo menos, la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada.
- El porcentaje de agua para mezcla y para compactación, en relación con la masa seca del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión en relación con la masa seca del material granular.
- La identificación y la dosificación de puzolanas y de aditivos, si se requieren, los cuales deben ser de la misma marca utilizada tanto en las pruebas de laboratorio como en la fase de experimentación y en la ejecución de los trabajos.
- Las resistencias obtenidas a la compresión en la prueba de inmersión-compresión o en la prueba de extrusión.
- El peso unitario seco máximo y el contenido de agua óptimo, correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego de condiciones.

340.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar, de acuerdo con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requiere el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no se deben iniciar a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del interventor no exime al constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este artículo.

Junto con la fórmula de trabajo ajustada, se deben indicar las características de cada etapa del proceso constructivo: método de mezclado, intervalo de temperatura aceptable de mezclado, tiempo de curado, intervalo de temperatura aceptable para la colocación de la mezcla en el sitio de trabajo, método de compactación, energía de compactación, tiempo de curado necesario antes de colocar la siguiente capa del pavimento, y cualquier otra especificación que sea requerida por el interventor.

340.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la base estabilizada se debe comprobar que la superficie que le va a servir de apoyo se encuentre limpia, tenga la densidad y la planicidad apropiadas y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo indicado en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Se debe dar un tiempo de curado apropiado a la capa inmediatamente inferior a la capa de base estabilizada, que puede ser definido por el interventor. En todo caso, no debe ser menor al tiempo necesario para que el material alcance un contenido de agua igual o menor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del contenido de agua óptimo de compactación.

Si los documentos del proyecto exigen la aplicación previa de una imprimación, esta se debe efectuar, de acuerdo con lo previsto en el artículo 420, Riego de imprimación.

En caso de que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el suelo existente, este se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los documentos del proyecto. Esta operación se debe efectuar, por lo menos, dos días (2 d) antes del proceso de disgregación del material por estabilizar, si tal disgregación se va a realizar.

Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante.

En los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, total o parcialmente, se debe comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el interventor debe ordenar las modificaciones previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos, debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada, previamente a la ejecución de las obras de la base estabilizada con emulsión asfáltica.

340.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la estabilización incluya suelos o agregados de aporte, estos se deben transportar a la planta de mezcla o a la vía, según sea el caso, en vehículos apropiados, protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, los cuales se deben asegurar a la carrocería, para impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan dichos vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados destinados a la construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica, se deben tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del artículo 300.

340.4.5 Elaboración de la mezcla

La mezcla se puede elaborar en la vía, en una planta central o en una planta móvil de tipo continua, de acuerdo con los procedimientos generales que se indican a continuación.

En todos los casos en que se empleen aditivos o puzolanas, estos se deben adicionar al material granular antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

En cualquier caso, desde el momento que comienza la mezcla del material granular con la emulsión asfáltica, hasta el momento que termina la compactación, el contenido de agua no debe ser menor al ochenta por ciento

(80 %) del valor de contenido de agua óptimo de compactación definido en la fórmula de trabajo definitiva. Si el material se secara hasta un valor menor a dicho límite, se debe descartar y no se debe permitir su uso.

340.4.5.1 Mezcla en vía en varias pasadas

Si la mezcla se va a efectuar con material de aporte, este se debe transportar a la vía y se debe extender en el ancho y el espesor adecuados, de manera que permitan que la capa, luego de mezclada y compactada, cumpla con las secciones indicadas en los documentos del proyecto. Dicho material debe cumplir los requisitos establecidos en el numeral 340.2.1.

Cuando en el proceso se incorpore el suelo existente, este debe ser disgregado previamente hasta obtener una eficacia del ochenta y cinco por ciento (85 %) referida al tamiz de 9,5 mm (3/8 de pulgada), y del setenta y cinco por ciento (75 %) referida al tamiz de 4,75 mm (nro. 4), entendiendo por eficacia la relación entre los porcentajes que pasan por tamizado en seco en obra y por tamizado húmedo en laboratorio. Si el suelo es difícil de disgregar en estado natural, la operación se puede facilitar con un humedecimiento previo, el cual no puede rebasar el contenido de agua óptimo para la mezcla.

Inmediatamente antes de efectuar la mezcla con la emulsión, se debe verificar el contenido de agua y, si fuera necesario un aumento de este, se debe incorporar la cantidad debida de agua y efectuar la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente, aproximadamente, la sección indicada en los documentos del proyecto.

A continuación, se debe aplicar la emulsión asfáltica por medio de un carrotanque irrigador, con la dosificación y temperatura aprobadas por el interventor, procediendo a la mezcla con el equipo aceptado, hasta obtener un producto homogéneo, de color uniforme y exento de concentraciones de ligante.

En caso de que el espesor de diseño sea mayor a quince centímetros (15 cm), la construcción de la base se debe fraccionar en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

En cualquier caso, el espesor de la capa no debe ser inferior a siete centímetros (7 cm).

340.4.5.2 Mezcla en vía en una sola pasada

Cuando se emplee un equipo mezclador de paso sencillo, una vez preparada la superficie existente o extendido uniformemente el material de aporte (incluidos los aditivos y puzolanas), las operaciones de disgregación, adición de agua y emulsión, y mezcla de los tres componentes se deben efectuar en una sola pasada, regulando la velocidad de avance de la máquina y los caudales de agua y emulsión, de modo que la mezcla resulte homogénea y con las dosificaciones de agua y emulsión previstas en su diseño.

340.4.5.3 Mezcla en planta fija

Las plantas de mezcla pueden ser de tipo continuo o discontinuo y deben estar provistas de dispositivos adecuados que permitan dosificar por separado la emulsión, el agua y el material mineral, con una precisión compatible con las tolerancias aceptadas por esta especificación.

Si la planta es de tipo continuo, se deben introducir en el mezclador los suelos o agregados por estabilizar y, en forma sucesiva y con intervalos de tiempo apropiados, los caudales de agua y de emulsión requeridos para cumplir la fórmula de trabajo.

Si la planta es de tipo discontinuo, una vez introducidos los suelos o agregados por estabilizar dentro del mezclador, se debe añadir el agua necesaria de preenvuelta, de acuerdo con el estado de contenido de agua inicial de estos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo del material granular, se debe añadir automáticamente la cantidad de emulsión calculada para cada bachada y se debe continuar la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente al camión de transporte, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte al camión o directamente a una pila de almacenamiento. En el caso que se emplee una banda, se debe regular su velocidad, verificar el buen funcionamiento del raspador y lubricarla con una pequeña cantidad de agua, con el fin de evitar segregaciones de la mezcla.

340.4.5.4 Mezcla en planta móvil continua

Si la mezcla se realiza en una planta móvil continua, los materiales por estabilizar, preparados de manera que cumplan con la granulometría exigida, deben ser transportados al sitio de las obras y vertidos a la tolva receptora de la planta, la cual debe estar provista de dispositivos dosificadores similares a los de las plantas fijas continuas. Tales dosificadores deben ser sincrónicos para obtener las proporciones deseadas de los tres (3) ingredientes, que deben ser conducidos a una mezcladora continua que vierte, posteriormente, la mezcla en la carretera.

340.4.6 Transporte de la mezcla

La mezcla elaborada en planta fija se debe transportar a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla, se deben tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y la pérdida de contenido de agua.

340.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se debe extender mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y a las cotas indicadas en los documentos del proyecto.

Las mezclas elaboradas en planta fija se deben extender con una terminadora asfáltica.

Una vez que se verifique que la mezcla tiene el contenido de agua óptimo, se debe realizar la compactación, mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 340.5.2.7.3.

En el caso de mezcla en vía con varias pasadas, cuando se hayan efectuado aproximadamente las dos terceras partes del trabajo de compactación se debe realizar, de ser necesario, un perfilado de la superficie

de las rasantes previstas, continuando esta última fase de la operación con los compactadores y la motoniveladora, hasta obtener la densidad y el perfil requeridos.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo neumático, para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora.

En las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se debe extender y compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

340.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se deben disponer de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se les debe aplicar una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva.

Si se trabaja por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas.

Estas juntas se deben localizar a no menos de quince centímetros (15 cm) de otras juntas longitudinales existentes en las capas inferiores de la estructura.

En el caso de construir juntas transversales, se deben localizar a no menos de cinco metros (5 m) respecto a las juntas transversales de capas inferiores de la estructura.

El material recolectado de los cortes de juntas debe ser claramente identificado y almacenado, y no se debe permitir su uso en la construcción de las capas de la estructura.

340.4.9 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos en acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo y los materiales, y se debe determinar el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado y determinar su conformidad, en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de emulsión asfáltica, compactación y demás requisitos exigidos.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, debe modificar la fórmula de trabajo, repitiéndose las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta ser aprobadas por el interventor.

340.4.10 Apertura al tránsito

No se debe permitir el tránsito público hasta que la mezcla compactada pueda soportar el

paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos, en todo caso, no abrir el tránsito en menos de una hora (1 h) después de terminada la compactación. Las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, la velocidad de los vehículos se debe limitar a veinte kilómetros por hora (20 km/h) e impedir que sobre la capa se produzcan aceleraciones, frenados o giros bruscos.

En caso de apertura al tránsito, se deben utilizar elementos de control adecuados para evitar la circulación sobre los bordes de la capa construida o cerca de ellos, con el fin de evitar daños en estas aristas.

340.4.11 Curado y protección superficial de la capa compactada

Las capas de base estabilizada con emulsión requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado debe ser el suficiente para que el contenido de agua del material mezclado y compactado sea inferior a uno por ciento (1 %). Por lo general, dicho período es, como mínimo, de diez días (10 d), dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el constructor debe aplicar los riegos de protección que le solicite el interventor, para prevenir el deterioro de la capa por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se deben realizar de acuerdo con el artículo 422, Riego de curado, excepto que la emulsión debe estar diluida en agua, de manera que, el ligante residual sea aproximadamente treinta por ciento (30 %) y la dosificación del ligante debe estar entre dos y tres décimas de kilogramo de ligante residual por metro cuadrado (0,2 kg/m^2 – 0,3 kg/m^2).

340.4.12 Conservación

El constructor debe conservar la capa base estabilizada con emulsión asfáltica en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido por este, y contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

340.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión y la compactación de mezclas para base estabilizada con emulsión asfáltica cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C), haya lluvia o fundados temores que ella ocurra, haya una capa de niebla intensa o esté previsto un clima con temperatura inferior a uno coma cinco grados Celsius (1,5 °C) en las siguientes cuarenta y ocho horas (48 h) al trabajo.

En caso de que la mezcla, sin compactar o compactada, sea afectada por el agua lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el constructor debe, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado hasta contar con la aprobación del interventor.

Los trabajos de construcción de la base estabilizada con emulsión se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte

satisfactorio para el desarrollo del trabajo en condiciones seguras. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

340.4.14 Manejo ambiental

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del artículo 300.

340.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

340.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del artículo 300, se deben efectuar ensayos para el control de la calidad de la mezcla, y de la densidad y la resistencia de esta luego de compactada.

340.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

340.5.2.1 Calidad del producto bituminoso

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica son los establecidos en el artículo 411.

340.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna incertidumbre en relación con la calidad del agua, se debe verificar su pH y su contenido de sulfatos. Los resultados deben satisfacer las exigencias del numeral 340.2.5 para permitir su empleo. Si no las satisfacen, se debe impedir el uso posterior de dicha agua y someter a observación los tramos ya elaborados con ella.

340.5.2.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte

Cada vez que el interventor lo considere necesario, se deben realizar las pruebas requeridas para verificar la calidad de estos productos. El incumplimiento de las especificaciones correspondientes implica el rechazo del respectivo envío.

340.5.2.4 Calidad de los agregados pétreos y suelos granulares

Se deben realizar los siguientes controles:

340.5.2.4.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le debe realizar los ensayos indicados en la Tablas 340 — 2 o 340 — 3, según corresponda. Además, se deben realizar dos (2) ensayos de granulometría por cada pila de material granular recibido en el sitio de trabajo, sin importar si tienen la misma procedencia.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en las tablas mencionadas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

340.5.2.4.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados y suelos

que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se debe ordenar que se acopien por separado aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto, y se debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Se debe procurar construir los acopios de agregados en forma de capas homogéneas de altura total no mayor a uno coma cinco metros (1,5 m). No es deseable el acopio en pilas de forma cónica, debido a la susceptibilidad de segregación de la fracción gruesa.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 340 — 9.

Tabla 340 — 9. Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos y suelos granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia	
		Agregados	Suelos
Composición (F)			
Granulometría	E-123 y E-213	1 por jornada o 1 por cada 10^6 kg de material (Nota)	1 por jornada o 1 por cada 10^6 kg de material (Nota)
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	E-218	1 por mes	No es aplicable
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes	
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes	
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes	No es aplicable
Limpieza, gradación combinada (F)			
Límite líquido	E-125	1 por jornada	1 por jornada
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznables	E-211	1 por semana	No es aplicable
Capacidad de soporte (F)			
CBR del material sin emulsión asfáltica	E-148	1 por mes	1 por mes

Nota: se debe realizar el número de ensayos que resulte mayor al aplicar estos dos criterios.

En el caso de suelos granulares, cada jornada se debe verificar la clasificación según el sistema AASHTO a partir de los resultados obtenidos de los ensayos diarios de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad.

Los resultados de los ensayos de verificación se deben reportar en un periodo no mayor a veinticuatro horas (24 h) luego de la toma de las muestras, o un periodo menor, si lo permite el método de ensayo establecido, acordado previamente con el constructor.

El interventor puede reducir la cantidad de ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 340 — 9, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

No se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente artículo. En la eventualidad que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor debe impedir el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

340.5.2.5 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se debe considerar como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 340.5.2.7.1.

Cuantitativamente, se deben realizar los siguientes controles:

340.5.2.5.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido, como se indica en el numeral 340.5.2.7.1, se debe determinar el contenido de asfalto residual (INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (*ART* %) debe tener una tolerancia de uno por ciento (1,0 %), para estabilizaciones realizadas en vía, y cero coma cinco por ciento (0,5 %), para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (*ARF* %).

$$ARF\ \% - 1{,}0\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 1{,}0\ \%$$
(mezcla en vía) **[340.1]**

$$ARF\ \% - 0{,}5\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}5\ \%$$
(mezcla en planta) **[340.2]**

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (*ARI* %), no puede diferir del valor medio del lote (*ART* %) en más de uno por ciento (1,0 %), admitiéndose solo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$$ART\ \% - 1{,}0\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 1{,}0\ \%$$
[340.3]

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites, implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la base estabilizada.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

340.5.2.5.2 Granulometría

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados,

mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual debe cumplir la gradación de la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 340 — 1.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión asfáltica que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se debe someter a las pruebas mencionadas en el numeral 340.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se debe rechazar el lote al cual correspondan esas muestras.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

340.5.2.5.2.1 Agregados pétreos

Las curvas obtenidas se deben ajustar a la establecida al determinar la fórmula de trabajo, con las tolerancias que se indican en la Tabla 340 — 1.

340.5.2.5.2.2 Suelos granulares

Las curvas obtenidas se deben encontrar dentro de la franja granulométrica de la Tabla 340 — 4.

340.5.2.6 Calidad de la mezcla

340.5.2.6.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben moldear probetas (tres (3) por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión o extrusión, según el tipo de material mineral que se estabilice (INV E-622 y NLT 170, respectivamente). Una muestra se debe curar en seco y otra en condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m), debe superar, o al menos igualar, al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se debe aplicar para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0{,}90 * R_t \quad [340.4]$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo. Se admite solo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0{,}80 * R_m \quad [340.5]$$

En el caso de base con agregados pétreos, la resistencia conservada promedio (R_{cm}), definida de acuerdo con el método de ensayo INV E-622, debe ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deben suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 340.4.2, para el tipo de base que se esté evaluando.

340.5.2.7 Calidad del producto terminado

340.5.2.7.1 Tamaño del lote

Se considera como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el volumen comprendido por la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica densa en frío:

- Longitud de quinientos metros (500 m), medida a lo largo del eje de vía, de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

340.5.2.7.2 Aspectos generales

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa, excluidos sus chaflanes, no debe ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no puede variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

La apariencia de la superficie terminada debe ser homogénea, de textura uniforme, sin presencia de fisuras, formación de láminas ni desprendimiento de partículas.

340.5.2.7.3 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro o una (1) cada *x*/450, donde *x* es el área en metros cuadrados del tramo construido en una (1) jornada, la que resulte en un mayor número de pruebas. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa base estabilizada con emulsión, se debe calcular su grado de compactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (ensayo modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [340.6]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [340.7]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo y corregido por sobretamaños, según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0% se acepta el lote **[340.8]**

GC_l (90) < 95,0% se rechaza el lote **[340.9]**

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Las comprobaciones de la compactación se deben realizar cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación.

En caso de rechazo, la capa de base estabilizada correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

340.5.2.7.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad \textbf{[340.10]}$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo,

igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [340.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote, salvo que el constructor se comprometa a compensar la deficiencia, incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que ello genere costo alguno para INVÍAS.

340.5.2.7.5 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

340.5.2.7.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base estabilizada, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

340.6 Medida

La base estabilizada con emulsión asfáltica se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300.

340.7 Forma de pago

La base estabilizada con emulsión asfáltica se debe pagar según lo descrito en el numeral 300.7 del artículo 300.

Se excluyen del precio unitario de la base estabilizada con emulsión asfáltica los siguientes aspectos:

- El suministro de la emulsión asfáltica, que se debe pagar de acuerdo con el artículo 411.
- La puzolana que se incluya en la mezcla para complementar la reactividad, de acuerdo con lo indicado en el numeral 340.2.3, que se debe pagar como se indique en una especificación particular.

340.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
340.1	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-38	Metro cúbico (m^3)
340.2	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-25	Metro cúbico (m^3)
340.3	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-5	Metro cúbico (m^3)

Base estabilizada con una mezcla asfáltica natural

Artículo 341 - 22

341.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de una base estabilizada con mezcla asfáltica natural en vías con un nivel de tránsito NT1, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos.

Para efectos de aplicación de esta especificación, se define como base estabilizada con una mezcla asfáltica natural, la adición en planta, zona de acopio o *in situ*, de una mezcla asfáltica natural seleccionada a un agregado pétreo.

341.2 Materiales

341.2.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con una mezcla asfáltica natural pueden provenir de la trituración de materiales pétreos de la vía, piedra de cantera o de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deben estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

La estructura de los pétreos resultante (combinada) para la construcción de la capa de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural debe presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 341-1. La gradación por emplear se debe indicar en los documentos del proyecto. Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa con las tolerancias que se indican en la Tabla 341-1, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Los agregados pétreos resultantes no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico - química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente puedan darse en la zona de empleo. Tampoco pueden, junto con el agua, dar origen a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento o a contaminar corrientes de agua. Los agregados pétreos por estabilizar deben cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 341- 2.

El constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados a utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en esta especificación.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 341-1 Franjas granulométricas de los agregados combinados para la construcción de capas de bases estabilizadas con una mezcla asfáltica natural

Tipo de mezcla	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,36	0,425	0,150	0,075
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 40	Nro. 100	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
BEMAN-38	100	70 - 100	50 - 80	45 - 75	30 - 60	20 - 45	10 - 27	5 - 18	3 - 15
BEMAN-25	-	100	60 - 90	50 - 80	30 - 60	20 - 45	10 - 27	5 - 18	3 - 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de Trabajo (±)	5 %							3 %	

Tabla 341-2 Requisitos de los agregados pétreos a estabilizar

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles, máximo (%) - 500 revoluciones	E- 218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, Máximo (%)	E-220	18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	35
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 E-126	7
Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	20
Capacidad de soporte (F)		
CBR del agregado a estabilizar (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de Inmersión, mínimo.	E-148	20

341.2.2 Mezcla asfáltica natural

La mezcla asfáltica natural es un material compuesto esencialmente de arenas finas y conglomerado impregnadas de asfalto, siendo este parámetro común para la mayoría de los depósitos que se encuentran en el territorio colombiano. El contenido de asfalto residual puede variar según la fuente de explotación. El material pétreo presente en el asfalto natural debe estar exento de materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

341.3 Equipo

Al respecto rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300, Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases y bases granulares y capas granulares estabilizadas. Para la construcción de las capas de base estabilizada con mezcla asfáltica natural se requieren, además, equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora, equipos para mezclado y homogenización, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material; equipos para la elaboración, extensión, compactación y nivelación de la mezcla estabilizada, así como herramientas menores y un equipo apropiado para escarificar la capa existente en caso que su utilización esté prevista en el proyecto.

341.4 Ejecución de los trabajos

341.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300. En la explotación de la mezcla asfáltica natural se debe hacer la respectiva clasificación del material con el fin de evitar sobretamaños, materiales fósiles u otros elementos nocivos o contaminantes para la capa a conformar o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada. Se debe obtener en lo posible, una mezcla asfáltica natural con un porcentaje de asfalto relativamente homogéneo.

341.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

341.4.2.1 Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor, para su verificación, muestras de los materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a criterio del interventor los materiales resultan objetables, el constructor debe efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales, el constructor debe definir la fórmula de trabajo para determinar las proporciones de los materiales utilizados y parámetros de compactación que permitan cumplir con los requerimientos exigidos a la capa de base estabilizada construida. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, este solo puede ser modificado durante la ejecución de los trabajos si se llega a presentar una variación inevitable en alguno de los componentes que intervienen en ella.

Las mezclas de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben diseñar utilizando el método inmersión – compresión, siguiendo el procedimiento definido por la norma de ensayo INV E-622. Para la aplicación de este método de dosificación se debe tener en cuenta que al agregado pétreo ya se le ha colocado el ligante asfáltico a través de la adición de la cantidad necesaria de mezcla asfáltica natural, por lo tanto, se debe determinar la humedad óptima de compactación del material granular estabilizado siguiendo el procedimiento definido por la norma de ensayo INV E-142 y

proceder a la evaluación de la resistencia a la compresión en estado seco y después del proceso de inmersión, tal como lo describe la norma INV E-622.

341.4.2.2 Diseño de la base estabilizada con mezcla asfáltica natural por resistencia

La evaluación de las propiedades del material pétreo estabilizado con la mezcla asfáltica natural se debe realizar por el método de inmersión – compresión. La dosificación óptima propuesta debe cumplir con los criterios establecidos en la Tabla 341-3.

Tabla 341-3 Criterios de resistencia para la determinación de la dosificación óptima de mezcla asfáltica natural

Parámetro	Norma de ensayo INV	Valor
Resistencia de probetas curadas en seco Rs, mínimo (Mpa)	INV E-622	1,5
Resistencia conservada tras curado húmedo Rc = Rh/Rs,mínimo (%)		60

El porcentaje óptimo de mezcla asfáltica natural debe ser aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo Rh.

341.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el constructor, en el cual debe proponer la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del interventor, debe contener por lo menos la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular a estabilizar.
- La granulometría de cada fracción del material granular.
- Las proporciones (en masa seca) de la mezcla asfáltica natural y del material granular.
- La granulometría combinada (agregado pétreo ymezcla asfáltica natural).
- El porcentaje de ligante asfáltico en la dosificación de diseño, con relación a la masa seca del componente mineral.
- El porcentaje de agua para compactación, con relación a la masa seca del componente mineral.
- Las resistencias a la compresión obtenidas en la prueba de inmersión - compresión.
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indiquen los documentos del proyecto.

341.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

alguno de los componentes de la mezcla, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no pueden ser iniciados a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del interventor no exime al constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este artículo.

341.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material pétreo por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la base estabilizada se debe comprobar que la superficie que le va a servir de apoyo se encuentre limpia, tenga la densidad y la planicidad apropiadas y cumpla con las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo indicado en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Si los documentos del proyecto exigen la aplicación previa de una imprimación, esta se debe efectuar de acuerdo con lo previsto en el artículo 420, Riego de imprimación.

En caso de que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el material existente, este se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los documentos del proyecto. Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante asfáltico a través de la mezcla asfáltica natural. Además, se debe comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el interventor debe ordenar las modificaciones previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios que sean requeridos para el drenaje de la calzada, previamente a la construcción de la base estabilizada con mezcla asfáltica natural.

341.4.4 Transporte y almacenamiento de agregados de aporte

Cuando la estabilización incluya agregados de aporte, estos se deben transportar a la planta de mezcla o a la vía, según sea el caso, en vehículos apropiados, protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, los cuales se deben asegurar a la carrocería para impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

La mezcla asfáltica natural se puede acopiar, ya sea a lo largo de la vía a intervenir o en una zona aledaña a la misma, para después movilizarla en volquetas, cuidando que no pierda sus condiciones de calidad. Si el material está expuesto a condiciones climáticas adversas, deben tomarse las precauciones que se estimen convenientes para garantizar que la calidad de este se vea inmodificable.

Cuando se requiera almacenar los agregados destinados a la construcción de la base

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

estabilizada con la mezcla asfáltica natural, se deben tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del artículo 300.

341.4.5 Elaboración de la mezcla

Se recomienda realizar la mezcla del agregado pétreo seleccionado con la mezcla asfáltica natural en un patio fuera de la vía, utilizando un cargador o un equipo que sea capaz de homogenizar los materiales en la proporción definida por la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar parte de la capa existente como el material por estabilizar, la mezcla puede ser elaborada en la vía. El material que conforma la capa existente debe ser escarificado y pulverizado previamente. Si es necesario adicionar material de aporte, este se debe transportar a la vía para ser extendido en el ancho y en el espesor adecuados que permitan que la capa, luego de mezclada con el material pulverizado y la mezcla asfáltica natural, cumpla con las secciones indicadas en los documentos del proyecto.

Cuando la mezcla entre el agregado y la mezcla asfáltica natural se realice en la vía, el interventor debe aprobar por escrito el sector sobre el cual se van a homogenizar los materiales mediante las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora. Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente. Cualquiera que sea la forma utilizada, los materiales deben ser mezclados uniformemente y para ello debe distribuirse en dos cordones, verificando en cada uno de ellos la cantidad y la uniformidad de tal manera que garantice la obtención del contenido de asfalto y la granulometría combinada definida en la fórmula de trabajo. Previa verificación de la humedad se incorpora la cantidad debida de agua, en caso de requerirse, efectuando la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente aproximadamente la sección indicada en los documentos del proyecto. En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm) la construcción de la capa estabilizada se debe fraccionar en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

341.4.6 Transporte de la mezcla

Si la mezcla es elaborada en una zona aledaña o en un patio de mezclado, esta se debe transportar a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla se deben tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y garantizar la uniformidad de la granulometría. La mezcla elaborada en el patio se debe transportar a la vía en volquetas hasta una hora del día en la que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Solo se permite el trabajo en horas de la noche si, por aprobación del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de la mezcla de manera adecuada.

341.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se extiende mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y a las cotas

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

indicadas en los documentos del proyecto con la verificación del constructor y el interventor.

Una vez que se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de apisonado y contenido óptimo de asfalto, se continúa con la compactación mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 341.5.2.4.3.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo neumático para eliminar las huellas de la maquinaria de construcción.

En las zonas que, por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas, no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se debe extender y compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

341.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se deben disponer de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se les debe aplicar una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva, de acuerdo con lo previsto en el artículo 421, Riego de liga. Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Si se trabaja por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas. En lo posible, la mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la terminadora y la producción del material.

Cuando se emplee una terminadora, que es la opción recomendada, se debe regular de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los documentos del proyecto con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas terminadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permite la segregación de materiales. Si ocurre, la extensión de la mezcla debe ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación debe ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del constructor.

La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando dejar la superficie a las cotas previstas en el proyecto con el objeto de no tener que corregir la capa extendida.

341.4.9 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de prueba cuya longitud, ancho y espesor deben quedar definidos en acuerdo con el interventor, para probar tanto el equipo como los materiales, y así establecer el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado para determinar su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de mezcla asfáltica natural, contenido de ligante asfáltico, compactación y demás requisitos exigidos, conforme a lo determinado en la fórmula de trabajo.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, modificar la fórmula de trabajo repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones hasta que ellas sean aprobadas por el interventor.

341.4.10 Apertura al tránsito

No se debe permitir el tránsito público hasta que la mezcla haya adquirido la densidad especificada y la capa compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Si esto no es posible, el tránsito que necesariamente deba circular sobre ella se debe distribuir de manera que no se concentren las huellas de su circulación sobre la superficie. Los daños producidos por esta causa deben ser reparados por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS.

341.4.11 Conservación

El constructor debe conservar la capa estabilizada con la mezcla asfáltica natural en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido para lograr los requisitos de la presente especificación previa aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

341.4.12 Limitaciones en la ejecución

No se permite la extensión y compactación de mezclas cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C), esté lloviendo o exista alta probabilidad de que ello ocurra.

En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua de lluvia, el constructor debe, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado con una nueva mezcla, hasta ser aprobado por el interventor.

Los trabajos de construcción de la capa de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en jornada nocturna, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial adecuado.

Si el constructor no ofrece la anterior garantía, debe poner a disposición de la obra, el equipo y el personal adicional para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

341.4.13 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental debe regir todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del artículo 300.

341.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

341.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del artículo 300, se deben efectuar ensayos para el control de calidad de la mezcla y de densidad y resistencia de la capa luego de compactada.

341.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

341.5.2.1 Calidad de los agregados pétreos a estabilizar

Se deben realizar los siguientes controles:

341.5.2.1.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos a estabilizar con la mezcla asfáltica natural y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se les debe realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 341-2, según corresponda. Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en ellas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

341.5.2.1.2 Control durante el proceso de producción

Durante la etapa de producción de la mezcla estabilizada, se deben examinar las descargas a los acopios ordenando el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También se debe acopiar por separado aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto, vigilando la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad a los agregados pétreos por estabilizar con la mezcla asfáltica natural, indicadas en la Tabla 341-4.

No se permite el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente artículo. En la eventualidad que alguna prueba reporte un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material para proceder a repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor debe impedir el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 341-4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 341-4 Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría combinada	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125 INV E-126	1 por jornada
Terrones de arcilla y partículas deleznables	INV E-211	1 por semana
Equivalente de arena	INV E-133	1 por semana
Capacidad de soporte (F)		
CBR	INV E-148	1 por mes

Nota: Si no se especifica lo contrario, las características se verificarán al agregado a estabiliza

341.5.2.2 Composición de la mezcla

Para efectos del control se considera como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 341.5.2.4.1.

Cuantitativamente se realizarán los siguientes controles:

341.5.2.2.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote definido como se indica en el numeral 341.5.2.4.1, se determina el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) debe tener una tolerancia de uno por ciento (1,0 %) para estabilizaciones realizadas en vía y cero coma cinco por ciento (0,5 %) para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

(mezcla en vía) **[341.1]**

$$ARF\ \% - 1{,}0\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 1{,}0\ \%$$

(mezcla en planta) **[341.2]**

$$ARF\ \% - 0{,}5\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}5\ \%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %) no puede diferir del valor medio del lote (ART %) en más de uno por ciento (1,0 %), admitiéndose solo un (1) valor por fuera de este intervalo.

[341.3]

$$ART\ \% - 1{,}0\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 1{,}0\ \%$$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

341.5.2.2.2 Granulometría

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual debe cumplir la gradación de la fórmula de trabajo dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 341-1.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se debe someter a las pruebas mencionadas en el numeral 341.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se debe rechazar el lote al cual correspondan esas muestras.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

341.5.2.3 Calidad de la mezcla

341.5.2.3.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben moldear probetas (tres (3) por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión (norma de ensayo INV E–622). Una muestra se debe curar en seco y otra en condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m) debe superar, o al menos igualar, el noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se debe aplicar para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0{,}90 \qquad \textbf{[341.4]}$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo.

$$R_i \geq 0{,}80\ R_m \qquad \textbf{[341.5]}$$

Se admite solo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

La resistencia conservada promedio (R_{cm}) debe ser, como mínimo, el sesenta por ciento (60 %), sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deben suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 341.4.2.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

341.5.2.4 Calidad del producto terminado

341.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se considerará como lote que se acepta o rechaza en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural:

- Longitud de quinientos metros (500 m), medida a lo largo del eje de vía, de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

341.5.2.4.2 Aspectos generales

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa, excluidos sus chaflanes, no debe ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no puede variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

341.5.2.4.3 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación INV E-142), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_I = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [341.6]$$

- Material con sobretamaños

$$GC_I = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} \times 100 \qquad [341.7]$$

Donde:

GC_i: Valor individual del grado de compactación en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C\gamma_{d,máx}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}), presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % se acepta el lote **[341.8]**

GC_l (90) < 95,0 % se rechaza el lote **[341.8]**

Donde:

GC_l(90): Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

En caso de rechazo la capa de base estabilizada correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

341.5.2.4.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (em), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad \textbf{[341.10]}$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 * e_d \quad \textbf{[341.11]}$$

Si se incumple alguno de estos requisitos se debe rechazar el lote, salvo que el constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que ello genere costo alguno para INVÍAS, ni problemas por gálibo.

341.5.2.4.5 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

341.5.2.4.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa estabilizada, por modificaciones en el

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias por cuyo trabajo debe autorizar pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

341.6 Medida

La base estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300.

341.7 Forma de pago

La base estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe pagar según lo descrito en el numeral 300.7 del artículo 300.

En el precio unitario se deben incluir todos los costos de explotación para los agregados pétreos de adición y/o importados y los de la mezcla natural.

341.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
341.1	Base estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo BEMAN-38	Metro cúbico (m^3)
341.2	Base estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo BEMAN-25	Metro cúbico (m^3)

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural

Artículo 350 – 22

350.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de una capa estructural de pavimento, constituida por una mezcla uniforme de suelos o agregados (material adicionado totalmente o resultante de la escarificación de la capa superficial existente, o una mezcla de ambos), cemento hidráulico, agua y eventualmente aditivos, de acuerdo con las dimensiones, los alineamientos y las secciones indicados en los documentos del proyecto.

A criterio del interventor, y de común acuerdo con el constructor, la capa estructural de pavimento, construida bajo las especificaciones presentadas en este artículo, puede ser considerada como una capa de base mejorada, u otra capa, siempre que se garantice su adecuado desempeño para las condiciones requeridas dentro de la estructura. Se debe especificar en el pliego de condiciones, el tipo de capa estructural que se planea lograr con este mejoramiento.

Para la estabilización de materiales granulares, se deben definir tramos homogéneos que permitan garantizar los diseños de mezcla, los procesos constructivos y el control de calidad de la obra.

Este artículo reemplaza a los artículos 350 — 13, Suelo-cemento; y 351 — 13, Base tratada con cemento.

350.2 Materiales

350.2.1 Clases de material estabilizado con cemento

Se definen cuatro (4) clases de material estabilizado con cemento, como se indica en la Tabla 350 — 1, en función de los criterios para el diseño de la mezcla.

Tabla 350 — 1. Clases de material para estabilizar con cemento

Clase de material estabilizado con cemento	Descripción	Nivel de tránsito
Clase-1	Material fino o granular que no cumple una gradación específica o que va a ser utilizado como capa estructural y como rodadura, cuando se trate de un pavimento unicapa.	NT1
Clase-2	Material fino o granular que no cumple una gradación específica y que va a ser utilizado como capa estructural.	NT1 y NT2

Clase de material estabilizado con cemento	Descripción	Nivel de tránsito
Clase-3	Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada en este artículo, para un nivel de tránsito medio, que va a ser utilizado como capa estructural (Nota).	NT2
Clase-4	Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada en este artículo, para un nivel de tránsito alto, que va a ser utilizado como capa estructural.	NT3

Nota: la mezcla uniforme de agregados pétreos puede provenir de material seleccionado y/o tratado de una planta de producción, o provenir de material escarificado del sitio y tratado. Cuando el constructor demuestre que el material escarificado del sitio cumple los requisitos indicados en el numeral 350.2.2, para el material Clase-4, se le permite usar dicho material para la construcción de capas en proyectos con tránsito NT3.

Los documentos del proyecto deben definir la clase de material por utilizar, además, deben definir el tipo de gradación, dentro de las opciones mencionadas en la Tabla 350 — 3. En el caso de las mezclas para rodadura, los documentos del proyecto pueden, además, especificar una resistencia mínima, superior a la establecida en el numeral 350.4.1.2.

350.2.2 Suelos o agregados por estabilizar

El material por estabilizar con cemento hidráulico puede provenir de la escarificación de la capa superficial existente, o ser un suelo natural proveniente de excavaciones o zonas de préstamo, o agregados locales, o escorias, o mezclas de ellos. El material, ya combinado, debe estar libre de toda sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento. Además, debe cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 350 — 2, y se debe ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 350 — 3.

Tabla 350 — 2. Requisitos de los materiales a ser tratados con cemento. (Nota 1)

Ensayo	Norma de ensayo	Material para tratar con cemento			
		Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Composición (F)					
Granulometría del material a tratar, listo para estabilizar.	INV E-123 e INV E-213	N/A	N/A	Tabla 350 — 3	Tabla 350 — 3
Tamaño máximo. (fracción del espesor de la capa compactada).		1/3	1/3	Tabla 350 — 3	Tabla 350 — 3

Ensayo	Norma de ensayo	Material para tratar con cemento			
		Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Dureza (O)					
Desgaste en la máquina de Los ángeles, máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	INV E-218	 N/A N/A	 N/A N/A	 40 8	 35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	INV E-238	N/A	N/A	30	25
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	INV E-224	 N/A N/A	 N/A N/A	 70 75	 90 75
Durabilidad (O)					
Pérdida en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	INV E-220	 N/A N/A	 N/A N/A	 12 18	 12 18
Limpieza (F)					
Límite líquido, máximo (%).	INV E-125	30	30	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%). (Nota 2).	INV E-126 e INV E-125	12	12	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%). (Nota 3).	INV E-133	15	15	35	35
Valor de azul de metileno, máximo (g/kg). (Nota 3).	INV E-235	20	20	10	10
Contenido de materia orgánica, máximo (%). (Nota 4).	INV E-121/ UNE-103204 (Nota 5)	2	2	1	1
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	INV E-211	N/A	N/A	2	2
Geometría de las partículas (F)					
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	INV E-230	N/A	N/A	N/A	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%).	INV E-227	N/A	N/A	50	60
Resistencia del material (F)					
CBR del material a tratar sin cemento, para una compactación del noventa y cinco por ciento (95 %) del ensayo de compactación medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo (%). (Nota 6).	INV E-148	N/A	10	60	80

Ensayo	Norma de ensayo	Material para tratar con cemento			
		Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Características químicas (O)					
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^=$, máximo (%).	INV E-233	0,9	0,9	0,5	0,5

N/A: hace referencia a que no es aplicable; teniendo en cuenta la definición para cada clase de material.

Nota 1: todos los valores como requisitos exigidos para los materiales a ser tratados con cemento indicados en la Tabla 350 — 2, entendidos como ensayos de composición, dureza, durabilidad, limpieza, geometría de las partículas, resistencia del material y características químicas; pueden ser diferentes en el caso que sean establecidos en los documentos del proyecto y que el constructor, con aprobación del interventor, realice ensayos de validación de desempeño de estos materiales, en la fase de experimentación. El ensayo de solidez de sulfatos se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Nota 2: en el caso de índices de plasticidad o límites líquidos mayores al especificado para cada clase de material, se puede utilizar un tratamiento previo con cal y posteriormente el tratamiento con cemento, siempre que en la fase de experimentación se compruebe que el material tratado presenta un comportamiento adecuado, según los requerimientos de la estructura.

Nota 3: el ensayo de valor de azul de metileno solo se exige cuando el equivalente de arena del material sea inferior al indicado en la Tabla 350 — 2, pero igual o superior a diez por ciento (10 %) para los materiales utilizados en las clases 1 y 2, y veinticinco por ciento (25 %) para las clases 3 y 4.

Nota 4: opcionalmente, si no se cumple el requisito de materia orgánica, el constructor puede utilizar el material, si cumple las siguientes dos condiciones: (i) determinar que la materia orgánica presente no causa un aumento en el tiempo de fraguado mayor a ciento veinte minutos (120 min) en muestras de mortero; (ii) determinar que la materia orgánica presente no causa una reducción mayor a veinte por ciento (20 %) de la resistencia a la compresión en probetas con veintiocho días (28 d) de curado.

Nota 5: se puede determinar el contenido de materia orgánica por el método propuesto en la norma UNE, siempre que se considere que el método por ignición (según lo describe la norma de ensayo INV E-121) no es aplicable al material, debido a la naturaleza de la materia orgánica presente o a la presencia de minerales que pueden sufrir ignición y registrarse como materia orgánica erróneamente.

Nota 6: en el caso de CBR menores al especificado para cada clase de material, se puede utilizar un tratamiento previo con cal y posteriormente el tratamiento con cemento.

Tabla 350 — 3. Requisitos granulométricos de los materiales a tratar con cemento Clase-3 y Clase-4

Tipo de gradación	**Tamiz (mm / U.S. *Standard*)**								
	50	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
MGTC-50	100	70 — 100	60 — 100	50 — 90	40 — 80	30 — 70	20 — 55	10 — 40	2 — 20
MGTC-38	-	100	70 — 100	60 — 90	45 — 75	30 — 60	20 — 45	10 — 30	2 — 15
MGTC-25	-	-	100	70 — 100	50 — 80	35 — 65	25 — 50	15 — 30	2 — 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%	7 %	6 %			3 %			1,5 %

350.2.3 Cemento

Se debe utilizar cemento hidráulico, el cual debe cumplir con lo indicado en el artículo 501, Suministro de cemento hidráulico, o cementos de acuerdo con la NTC 4050. Cualquiera que sea el cemento por utilizar, se debe validar su comportamiento en la fase de experimentación. En general, no es recomendable usar cementos con tiempo de fraguado menor a una hora (1 h) ni mayor a diez horas (10 h).

No se debe permitir el empleo de cemento que haya fraguado parcialmente o que contenga terrones del producto endurecido. Tampoco se debe permitir el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores. El constructor debe usar el cemento aproximadamente en el mismo orden cronológico en que fue producido y entregado por el fabricante.

350.2.4 Agua

El agua que se requiera para la estabilización debe ser limpia y libre de cantidades apreciables de aceites, ácidos, álcalis, azúcares, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial que pueda afectar al cemento. Así mismo, el agua no debe afectar negativamente el fraguado, el endurecimiento y el comportamiento de la mezcla.

Se debe establecer la fuente de agua en el pliego de condiciones. En el caso que, durante la ejecución del proyecto se deba cambiar de fuente de suministro o se tenga sospecha que la calidad del agua ha cambiado, se debe evaluar su calidad nuevamente so pena de rechazar su uso.

Puede ser agua potable; si no lo es, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 350 — 4.

Tabla 350 — 4. Requisitos del agua no potable para la construcción de material granular tratado con cemento

Característica	Norma de ensayo	Requisito
pH, mínimo	ASTM D1293	5,5
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	UNE 83956	1,0

350.2.5 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla.

Los aditivos que se utilicen, según el diseño establecido, deben cumplir los requerimientos de la NTC 1299.

El empleo de aditivos retardadores de fraguado debe ser obligatorio cuando se prevea que la temperatura ambiente durante la construcción de la capa estabilizada es mayor a treinta grados Celsius (30 °C), salvo que el interventor, con base en los resultados de ensayos realizados para obtener la fórmula de trabajo, apruebe la construcción convencional sin uso de aditivos.

El constructor debe realizar los ensayos que demuestren que, los aditivos cumplen la función prevista con los materiales y dosificaciones de la fórmula de trabajo, y que estos no se encuentran vencidos.

350.3 Equipo

El equipo que se requiera utilizar para el proceso constructivo del material estabilizado debe ser probado y aprobado en los tramos de experimentación.

En la ejecución de los trabajos se deben emplear equipos mecánicos, que pueden ser independientes, o equipos que realicen dos o más operaciones. En general, la maquinaria debe estar constituida por equipos para la escarificación y la disgregación del material (si se requiere), la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, equipo para la formación de las juntas (si se requiere), equipos de transporte y herramientas menores.

Si los documentos del proyecto así lo indican, la extensión de la mezcla elaborada en planta se debe hacer con una máquina extendedora autopropulsada.

350.3.1 Equipo para la elaboración de la mezcla

Los documentos del proyecto deben definir el tipo de equipo para elaborar la mezcla de material estabilizado con cemento, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora.

Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se

debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente.

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, se deben establecer, en detalle, las características de la planta y el procedimiento para la ejecución de los trabajos. Si no lo establecen, se deben aplicar las características de la planta y los procedimientos descritos en el artículo 630, Concreto estructural, para la elaboración de concreto.

En cualquier caso, el equipo para la mezcla, que suministre el constructor, debe ser capaz de lograr una completa homogenización de los componentes, dentro de las tolerancias establecidas en este artículo.

350.3.2 Equipos para explotación y manejo de materiales

En el caso que la estabilización incluya materiales transportados, el equipo debe incluir, también, elementos para su explotación, cargue, transporte, eventual trituración y clasificación.

350.3.3 Equipos para escarificación

Si está prevista la utilización de los materiales existentes en la vía, se debe contar con elementos apropiados para su escarificación.

350.4 Ejecución de los trabajos

350.4.1 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

350.4.1.1 Energía de referencia para la compactación

La energía de referencia para la compactación, en la construcción de las capas estructurales tratadas con cemento, debe ser establecida en los documentos del proyecto, en función del tipo de material granular por estabilizar, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la capacidad de soporte de la subrasante.

Todas las probetas necesarias para evaluar las propiedades de la mezcla se deben elaborar con el contenido de agua óptimo y el peso unitario seco máximo correspondientes a dicha energía de referencia.

Se debe tomar como referencia la Tabla 350 — 5, para la energía de compactación empleada en la fabricación de las probetas de materiales granulares tratados con cemento, teniendo en cuenta la naturaleza del material indicado en los documentos del proyecto.

Así mismo, los controles de compactación se deben efectuar, comparando los resultados de los ensayos de densidad en el terreno contra los resultados del ensayo de compactación en el laboratorio efectuado con esa energía.

Se deben realizar pruebas de desempeño del material bajo condiciones de servicio normales promedio, lo cual incluye condiciones climáticas y condiciones y volúmenes de tránsito.

Tabla 350 — 5. Procedimiento para la preparación de probetas de materiales tratados con cemento

Característica		Tipo de ensayo a ejecutar			
		Material tratado con cemento Clase-1 y Clase-2		Material tratado con cemento Clase-3 y Clase-4	
		Energía de compactación		Energía de compactación	
		Normal	Modificada	Normal	Modificada
Ensayo de referencia para la energía de compactación.		INV E-611	INV E-611 ajustado (Nota 2)	INV E-611 ajustado (Nota 2)	INV E-611 ajustado (Nota 2)
Energía nominal de compactación (kN*m/m^3).		605	2 730	580	2 730
Determinación del peso unitario seco máximo y preparación de probetas para prueba de compresión.	Volumen del molde (cm^3)	944	3 243 (Nota 3)	3 243 (Nota 3)	3 243 (Nota 3)
	Masa del martillo (kg)	2,495	4,536	4,536	4,536
	Altura de caída (mm)	305	457	457	457
	Número de capas	3	7	7	7
	Golpes/capa	25	61	13	61

Nota 1: para la preparación de las probetas se debe tener en cuenta lo siguiente: si todo el material pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada), se debe usar la gradación entera, sin modificación, para fabricar los especímenes de ensayo. Si hay partículas retenidas en dicho tamiz, ellas se deben remover y reemplazar por una cantidad igual, en masa, de material que pase el tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada) y quede retenido en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4), obtenido de porciones de la muestra total que no se van a usar para el ensayo.

Nota 2: el ajuste en la norma INV E-611 se refiere al cambio del molde, el martillo, el número de capas y el número de golpes por capa.

Nota 3: el molde de tres mil doscientos cuarenta y tres centímetros cúbicos (3 243 cm^3) corresponde al del ensayo de CBR (norma de ensayo INV E-148) sin el disco espaciador o falso fondo. Sus dimensiones son: 152,4 mm ± 0,66 mm (6 pulgadas ± 0,026 pulgadas) de diámetro interior y 177,8 mm ± 0,46 mm (7 pulgadas ± 0,018 pulgadas) de altura. Se debe usar con una base sin perforaciones, como la que se emplea para la realización del ensayo de compactación modificado, norma de ensayo INV E-142, método C.

350.4.1.2 Diseño de la mezcla

La mezcla de material granular tratado con cemento se debe diseñar mediante los criterios de durabilidad y resistencia indicados en la Tabla 350 — 6. El contenido mínimo de cemento debe ser definido en los documentos del proyecto y validado en la fase de experimentación conforme a la fórmula de trabajo adoptada. En el caso de no contar con esta validación, el contenido de cemento no debe ser inferior a tres por ciento (3 %) de la masa seca del material por estabilizar. Además, debe ser aquel que permita cumplir los parámetros definidos en la tabla citada.

Los valores de referencia asociados al criterio de durabilidad dependen de la clasificación del material por estabilizar según el sistema AASHTO, norma INV E-180.

Tabla 350 — 6. Criterios de diseño para la mezcla de material granular tratado con cemento

Ensayo	Norma de ensayo INV	Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Durabilidad					
Máxima pérdida de masa de la mezcla compactada en prueba de humedecimiento y secado (%). (Nota 1): - Suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A-3 - Suelos A-2-6; A-2-7; A-4; A-5 - Suelos A-6; A-7	E-612	 14 10 7	 N/A N/A N/A	 N/A N/A N/A	 N/A N/A N/A
Resistencia					
Comportamiento de la resistencia con: - Incremento en el contenido de cemento - Incremento en la edad	E-614	 Crece Crece			
Resistencia a la compresión a siete días (7 d) (MPa). Aplica a material originario de suelo y/o escarificado en la superficie: - Mínima (Nota 2) - Máxima (Nota 2) Aplica a material originario de agregados: - Mínima (Nota 2) - Máxima (Nota 2)	E-614	 (Nota 3) 4,5 (Nota 3) (Nota 3) 4,5 (Nota 3)	 2,5 4,5 2,5 4,5	 N/A N/A 2,5 4,5	 N/A N/A 2,5 4,5
Resistencia a la compresión a veintiocho días (28 d) (MPa), para capas de rodadura. Mínima (Nota 4).	E-614	2,5			

Nota 1: de manera opcional, se puede evaluar el criterio de durabilidad del material granular tratado con cemento, mediante una prueba de desgaste similar a la prueba del Cántabro realizada para mezclas asfálticas abiertas (según lo describe la norma de ensayo INV E-760). En este caso, la mezcla debe obtener un valor de pérdida por desgaste inferior al cincuenta por ciento (50 %), calculado como el valor promedio de cuatro (4) probetas preparadas con el mismo tipo de material, mismo contenido de cemento e idéntico procedimiento de preparación. Cada probeta por ensayar debe ser de forma cúbica, de ciento cuarenta milímetros (140 mm) de longitud, que se obtienen al cortar cada tercio extremo de las vigas ensayadas a flexión a veintiocho días (28 d) (según lo describe la norma de ensayo INV E-414). Sobre cada viga ya ensayada, se miden ciento cuarenta milímetros (140 mm) desde cada cara extrema y se realiza un corte plano, de apariencia lisa, para formar un cubo, que se introduce en la máquina de Los Ángeles, sin la carga abrasiva de esferas de acero, y se determina la pérdida de masa después de doscientas (200) revoluciones. Los valores de módulo de rotura determinado para cada viga también se deben reportar, salvo que el interventor apruebe la formación de los cubos de concreto, a partir de vigas que no hayan sido falladas a flexión.

Nota 2: los valores de resistencia mínima y máxima indicados en la Tabla 350 — 6 pueden ser diferentes, únicamente en el caso que sean establecidos en los documentos del proyecto y que el constructor, con aprobación del interventor, realice ensayos de validación de desempeño de los materiales granulares tratados con cemento; por ejemplo, ensayos de módulo resiliente. La determinación del módulo resiliente se debe realizar siguiendo el procedimiento establecido en la norma INV E-156. Por tratarse de mezclas a las que se les ha incorporado un ligante hidráulico, el cual tiene

reacciones de hidratación y desarrollo de resistencia en el tiempo, esta prueba se debe realizar a los veintiocho días (28 d). Estos ensayos deben satisfacer los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

Nota 3: los documentos del proyecto deben definir el nivel de resistencia por emplear, para el uso de este material granular tratado con cemento. Pueden también definir un nivel de resistencia diferente a los indicados.

Nota 4: el interventor puede solicitar la determinación del valor de resistencia de probetas con veintiocho días (28 d) de curado para capas que no sean de rodadura, si lo considera necesario.

350.4.1.3 Fórmula de trabajo

Dentro de la franja granulométrica elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 350 — 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar:

- La granulometría del material.
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño.
- El tipo y la marca de los aditivos empleados en el diseño.
- El contenido óptimo de cemento (*CFT* %).
- El valor de pérdidas por durabilidad.
- El valor de resistencia a la compresión (R_d) a los siete días (7 d).
- El valor de resistencia a la compresión a los veintiocho días (28 d), para el caso de capas de rodadura.
- Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada debe cumplir los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, o la curva granulométrica incumple las tolerancias que se indican en la Tabla 350 — 3, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

350.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo y se debe determinar el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Con base en los resultados que se obtengan a partir de muestras tomadas del material granular tratado con cemento, el interventor debe evaluar su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, contenido de agua, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

En caso de que los ensayos indiquen que el material granular tratado con cemento no se ajusta a dichas condiciones, este debe ser removido y reemplazado por el constructor hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Antes de efectuar el reemplazo, el constructor debe hacer

las modificaciones necesarias a los equipos y procedimientos de construcción y, si fuese preciso, debe modificar el diseño.

El proceso se debe repetir cuantas veces sea necesario hasta que las secciones de ensayo sean aprobadas por el interventor.

Tanto el constructor como el interventor deben emitir un informe con los resultados de la fase de experimentación y validación, y su cumplimiento como requisito para el inicio de la fase de construcción.

En cada tramo de experimentación y validación, deben quedar definidos los siguientes aspectos:

- Para el material granular tratado con cemento como capa estructural, ejecutado *in situ* con material existente o de préstamo:
  - Escarificación del material para tratar en el sitio
  - Incorporación del material de préstamo, cuando aplique
  - Aplicación del cemento de acuerdo con la condición planteada en la fase de experimentación
  - Mezcla

- Para mezcla en planta:
  - Bachadas de prueba
  - Tiempos de producción
  - Transporte

- Para tratamiento en sitio o mezcla en planta:
  - Perfilado
  - Extensión y conformación
  - Prefisuración (en caso de requerirse)
  - Compactación
  - Juntas de trabajo
  - Curado de la capa compactada
  - Apertura al tránsito
  - Limitaciones en la ejecución

Para cada uno de los tramos homogéneos definidos en la etapa de diseño o de construcción, los trabajos se deben realizar, de acuerdo con lo aprobado en la fase de experimentación y validación.

350.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de construir la capa de material granular tratado con cemento, se debe comprobar que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad y la planicidad apropiadas, así como las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo indicado en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

En caso de que la construcción se vaya a realizar únicamente con el material existente en la calzada, este se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa de suelo-cemento alcance el espesor señalado en los documentos del proyecto.

Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente, antes de iniciar la disgregación del material.

En todos los casos en que el proceso involucre el material del lugar, parcial o totalmente,

se debe comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el interventor debe ordenar las modificaciones previas que considere necesarias.

En todos los casos debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada, previamente a la ejecución de las obras de la capa de material granular estabilizado con cemento.

350.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la construcción de la capa incluya suelos o agregados de aporte, estos se deben transportar en vehículos apropiados, protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, los cuales se deben asegurar a la carrocería, para impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan dichos vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados, se deben tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del artículo 300.

350.4.5 Mezcla en vía

El material granular sin cemento se debe conformar según la sección transversal mostrada en los documentos del proyecto, mediante el empleo de motoniveladora.

350.4.5.1 Disgregación del material

El material granular se debe disponer en un cordón de sección uniforme, donde debe ser verificada su homogeneidad. Si la capa se va a construir mediante combinación de varios agregados granulares, estos deben ser mezclados en la planta, por cuanto no se admite su combinación en la superficie de la vía; se exceptúa el caso en que se requiera mezclar material de aporte con material del sitio, situación en la cual se puede efectuar la mezcla en el sitio.

Antes de aplicar el cemento, si el material por tratar, bien sea que se haya escarificado en el lugar o transportado desde los sitios de origen aprobados por el interventor, o sea una mezcla de ambos, presenta grumos o aglomeraciones de partículas, se debe disgregar con el equipo de construcción, aprobado a partir de los resultados de la fase de experimentación, en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los documentos del proyecto.

El proceso de disgregación debe continuar hasta que se logren los requerimientos granulométricos del numeral 350.2.2. La longitud de calzada disgregada no debe exceder de la que se pueda tratar y compactar, de acuerdo con esta especificación, en dos días (2 d) de trabajo, salvo autorización escrita del interventor.

Una vez disgregado el material, este se debe conformar según la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

350.4.5.2 Aplicación del cemento

El cemento se puede aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se debe esparcir sobre el agregado o suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por

desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material no puede ser superior al definido, durante el proceso de diseño, como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido solo se debe permitir el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material.

350.4.5.3 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se debe efectuar la mezcla, empleando el equipo aprobado. El número de pasadas depende del equipo utilizado y debe ser el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase de experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante y se debe continuar mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad. El contenido de agua de la mezcla debe ser el establecido en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento (± 1 %).

El constructor con previa autorización del interventor debe fijar, a partir de los ensayos iniciales, el tiempo mínimo de amasado, que en ningún caso debe ser inferior a treinta segundos (30 s).

350.4.6 Mezcla en planta

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, en ellos se debe establecer en detalle el procedimiento para la ejecución de los trabajos. Si no lo establecen, se deben aplicar los procedimientos para la elaboración y transporte de la mezcla descritos en el artículo 500, Pavimento de concreto hidráulico.

La mezcla elaborada en la planta aprobada luego de la fase de experimentación se debe transportar al sitio en volquetas estancas y cubiertas, aptas para el transporte de concreto, cumpliendo con los requisitos y los procedimientos establecidos en los numerales 500.3.2 y 500.4.6.3 del artículo 500.

350.4.7 Extensión y conformación

La mezcla elaborada sobre la vía se debe extender, tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones, en todo el ancho previsto, en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación, y se debe conformar a la sección transversal de la calzada.

Siempre que sea posible, el material granular estabilizado con cemento se debe extender en el ancho completo de la vía. En caso contrario, el material se debe extender por franjas longitudinales cuyo ancho debe ser al menos el de un carril, comenzando por el borde inferior. El ancho de las franjas de extensión debe ser tal, que se realice el menor número posible de juntas y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta el ancho de la sección, la necesidad de mantener un carril funcionando para tránsito vehicular (si aplica) y las características de los equipos de extensión y de producción de la mezcla.

Para el caso de mezcla en planta, si los documentos del proyecto así lo requieren, se debe usar una máquina extendedora para estas labores. Si no lo requieren, la mezcla se puede extender y conformar con motoniveladora.

En todo caso, la cantidad de material extendido y conformado debe ser tal, que el espesor

de la capa compactada no resulte inferior a ciento cincuenta milímetros (150 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de la capa tratada con cemento, por construir, es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en dos o más capas, y se debe procurar que el espesor de cada una de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En el caso de disponer de equipos de construcción que permitan la conformación de capas con espesores superiores a (200 mm), se debe garantizar que toda la capa cumpla los requerimientos establecidos en el numeral 350.5.

El material extendido y conformado debe mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

350.4.8 Prefisuración

Cuando los documentos del proyecto así lo indiquen, se debe efectuar una prefisuración de las capas de material granular tratado con cemento antes de iniciar su compactación. La necesidad de efectuar dicha prefisuración depende de factores tales como la posición de la capa dentro de la estructura, el tipo de rodadura, la resistencia del material granular tratado y el tipo de medidas que eventualmente contemplen los documentos del proyecto para evitar o controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la capa de material estabilizado con cemento deteriore la rodadura del pavimento. Uno de los criterios para decidir si se requiere la prefisuración puede ser que se superen las resistencias máximas de la mezcla, mencionadas en la Tabla 350 — 6. En todo caso, la necesidad de prefisuración debe ser determinada en la fase de experimentación.

Esta actividad consiste en la ejecución de juntas transversales en fresco, es decir, del material extendido, pero sin compactar. El diseño debe establecer la distancia a la cual se deben realizar dichas juntas. En general, la separación entre ellas debe estar comprendida entre tres y cuatro metros (3 m – 4 m).

Para la ejecución de las juntas transversales en fresco, se deben utilizar equipos que realicen en cada pasada un surco recto que penetre al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa y que, al mismo tiempo, introduzcan en este un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Dicho producto puede consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que, además de impedir que se cierre de nuevo la junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de esta.

Se debe emplear el equipo y el método de ejecución aprobados por el interventor, cuya eficacia haya sido comprobada después de la realización de la fase de experimentación.

350.4.9 Compactación

La compactación de la mezcla se debe realizar, de acuerdo con el plan propuesto por el constructor y aprobado por el interventor durante la fase de experimentación.

El proceso de compactación debe ser tal, que evite la formación de una costra o capa

superior delgada, débilmente adherida al resto de la capa de material granular tratado con cemento. En caso de que ella se produzca, debe ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

La compactación se debe realizar de manera continua y sistemática. Si la extensión del material se realiza por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya, al menos, quince centímetros (15 cm) de la anterior. Los rodillos deben llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de extensión, y los cambios de dirección y de sentido se deben realizar sobre material ya compactado y con suavidad. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

Los trabajos de compactación deben ser terminados en un lapso no mayor de dos horas (2 h) desde el inicio de la mezcla. En la fase de experimentación se puede definir un lapso menor o mayor, teniendo en cuenta las características propias del proyecto. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se debe mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

Cuando la capa estructural tratada con cemento se deba construir en varias capas, las operaciones se deben adelantar de tal forma que se pueda completar el espesor total de la misma en un tiempo no mayor de dos horas (2 h). Si se usan aditivos retardadores, este tiempo se puede extender según se defina en la fase de experimentación. Alternativamente, la superficie de la capa inferior de la capa estructural tratada con cemento se debe mantener húmeda en forma permanente, mediante riego por aspersión, hasta la colocación de la capa superior, la cual debe ser extendida y compactada en un lapso no mayor de siete días (7 d) después de terminada la capa inferior.

350.4.10 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deben cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Para tal efecto, al término de la jornada de trabajo se debe formar una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado. Se debe procurar localizarlas a no menos de cinco metros (5 m) de otras juntas transversales realizadas en cualquier capa inferior de la estructura.

Si la capa de material granular tratado con cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, también, se deben disponer juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada, mediante un procedimiento aceptado por el interventor.

El material recolectado de los cortes de juntas debe ser claramente identificado y almacenado, y no se debe permitir su uso en la construcción de las capas de la estructura.

350.4.11 Curado de la capa compactada

Terminada la compactación de la capa de material granular tratado con cemento, esta se debe proteger contra pérdidas de contenido de agua, por un período no menor de siete días (7 d), mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-60, conforme se establece en el artículo 422, Riego de curado.

Si la aplicación del riego de curado no se hace inmediatamente después de terminada la compactación, se debe mantener el contenido de agua de la superficie mediante riego frecuente de agua por aspersión.

Cuando la capa estructural tratada con cemento se deba construir en varias capas, no se debe aplicar el riego de curado sobre la superficie de la capa inferior de la capa estructural tratada con cemento, sino que esta se debe mantener húmeda en forma permanente, mediante riego por aspersión, hasta la colocación de la capa superior.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro horas (24 h) de terminada la compactación, la superficie de la capa de material granular tratado con cemento debe presentar un aspecto denso y homogéneo, y tener el contenido de agua suficiente que permita el curado.

350.4.12 Apertura al tránsito

La capa de material granular tratado con cemento solo se puede abrir al tránsito público y al de los equipos de construcción a los siete días (7 d) de su compactación. Se permite el tránsito vehicular en un tiempo inferior a siete días (7 d), únicamente en el caso de realizar las validaciones correspondientes en la fase de experimentación, por parte del constructor y con previa aprobación del interventor, asegurando que se cumplan los requerimientos de desempeño de la capa de material granular tratado con cemento, indicados en los documentos del proyecto. La velocidad de circulación se debe restringir a treinta kilómetros por hora (30 km/h) desde el momento de la apertura al tránsito y, como mínimo, hasta pasado los siete días (7 d) desde la compactación de la capa construida. La apertura debe ser inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las áreas que deban ser objeto de corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el interventor debe definir el instante de apertura definitiva, de la capa compactada, al tránsito público.

350.4.13 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento solo se pueden llevar a cabo cuando la temperatura ambiente a la sombra sea superior a cinco grados Celsius (5 °C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella ocurra, o haya una capa de niebla intensa, o esté previsto un clima con temperatura inferior a uno coma cinco grados Celsius (1,5 °C) en las siguientes cuarenta y ocho horas (48 h) al trabajo. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia, y como resultado de ello el contenido de agua de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 350.4.5.3 de esta especificación, el constructor debe retirar la mezcla afectada y

reconstruir el sector deteriorado, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para el desarrollo del trabajo en condiciones seguras y que sea aprobado por el interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

350.4.14 Manejo ambiental

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del artículo 300.

Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto, en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada se deben mantener correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- El manejo y aplicación del cemento se debe realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.

350.4.15 Conservación de la capa terminada

El constructor debe conservar la capa de material granular tratado con cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente debe corregirlo hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

350.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

350.5.1 Controles

En adición a lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300, se deben efectuar ensayos de control de la mezcla y, una vez compactada, de densidad, espesor y planicidad de la capa terminada.

350.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

350.5.2.1 Calidad de los materiales

350.5.2.1.1 Calidad de suelos o agregados por estabilizar

Se deben tomar cuatro (4) muestras representativas de cada fuente de suelos y agregados por utilizar en la producción de la capa de material granular tratado con cemento, y por

cada dos mil metros cúbicos (2 000 m^3) del material de un mismo tipo, y se deben ejecutar los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 350.2.2.

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los suelos y agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Además, se deben efectuar las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 350 — 7.

El interventor puede adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 350 — 7. Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

Característica	Norma de ensayo	Tipo de material	Frecuencia
Composición (F)			
Granulometría	INV E-123 e INV E-213	Todos	1 por jornada o 1 cada 3 000 m^2 de superficie de material compactado (Nota)
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-218	Clase-3 y Clase-4	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	INV E-238	Clase-3 y Clase-4	1 por mes
Limpieza (F)			
Límite líquido e Índice de Plasticidad	INV E-125 e INV E-126	Todos	1 por jornada
Equivalente de arena	INV E-133	Todos	1 por semana
Valor de azul de metileno (si aplica)	INV E-235	Todos	1 por semana
Contenido de materia orgánica	INV E-121/ UNE 103204	Todos	1 por semana
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables	INV E-211	Clase-3 y Clase-4	1 por semana
Geometría de las partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento	INV E-230	Clase-3 y Clase-4	1 por semana
Caras fracturadas	INV E-227	Clase-3 y Clase-4	1 por jornada
Resistencia del material (F)			
CBR	INV E-148	Todos	1 por mes

Nota: se debe realizar el número de ensayos que resulte mayor al aplicar estos dos criterios.

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 350 — 7, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Cuando el interventor considere que las características del material explotado en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 350 — 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios. No se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 350.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

Los resultados de los ensayos de verificación se deben reportar en un periodo no mayor de veinticuatro horas (24 h) luego de la toma de las muestras, o un periodo menor acordado previamente con el constructor.

350.5.2.1.2 Calidad del cemento

Por ningún motivo se debe permitir el empleo de cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

El cemento se debe almacenar en contenedores a prueba de agua y con una estructura tal, que se garantice la inexistencia de zonas muertas de almacenamiento, definidas como aquellas zonas en donde no se hace uso o movimiento del cemento. En caso de encontrar zonas muertas con material que no es reemplazado continuamente, toda la estructura de almacenamiento debe ser vaciada y limpiada cada tres (3) meses. En ningún caso se debe utilizar cemento que haya durado más de tres (3) meses almacenado en el sitio de trabajo.

Por cada suministro de cemento que llegue a la obra, el proveedor debe entregar un certificado de calidad donde se indiquen las propiedades del producto entregado, de acuerdo con el artículo 501 o la NTC 4050, con la finalidad de verificar la calidad del producto y establecer su aceptación o rechazo. Este certificado debe contener, como mínimo, la estadística semanal de la calidad del cemento entregado por el productor.

El cemento utilizado debe ser del tipo MCH (Moderado Calor de Hidratación) o del tipo BCH (Bajo Calor de Hidratación), según las normas NTC 121 o ASTM C1157/C1157M. También, se puede usar cemento tipo UG (Uso General), según las normas NTC 121 o ASTM C1157/C1157M, en el cual se garantice que el Calor de Hidratación no supere el valor de doscientos cincuenta kilojulios por kilogramo (250 kJ/kg [kcal/kg]) en siete días (7 d).

Las verificaciones se deben realizar conforme se establece en el numeral 501.5.2 del artículo 501.

En ambientes muy húmedos o en condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el interventor puede reducir el plazo de tres (3) meses para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del cemento.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el interventor lo considere conveniente, se deben llevar a cabo ensayos adicionales para la comprobación de las características que estime necesarias.

La toma de muestra del cemento se debe realizar lo más rápido posible, para reducir al mínimo la absorción de humedad. Una vez recogida la muestra se debe guardar en un recipiente estanco y con cierre hermético hasta su análisis.

Como alternativa, se puede realizar un tramo de prueba que permita validar la calidad del cemento almacenado.

350.5.2.1.3 Calidad del agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se debe verificar su pH y su contenido de sulfatos.

350.5.2.1.4 Calidad de los aditivos y productos de curado

El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del interventor.

350.5.2.2 Calidad de la mezcla

350.5.2.2.1 Contenido de cemento

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 350.5.2.3, se debe determinar el contenido de cemento (INV E-617 o ASTM D5982). Cada muestra se debe tomar en un solo sitio de la capa extendida, abarcando todo su espesor, inmediatamente antes de iniciar la compactación.

El porcentaje de cemento promedio de las tres muestras que representan al lote (*CPL* %), debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*CFT* %).

$$CFT\ \% - 0{,}3\ \% \leq CPL\ \% \leq CFT\ \% + 0{,}3\ \% \quad [350.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (*CI* %), no debe diferir del valor promedio del lote (*CPL* %), en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$CPL\ \% - 0{,}5\ \% \leq CI\ \% \leq CPL\ \% + 0{,}5\ \% \quad [350.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (*CPL* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites, implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa de material granular tratado con cemento.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material removido es de propiedad del constructor.

En ningún caso se debe aceptar el uso del material removido como material de construcción para alguna capa estructural estabilizada (entiéndase como cualquier capa de la

estructura, incluyendo la subrasante y/o afirmado) de otro lote del proyecto, a menos que se acuerde con el interventor llevar a cabo un tratamiento previo de disgregación y selección de material, que dé como resultado un material reciclado apropiado, aprobado por el interventor.

350.5.2.2.2 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra, se deben moldear probetas (dos (2) por muestra) según lo especificado en la Tabla 350 — 5, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete días (7 d) de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. Cada muestra se debe tomar en un solo sitio de la capa extendida y conformada, abarcando todo su espesor, inmediatamente antes de iniciar la compactación.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote (R_m), debe ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el constructor (R_d) y aprobado por el interventor, conforme se describe en el numeral 350.4.1.

$$R_m \geq 0{,}92 * R_d \quad [350.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio (R_m).

$$R_i \geq 0{,}90 * R_m \quad [350.4]$$

Por otra parte, si la resistencia media de las probetas que representen al lote (R_m) es mayor a la resistencia máxima definida en la Tabla 350 — 6, se deben realizar juntas de contracción por aserrado, con una separación entre juntas entre tres y cuatro metros (3 m y 4 m), y ubicadas a no menos de dos coma cinco metros (2,5 m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar. La conformación de juntas por aserrado no es necesaria si se realizó prefisuración, de acuerdo con la sección 350.4.8 de este artículo, y si así lo autoriza el interventor.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material removido es de propiedad del constructor.

350.5.2.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa de material granular tratado con cemento, medidos en la dirección del eje del trazado de vía.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de capa de material granular tratado con cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y debe estar ajustada a las rasantes y las pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde

de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota de cualquier punto de la capa compactada no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deben realizar los siguientes controles:

350.5.2.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de material granular tratado con cemento, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [350.5]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,max}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según los criterios establecidos en la Tabla 350 — 5, realizado sobre una muestra representativa del mismo.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se deben aplicar los siguientes criterios para la aceptación del lote:

Para el caso de capas construidas inmediatamente debajo de la capa de rodadura:

GC_l (90) ≥ 98,0 % *se acepta el lote* [350.6]

GC_l (90) < 98,0 % *se rechaza el lote* [350.7]

Para el caso de capas construidas bajo otra capa granular que no sirva como superficie de rodadura:

GC_l (90) ≥ 95,0 % *se acepta el lote* [350.8]

GC_l (90) < 95,0 % *se rechaza el lote* [350.9]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las cotas del proyecto y garantizar las propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa de material estabilizado. El material retirado es de propiedad del constructor.

350.5.2.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, que en cualquier caso no puede ser un número menor a uno (1) por cada setenta y cinco metros (75 m) medidos en el sentido del eje del trazado, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [350.10]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose solo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [350.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote. En este caso, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material retirado es de propiedad del constructor.

350.5.2.3.3 Planicidad

Inmediatamente después de la compactación, se debe comprobar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el interventor lo considere conveniente. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, y no se deben admitir variaciones superiores a diez milímetros (10 mm) si la capa se ubica debajo de las capas superficiales, o de quince milímetros (15 mm) si la capa se ubica sobre la subrasante, para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente.

Todas las áreas de la capa de material granular tratado con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deben ser corregidas por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este, sin costo adicional para INVÍAS.

350.5.2.3.4 Regularidad superficial

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), de acuerdo con las normas ASTM E1926 y ASTM E950, debe cumplir lo fijado en la Tabla 350 — 8, en función de la clase de material estabilizado y del espesor total (e_t) de las capas que se vayan a extender sobre este.

Tabla 350 — 8. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) (m/km)

Porcentaje (%) de hectómetros	Material estabilizado			
	Clase-1	Clase-2, Clase-3 y Clase-4		
		$e_t \geq 20$ cm	10 cm < e_t < 20 cm	$e_t \leq 10$ cm
50	< 2,5	< 3,0	< 2,5	< 2,5
80	< 3,5	< 4,0	< 3,5	< 3,5
100	< 4,0	< 5,0	< 4,5	< 4,0

Si los resultados del IRI de la capa terminada exceden los límites establecidos, se debe proceder de la siguiente manera:

Se deben corregir los defectos de la capa mediante fresado y se debe volver a construir, cumpliendo los requisitos especificados en este artículo, por cuenta del constructor.

El IRI se debe comprobar de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este artículo establece que la determinación del IRI se debe realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se pueden adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de ensayo INV E-794, o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma de ensayo INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, este se debe validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos (200 m). El equipo de referencia inercial se debe operar, de acuerdo con la norma ASTM E950.

350.6 Medida

El material granular tratado con cemento como capa estructural, se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300.

Si los documentos del proyecto indican que el suministro del cemento hidráulico se paga por aparte, la unidad de medida de este debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor. En este caso, para determinar la cantidad de cemento hidráulico efectivamente incorporado a la mezcla, se debe tomar el porcentaje de cemento promedio del lote (*CPL* %), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla como se indica en el numeral 350.5.2.2.1, se debe efectuar el cálculo correspondiente y se debe aproximar al kilogramo entero.

350.7 Forma de pago

El material granular tratado con cemento se debe pagar según lo establecido en el numeral 300.7 del artículo 300.

El precio unitario debe incluir, además, el costo de la ejecución de la prefisuración mencionada

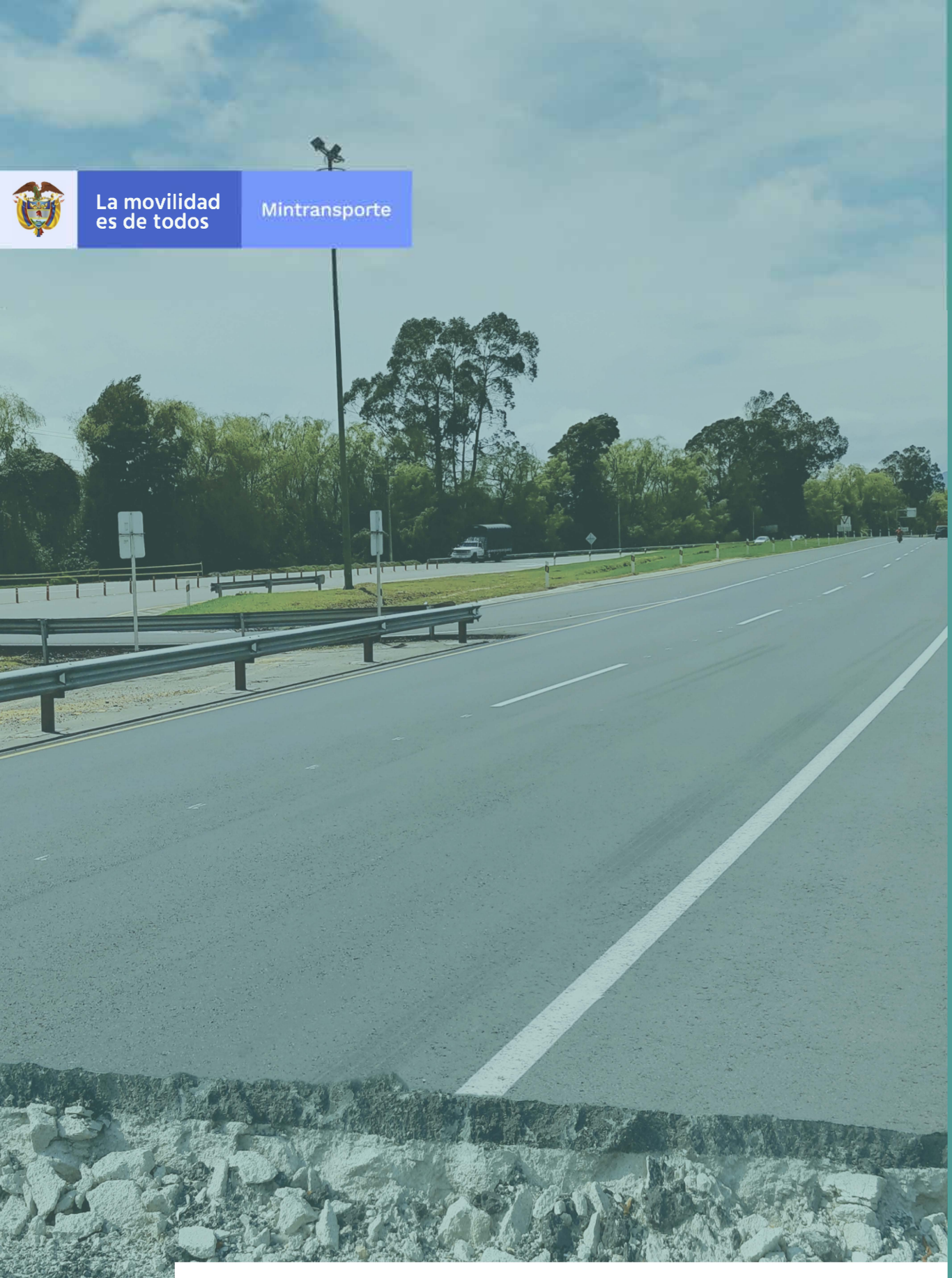
en el numeral 350.4.8, incluyendo el suministro y la aplicación o instalación del producto que impida que las juntas se cierren de nuevo.

Si los documentos del proyecto especifican otro tipo de medidas para evitar o controlar el reflejo de fisuras, como instalación de geosintéticos o construcción de capas asfálticas de mezcla abierta, estas se deben pagar según el ítem correspondiente del contrato.

350.8 Ítem de pago

El precio unitario del material granular tratado con cemento (MGTC) no incluye el suministro del cemento.

Ítem	Descripción	Unidad
350.1	MGTC clase 1 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.2	MGTC clase 2 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.3	MGTC clase 3, gradación tipo MGTC-25 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.4	MGTC clase 3, gradación tipo MGTC-38 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.5	MGTC clase 3, gradación tipo MGTC-50 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.6	MGTC clase 4, gradación tipo MGTC-25 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.7	MGTC clase 4, gradación tipo MGTC-38 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.8	MGTC clase 4, gradación tipo MGTC-50 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
350.9	Cemento hidráulico para capa tratada con cemento	Kilogramo (kg)



UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS



La movilidad es de todos

Mintransporte

CAPÍTULO 4

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

4

Pavimentos asfálticos

Disposiciones generales para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos

Artículo 400 – 22

400.1 Descripción

Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos de imprimación, riegos de liga y de curado, así como tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas, bases, capas de mezcla asfáltica, bacheos asfálticos en frío y en caliente y reciclados con productos bituminosos, a los cuales se refiere el capítulo 4 de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

400.2 Materiales

400.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

400.2.1.1 Denominación

La Tabla 400 – 1 muestra la denominación del agregado según su tamaño, para el objeto de las especificaciones del capítulo 4.

Tabla 400 – 1. Denominación de los agregados minerales

Denominación	Descripción
Agregado grueso	Porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4)
Agregado fino	Porción del agregado comprendida entre los tamices de 4,75 mm (nro. 4) y 0,075 mm (nro. 200)
Llenante mineral - Llenante mineral de aporte	Porción que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) - Fracción del llenante que se incorpora a la mezcla por separado

400.2.1.2 Aspectos generales

Los agregados pétreos no deben ser susceptibles de ningún tipo de alteración físico-química apreciable, bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco pueden dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución

de los trabajos, debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad y la inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que se exigen en estas especificaciones.

Los agregados pétreos deben poseer una naturaleza tal que, al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, esta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Solo se debe admitir el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adhesividad satisfactoria, de acuerdo con las exigencias establecidas en cada uno de los artículos.

400.2.1.2.1 Agregado grueso

El agregado grueso debe proceder de la trituración y la clasificación de roca y/o grava; sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables.

El interventor puede rechazar cualquier material pétreo que presente sustancias objetables, que no permitan la adecuada adherencia del asfalto o que no cumplan los requisitos de los artículos correspondientes.

400.2.1.2.2 Agregado fino

El agregado fino debe estar constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última dentro del conjunto se encuentra definida en la respectiva especificación. Los granos del agregado fino deben ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material debe estar libre de cualquier sustancia que impida la adhesión del asfalto.

400.2.1.2.3 Llenante mineral

El llenante mineral puede provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos o puede ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico.

400.2.1.2.4 Requisitos de calidad

Los requisitos específicos de calidad de los agregados grueso y fino y del llenante mineral se especifican en los diferentes artículos del capítulo 4 de estas especificaciones.

400.2.1.3 Productos asfálticos

Los cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos líquidos deben cumplir los requisitos establecidos en los siguientes artículos del capítulo 4 de estas especificaciones.

- Cementos asfálticos: artículo 410.
- Emulsiones asfálticas: artículo 411.
- Cementos asfálticos modificados con grano de caucho reciclado: artículo 413.
- Cementos asfálticos modificados con polímeros: artículo 414.
- Emulsiones asfálticas modificadas con polímeros: artículo 415.
- Asfalto líquido: artículo 416.

400.2.2 Aditivos mejoradores de adherencia

Los aditivos mejoradores de adherencia se deben ajustar a lo descrito en el artículo 412.

400.3 Equipo

Todos los equipos empleados deben ser compatibles con los procedimientos de construcción

adoptados y requieren la aprobación previa del interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad del presente artículo y del correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

400.3.1 Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta de trituración debe estar provista de una trituradora primaria, una secundaria y una terciaria siempre que esta última se requiera; debe incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado.

400.3.2 Planta para fabricación de mezclas asfálticas en caliente

La mezcla de concreto asfáltico se debe fabricar en plantas de asfalto de secamiento continuo, con sistema de mezclado y entrega tipo continuo o discontinuo, y con un sistema de dosificación de agregados en frío o en caliente, capaz de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada, y cumplir con las tolerancias especificadas en el ar-tículo correspondiente al tipo de mezcla que se vaya a elaborar.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deben cumplir lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de vertimientos en cuanto a la calidad del ambiente (agua, suelos y aire); para su funcionamiento en la obra, se debe presentar previamente al Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) la autorización correspondiente o el permiso vigente de emisiones atmosféricas, expedido por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.

Para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente, se pueden usar plantas de los tipos y las características indicados en la Tabla 400 – 2.

Tabla 400 – 2. Tipos de plantas para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente

Tipo de planta		Requisitos
De mezcla discontinua (o de bachada)		Numeral 400.3.2.2
De mezcla continua	Tambor secador-mezclador	Numeral 400.3.2.3
	Mezclador de ejes paralelos	Numeral 400.3.2.4
	Mezclador de tambor	

400.3.2.1 Requisitos para todas las plantas

400.3.2.1.1 Automatización

La operación de la planta debe ser totalmente automática. Se debe disponer de un cuarto de control con condiciones de higiene y comodidad adecuadas para el personal de operación. Debe tener un tablero o una consola que reúna en un solo sitio toda la información sobre las temperaturas, tanto de los gases como de los diferentes insumos y materiales, sobre la operación de la planta y

sobre los indicadores de los parámetros de producción de la mezcla y de la dosificación, tanto de los agregados pétreos como del ligante asfáltico y del aditivo, si se requiere su uso. Allí mismo se deben encontrar los dispositivos para controlar el inicio y la terminación de las jornadas de producción de mezcla y de manejo de su dosificación. No se debe permitir la operación de la planta cuya dosificación se realice solo por la manipulación de dispositivos mecánicos.

400.3.2.1.2 Calibración

Todos los dispositivos de medida de la planta deben contar con un certificado de calibración vigente. Además de las calibraciones, debe existir registro de mantenimiento periódico. Las calibraciones no deben superar dos (2) años, y los mantenimientos periódicos no deben exceder de un (1) trimestre, excepto que las condiciones del fabricante establezcan valores diferentes.

400.3.2.1.3 Capacidad de producción

La capacidad mínima de producción de la planta debe estar señalada en el pliego de condiciones y ella depende de las características de la obra por ejecutar.

El constructor debe suministrar la certificación sobre la capacidad máxima de producción de la planta de asfalto dada por el fabricante. Si la planta ha sido reformada, se debe entregar la certificación de la planta reformada, expedida por un ingeniero con experiencia documentada en manejo de plantas de asfalto. La certificación debe indicar las condiciones bajo las cuales se alcanza dicha capacidad máxima.

También, debe suministrar una certificación sobre la capacidad del quemador del secador, proporcionada por su fabricante.

400.3.2.1.4 Combustibles y protección contra el fuego

Los combustibles usados en la operación de la planta deben cumplir las exigencias sobre combustibles sólidos o líquidos establecidas en la Resolución del Ministerio del Medio Ambiente número 898 de 1995, adicionada por la Resolución número 125 de 1996, modificada parcialmente por las Resoluciones números 623 de 1998, 0068 de 2001, 0447 de 2003, 1565 de 2004, 1289 de 2005, 2200 de 2005, 1180 de 2006, 180782 de 2007, 182087 de 2007, 1499 de 2011, 90963 de 2014, 40724 de 2016 y 40619 de 2017, y sobre combustibles gaseosos en la Resolución de la Superintendencia de Industria y Comercio número 14471 de 2002, con énfasis en las NTC 2505, NTC 3631, NTC 3833 y NTC 4282 y con supervisión de un organismo de inspección acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) bajo la NTC-ISO-IEC 17020. Queda entendido que, si alguna disposición de las recientemente citadas es reemplazada en el futuro por la entidad nacional competente para ello, los requisitos por cumplir deben ser los de la disposición actualizada.

En la operación de las plantas asfálticas en caliente se pueden emplear también los combustibles gaseosos provenientes de la síntesis de biomasa y/o de combustibles sólidos, bajo la supervisión de un ingeniero con experiencia en la materia y debidamente matriculado, quien debe haber presentado previamente el proyecto y obtenido la aprobación expresa

de INVÍAS, y siempre y cuando el dispositivo usado y sus aditamentos no produzcan contaminaciones en las emisiones, que sobrepasen los límites establecidos en las normas y en la combustión y/o manipulación de los insumos utilizados y de los residuos, escorias o cenizas que aparezcan, de acuerdo con el decreto único 1076 de 2015 (o los que lo anulen, complementen, modifiquen y/o adicionen) y con la legislación complementaria sobre tratamiento de residuos sólidos y/o líquidos.

Los tanques de combustible y de asfalto deben estar dispuestos sobre diques que puedan contener, como mínimo, uno coma un (1,1) veces el volumen del tanque. Dichos diques deben contar con un pozo de achique que permita instalar un sistema de bombeo para recuperar el material derramado bien sea para su recuperación o para su disposición final. Así mismo, la planta debe contar con un sistema de extintores y medidas contra incendios acorde con los volúmenes de almacenamiento y tipo de combustibles. Todos los tanques deben contar con hojas de seguridad y rombos de identificación de riesgos según la norma NFPA 704. Los operadores de planta deben contar con las debidas medidas de protección para el riesgo laboral respectivo, acreditar cursos de prevención de incendio, manejo de extintores, manejo de sustancias químicas asociadas a su labor y manejo de emergencias en caso de incendio.

400.3.2.1.5 Dispositivos para toma de muestras

La planta que opere con combustibles sólidos o líquidos, debe contar con un dispositivo que permita muestrear los agregados del tambor secador antes de recibir el producto asfáltico, para verificar que estos no contengan salpicaduras ni contaminaciones por posibles fugas o combustión incompleta del quemador. La producción de la mezcla se debe detener si hay signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre una combustión incompleta o si se observa contaminación en los agregados o en la mezcla, y solo se puede reiniciar cuando el problema quede satisfactoriamente resuelto.

400.3.2.1.6 Tolvas para agregados en frío

Las tolvas para agregados en frío deben tener paredes resistentes y estancas, con bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente y cuya separación sea efectiva para evitar que se mezclen los agregados de tolvas diferentes; el equipo de cargue debe tener acceso directo e independiente a cada una de las tolvas.

El número mínimo de tolvas es función del número de fracciones de agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada, pero, en todo caso, no debe ser inferior a tres (3) para las plantas discontinuas y/o de mezcla por fuera del tambor secador y cuatro (4) para las de tambor secador-mezclador, dos (2) de las cuales se asignan al agregado fino.

Las tolvas deben estar provistas de dispositivos de dosificación a su salida, que puedan ser ajustados y mantenidos en cualquier posición.

Con el fin de evitar discontinuidad en el flujo de salida del agregado fino, debido a su humedad natural, se debe exigir el uso de vibración, o cualquier otro método que se demuestre útil para tal fin.

400.3.2.1.7 Tambor-secador

La planta debe estar dotada de un tambor secador, que permita el secado continuo y eficiente de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla, según el ligante asfáltico utilizado, extrayendo de ellos una proporción de polvo mineral tal, que su dosificación se ajuste a lo establecido en la fórmula de trabajo.

El quemador del secador debe contar con una certificación del fabricante donde se indiquen, además de su capacidad, los parámetros de alimentación requeridos, tanto de aire como de combustible, ya sea este gaseoso, líquido o sólido, para que se cumplan las prestaciones informadas, incluyendo la limpieza de su combustión. La combustión, que debe ser completa, debe impedir la emisión de residuos que contaminen los agregados o la atmósfera.

400.3.2.1.8 Sistemas para el control de emisiones y la recuperación de finos

La planta debe tener, como mínimo, un sistema primario de recuperación de finos secos contenidos en los gases procedentes del secador.

La planta debe estar dotada también, como mínimo, de un sistema secundario de control de emisiones, seco o húmedo, instalado en serie y a continuación del sistema primario de recuperación de finos, que recoja lo que este ha permitido pasar y que sea lo suficientemente eficiente para impedir la emisión a la atmósfera de productos contaminantes y/o de partículas que sobrepasen los límites establecidos en la Resolución del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial número 909 de 2008 (modificada por las Resoluciones números 1309 de 2010, 1377 de 2015 y 2267 de 2018) y en los sitios y condiciones establecidas en las Resoluciones números 2153 de 2010 y 2154 de 2010 del mismo Ministerio (modificada por la Resolución número 2254 de 2017) y/o en las disposiciones legales que anulen, complementen, modifiquen y/o adicionen dichas resoluciones.

400.3.2.1.9 Depósitos de almacenamiento de cemento asfáltico

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico antes de su aplicación se debe realizar en tanques adecuados para tal fin, los cuales deben tener los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, se debe disponer de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del cemento asfáltico deben estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se deben preferir las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se debe realizar siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del cemento asfáltico del carrotanque al tanque de almacenamiento y de este al equipo de empleo, deben estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

400.3.2.1.10 Manejo del cemento asfáltico

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del cemento asfáltico debe poder permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo, de forma que se garantice que no se producen sobrecalentamientos localizados y que no se sobrepasan las temperaturas máximas admisibles de dicho producto. Todas las tuberías, las bombas, los tanques, etc., deben estar provistos de calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento debe ser siempre sumergida. Se deben disponer de termómetros, especialmente en la boca de salida al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación debe estar provisto de dispositivos para tomar muestras y para comprobar la calibración del dosificador.

400.3.2.1.11 Manejo del llenante mineral

La planta debe disponer de sistemas independientes para el almacenamiento y para la dosificación del llenante mineral recuperado y de aporte, los cuales deben estar adecuadamente protegidos contra la humedad.

Así mismo, si se determina que el llenante recuperado por el sistema primario de recuperación sobrepasa el máximo especificado en el artículo correspondiente a la mezcla que se está fabricando, se debe disponer de un sistema que permita el retiro dosificado del sobrante, de manera que dicha operación, además de conseguir su objetivo, no afecte la limpieza de operación de la planta.

400.3.2.1.12 Manejo de aditivos

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación debe poseer un sistema de dosificación de tales aditivos que tenga, como mínimo, la precisión del sistema de dosificación del ligante asfáltico.

400.3.2.1.13 Silo de almacenamiento

Si la planta posee un silo para el almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad debe garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte, así como que en las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes a la fabricación, la mezcla acopiada no haya perdido ninguna de sus características, en especial la homogeneidad del conjunto y las propiedades del ligante. El silo de almacenamiento debe contar con una tolva de compensación u otro elemento de descarga en su parte superior, cuya ubicación y funcionamiento sean correctos, de manera que eviten la segregación de la mezcla que se va a almacenar.

400.3.2.2 Requisitos específicos para las plantas de tipo discontinuo

400.3.2.2.1 Clasificación de agregados en caliente

Las plantas de tipo discontinuo, o plantas de bachada, deben estar dotadas de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres (3) y de tolvas de almacenamiento de estas, cuyas paredes deben ser resistentes y de altura suficiente para evitar que se mezclen los agregados de diferentes tolvas. Las tolvas en caliente deben tener un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; deben tener, también, un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva

sea inferior al que proporcione la cantidad calibrada, y un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas.

400.3.2.2.2 Indicadores de la temperatura de los agregados y del asfalto

La instalación debe estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados secos, situados a la salida del secador o en el sitio en donde ellos se van a mezclar con el asfalto; también, debe tener indicadores de temperatura del ligante asfáltico en el sitio en donde este sale al mezclador.

400.3.2.2.3 Dispositivos de dosificación

La precisión de los dispositivos de dosificación por peso de los agregados en caliente debe ser tal, que no permitan una desviación superior a cero coma cinco por ciento (± 0,5 %). Los dispositivos de dosificación ponderal del llenante y del ligante deben tener una precisión tal que no permitan una desviación superior a cero coma tres por ciento (± 0,3 %).

400.3.2.2.4 Alimentación del ligante bituminoso

El ligante asfáltico se debe distribuir uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deben permitir fugas ni goteos. El sistema dosificador del ligante debe disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo.

400.3.2.3 Requisitos específicos para las plantas de tipo continuo con tambor secador-mezclador

400.3.2.3.1 Dosificación de agregados

El sistema de dosificación de los agregados debe ser ponderal y tener en cuenta su humedad, para corregir la dosificación en función de ella. La rata de alimentación debe ser monitorizada continuamente por la báscula de la banda transportadora u otro dispositivo sincronizado con el mecanismo de alimentación del asfalto.

400.3.2.3.2 Dosificación de asfalto

El dispositivo medidor del asfalto debe controlar adecuadamente la rata de ligante que se incorpora a la mezcla y responder instantáneamente a cualquier variación en la rata de alimentación de los agregados. La difusión del asfalto debe ser homogénea y de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama, ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

400.3.2.3.3 Elaboración de la mezcla

El tambor debe calentar, cubrir y mezclar uniformemente los materiales, evitando su exposición directa a las llamas o cualquier otra fuente puntual de alta temperatura, y evitando cualquier sobrecalentamiento en los agregados, en el cemento asfáltico o en la mezcla, que pueda afectar adversamente las características y el comportamiento de la mezcla elaborada.

Se deben instalar pirómetros tanto a la salida del asfalto, para verificar su temperatura, como en el extremo de descarga del mezclador, para verificar la temperatura de la mezcla. La producción de la planta se debe limitar a la velocidad requerida para obtener una envuelta correcta de los agregados, cumpliendo con los requisitos de temperatura de agregados y del ligante según se haya determinado al establecer la fórmula de trabajo.

400.3.2.4 Requisitos específicos para las plantas de ejes paralelos o mezclador de tambor

Deben tener características geométricas y mecánicas tales que, en un solo proceso, proporcionen un flujo continuo y adecuado que permita una distribución uniforme del ligante asfáltico previamente dosificado. Deben disponer de elementos físico-mecánicos suficientes y adecuados para mezclar los agregados con el ligante bituminoso durante el tiempo y la temperatura adecuados, con el fin de obtener el recubrimiento total de los agregados, libres de cualquier contaminación que afecte su adherencia.

El sistema no debe permitir ninguna fuga furtiva o goteo, ya sea de partículas de agregados o de ligante.

400.3.3 Planta para la fabricación de mezclas asfálticas en frío

Para la fabricación de mezclas asfálticas en frío, se pueden usar plantas de los tipos y características indicados en la Tabla 400 — 3.

Tabla 400 — 3. Tipos de plantas para la fabricación de mezclas asfálticas en frío

Tipo de planta	Requisitos
Planta fija	Numeral 400.3.3.1
Planta móvil	Numeral 400.3.3.2

Las plantas para mezclas en frío, deben ser capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Se permite el empleo de instalaciones de diferente concepción a las descritas en el presente numeral, siempre que cuenten con la aprobación del interventor y previos los ensayos que demuestren la calidad de la mezcla fabricada con ellas.

400.3.3.1 Planta fija

Si se utiliza una planta fija para la fabricación de una mezcla en frío, esta puede ser de tipo continuo o discontinuo y debe disponer del número necesario de tolvas, con sus dosificadores, que le permita manejar, simultáneamente, el número de fracciones de agregados disponibles para obtener la granulometría seleccionada para la elaboración de la mezcla.

Las tolvas para agregados deben tener paredes resistentes, con bocas de anchura suficiente para que la alimentación se pueda realizar correctamente. La separación entre ellas debe evitar que se mezclen los agregados de tolvas diferentes. Además, sus dispositivos de salida deben permitir ajustes exactos para mantenerlos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas debe estar en función del número de fracciones de agregados por emplear.

Las instalaciones de tipo discontinuo deben estar provistas de dispositivos de dosificación por peso, cuya exactitud sea superior a cero coma cinco por ciento (0,5 %). Los dispositivos de dosificación de agua y ligante deben tener una exactitud, como mínimo, de cero coma tres por ciento (0,3 %). El ligante, que debe tener un sistema idóneo de almacenamiento y alimentación, debe ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deben permitir fugas ni goteos.

Si se emplea una instalación de tipo continuo, un sistema de bandas transporta los agregados desde las tolvas hasta el mezclador, que debe ser del tipo de ejes gemelos, donde se incorpora el agua y el ligante bituminoso. Los dosificadores de agua y ligante deben estar sincronizados con los dosificadores de los agregados, de manera que se pueda reproducir la fórmula de trabajo. La planta debe disponer, además, de dispositivos para su calibración a la presión de trabajo, así como para la toma de muestras. En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación debe poseer un sistema de dosificación exacta de estos.

400.3.3.2 Planta móvil

Las plantas móviles o ambulantes deben estar montadas sobre bastidores autopropulsados. Estas plantas deben actuar al mismo tiempo como extendedoras. Deben constar de tolva de recepción de agregados ya mezclados y con la gradación adecuada, depósitos de agua y emulsión y eventuales aditivos, y dispositivos de alimentación de todos los materiales a la mezcladora. Deben disponer, además, de una extendedora que regule el espesor y proporcione el perfil transversal y un buen acabado superficial. Preferiblemente deben contar con sistemas sincronizadores o secuenciadores que garanticen las debidas dosificaciones de materiales.

400.3.4 Equipo para la transferencia de la mezcla (*Shuttle buggy*)

Este equipo, cuyo empleo es de carácter opcional, tiene por finalidad reducir la segregación y transferir la mezcla de las volquetas a la tolva de la máquina pavimentadora, sin que aquellas entren en contacto con esta, ni circulen sobre superficies con riegos de imprimación o liga.

400.3.5 Equipo para la extensión de la mezcla

La extensión de las mezclas asfálticas se debe hacer con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de precompactación, de acuerdo con los anchos y los espesores especificados.

La capacidad de la tolva, así como la potencia de la máquina, deben ser adecuadas para el tipo de trabajo que deba desarrollar. La pavimentadora debe estar equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Debe poseer un equipo de dirección adecuado y tener velocidades para retroceder y avanzar.

La pavimentadora debe tener dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formaletas. Debe ser

ajustable para lograr la sección transversal especificada en los documentos del proyecto.

Si se determina que durante su operación el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables que no sean fácilmente corregibles durante la construcción, el interventor debe exigir su inmediata reparación o cambio.

En el caso de mezclas asfálticas en caliente, la pavimentadora debe estar dotada de un elemento calefactor para la ejecución de la junta longitudinal.

400.3.6 Equipo de compactación

Se deben utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, neumáticos o mixtos. El equipo de compactación por emplear en cada caso debe depender del tipo de capa asfáltica y su espesor, y debe contar con la aprobación del interventor, con base en los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves; además, deben contar con dispositivos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático.

Los compactadores de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, deben ser las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

En lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, se permite el uso de otros equipos de tamaño y diseño adecuados para la labor por realizar.

400.3.7 Equipos de transporte

Todos los vehículos de transporte deben cumplir todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte, a las condiciones técnico-mecánicas, a las de control de emisiones contaminantes de los mismos y a las de señalización luminosa y cintas retrorreflectivas; deben tener al día los certificados de revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes.

400.3.7.1 Carrotanque para transporte de cemento asfáltico

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción a la planta mezcladora, se debe efectuar en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Deben estar dotados, además, de

los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, deben disponer de un elemento adecuado para la toma de muestras.

400.3.7.2 Carrotanque para transporte de emulsión asfáltica

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación se debe realizar a granel, en carrotanques que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Deben estar dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, debe disponer de un elemento adecuado para la toma de muestras.

400.3.7.3 Equipo para el transporte de agregados y mezclas asfálticas

Tanto los agregados como las mezclas asfálticas se deben transportar en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. En el caso de transporte de mezclas asfálticas, la superficie interna del platón debe ser tratada con un producto cuya composición y cantidad deben ser aprobadas por el interventor, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla a esta. La forma y la altura del platón deben ser tales que, durante el vertido en la pavimentadora, la volqueta solo toque a esta a través de los rodillos previstos para ello, en los casos en los que no se emplee el equipo para la transferencia de la mezcla mencionado en el numeral 400.3.4.

400.3.8 Equipos para la extensión de riegos

400.3.8.1 Carrotanque irrigador

Toda aplicación de productos asfálticos en forma de riego se debe realizar por medio de un carrotanque irrigador. Se prohíbe la aplicación de riegos con escoba o empleando recipientes que apliquen el producto por gravedad. Esto es aplicable para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, sellos de arena-asfalto y tratamientos superficiales cubiertos por las presentes especificaciones generales.

El carrotanque irrigador debe cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico para imprimación, a la temperatura apropiada, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deben proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo debe estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque debe aplicar el producto asfáltico a presión y para ello debe disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, debe estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se puede encontrar cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al carrotanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se debe usar una caldera regadora portátil, con

sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

400.3.8.2 Equipo para la extensión del agregado pétreo

Se pueden emplear esparcidoras autopropulsadas o extendedoras mecánicas acopladas a volquetas, que garanticen una adecuada y homogénea distribución del agregado pétreo sobre la superficie.

400.3.8.3 Equipo multidistribuidor de asfalto y agregado

En lugar del carrotanque irrigador y del equipo de extensión del agregado pétreo, descritos en los numerales 400.3.8.1 y 400.3.8.2, se puede emplear un equipo multidistribuidor que permita la aplicación conjugada del ligante asfáltico y el agregado en una sola operación.

400.3.9 Equipo accesorio

Debe estar constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica, siempre que su uso esté autorizado por las autoridades ambientales. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la mezcla, termómetros y cámara termográfica para controlar temperaturas, etc.

400.4 Ejecución de los trabajos

400.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

400.4.2 Fórmulas de trabajo para mezclas asfálticas, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas

Antes de iniciar el acopio de los agregados, el constructor debe suministrar, para verificación del interventor, muestras de estos, del producto bituminoso por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el tratamiento o mezcla. Una vez el interventor efectúe las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los componentes, el constructor debe definir una fórmula de trabajo que obligatoriamente debe cumplir las exigencias establecidas en la especificación correspondiente. En dicha fórmula se deben consignar el tipo y las características del ligante asfáltico; la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que ellos deben ser mezclados, junto con el llenante mineral, para obtener la gradación aprobada, así como la granulometría de los agregados combinados.

En el caso de mezclas y lechadas asfálticas se deben indicar, además, el porcentaje de ligante bituminoso en relación con la masa de la mezcla o de los agregados secos, y los porcentajes de aditivos, respecto de la masa del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria. Si la mezcla es en frío y requiere la incorporación de agua, se debe indicar la proporción de esta.

En el caso de mezclas en caliente, también se deben señalar:

- Los tiempos requeridos para la mezcla de agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.

- Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de los agregados y del ligante. En ningún caso, se deben introducir en el mezclador agregados pétreos a una temperatura que sea superior a la del ligante en más de quince grados Celsius (15 °C).
- Las temperaturas de mezcla con cemento asfáltico (máximas y mínimas), las cuales se deben determinar de acuerdo con la curva reológica (viscosidad vs. temperatura) del asfalto.

Cuando se trate del diseño de una mezcla reciclada en caliente, la fórmula debe señalar también:

- Proporciones en que se deben mezclar los agregados pétreos de reciclaje y los agregados pétreos de adición, así como la granulometría resultante de su mezcla, determinada por los tamices correspondientes a la franja granulométrica aprobada.
- Tipo y porcentaje de material bituminoso de adición, en relación con la masa de la mezcla.
- Porcentaje de agente rejuvenecedor, en relación con la masa del material bituminoso de reciclaje, si se requiere.
- Porcentaje de aditivo mejorador de adherencia, en relación con la masa del material bituminoso de adición.
- Las temperaturas máximas y mínimas de calentamiento previo de los agregados pétreos de adición, los agregados pétreos de reciclaje, del material bituminoso de adición y del agente rejuvenecedor. En ningún caso se pueden calentar los agregados pétreos de reciclaje a una temperatura superior a la del material bituminoso de adición.

La mezcla diseñada con la fórmula de trabajo debe ser verificada respecto de su sensibilidad ante la acción del agua.

Para algunas mezclas destinadas a capa de rodadura e intermedias se debe verificar, también, su resistencia al ahuellamiento, con los ensayos y los valores límite indicados en los artículos correspondientes del capítulo 4 de estas especificaciones. Esta verificación también se debe realizar a las mezclas de alto módulo.

Cuando se trate de tratamientos superficiales, el constructor debe informar al interventor las dosificaciones de ligante asfáltico y de agregados pétreos para los distintos riegos, incluyendo la posible incorporación de aditivos.

Si se trata de lechadas asfálticas, tratamientos superficiales y mezclas en frío y en caliente destinadas a capa de rodadura, la respectiva fórmula de trabajo debe asegurar el cumplimiento de las características de macrotextura superficial y resistencia al deslizamiento de la obra terminada, según lo establecido en cada uno de los artículos correspondientes a dichas partidas de trabajo.

La fabricación de las mezclas asfálticas y la puesta en obra de estas, y de los tratamientos superficiales y lechadas asfálticas, no se puede iniciar hasta contar con la aprobación de la correspondiente fórmula de trabajo por parte del interventor. La aprobación definitiva de la fórmula de trabajo por parte del interventor no exime al constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida por la respectiva especificación. La fórmula aprobada solo se puede

modificar durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previa aprobación del interventor.

400.4.3 Fase de experimentación en mezclas nuevas o recicladas, tratamientos y lechadas asfálticas

Antes de iniciar los trabajos, el constructor debe emprender una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitud definidas en acuerdo con el interventor, los métodos definitivos de preparación, transporte, colocación, compactación y eventual curado de la mezcla, lechada o tratamiento, así como las tasas de aplicación en obra, de manera que se cumplan los requisitos de la respectiva especificación. En el caso de la construcción de lechadas asfálticas, el proceso no debe incluir la etapa de compactación.

El interventor debe tomar muestras del tratamiento, lechada o mezcla, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso de que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el constructor debe efectuar inmediatamente las correcciones requeridas en los equipos y sistemas o, si llega a ser necesario, en la fórmula de trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones.

El interventor debe determinar si es aceptable la ejecución de los tramos de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

En el caso de mezclas nuevas o recicladas, se debe establecer, durante la fase de experimentación, correlaciones entre los métodos corrientes de control de la dosificación del ligante y de la densidad en el terreno y otros métodos rápidos de control.

En el caso de tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas en frío, se debe definir en esta fase sus tiempos de rotura y curado, con el fin de que se puedan tomar las previsiones necesarias en el control del tránsito público.

400.4.4 Muestreo y ensayos

El constructor debe tomar todas las muestras que exigen estas especificaciones, para verificar su conformidad con los requisitos impuestos en ellas; así mismo, debe permitir al interventor la toma de todas las muestras que le corresponda.

Siempre que los ensayos den resultados no satisfactorios, el constructor debe ser el responsable de las consecuencias que se deriven de ello, y todas las correcciones o reparaciones a que haya lugar corren a su exclusivo costo.

400.4.5 Transporte de materiales

En aquellos casos en que el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el interventor debe ordenar la construcción de los desvíos necesarios. La construcción de estos desvíos no debe tener pago por separado y su costo debe estar incluido como parte del suministro de materiales en los precios unitarios de los ítems correspondientes.

400.4.6 Desvíos

Los desvíos que sea necesario construir durante la ejecución de las obras deben permitir la circulación de los equipos al servicio de la obra y el tránsito público en forma segura y sin inconvenientes. Si la construcción de desvíos no resulta práctica, el interventor puede autorizar las operaciones constructivas por medias calzadas.

En todos los casos, el constructor está obligado a colocar y mantener el personal y las señales necesarias para guiar el tránsito, de conformidad con lo que establece el Manual de Señalización Vial vigente del Ministerio de Transporte. En caso de que no se cumplan estas condiciones, el interventor debe prohibir la ejecución de trabajos en las zonas afectadas.

400.4.7 Manejo ambiental

Todas las labores referentes a las actividades que son objeto de los artículos del capítulo 4 de estas Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y de los recursos naturales. Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento de la especificación señalada deben acatar lo establecido en las normas ambientales. De esta manera, las actividades que se ejecuten en cumplimiento de la normativa ambiental deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

Estas actividades implican el manejo de ligantes asfálticos, agregados pétreos y los tratamientos o mezclas elaboradas con ellos. En adición a los aspectos generales mencionados en el artículo 106, Aspectos Ambientales, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto particular o la legislación ambiental vigente.

En caso de contradicciones con lo indicado en el presente numeral deben prevalecer, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

400.4.7.1 Ligante

- Sus depósitos se deben localizar en lugares apartados de cursos o láminas de agua.
- Alrededor de los depósitos se deben construir diques de contención para evitar la propagación de derrames accidentales.
- Los residuos de los carrotanques no pueden ser vertidos en la zona de derecho de vía, en estructuras de drenaje o en cauces o láminas de agua.
- En caso de vertimiento accidental del asfalto empleado en la ejecución de algún riego, dicho material debe ser recogido, incluyendo el suelo contaminado, y dispuestos en sitios de vertimiento construidos para tal fin y aprobados ambientalmente.
- Se debe evitar el sobrecalentamiento del producto en las plantas de mezcla en caliente.
- Los obreros que laboren en el transporte y disposición del asfalto deben ser dotados de los equipos apropiados de seguridad industrial.

400.4.7.2 Explotación y procesamiento de agregados pétreos

- No se debe permitir la explotación de fuentes de materiales en áreas de preservación ambiental.
- Se debe preferir la extracción de fuentes explotadas para el abastecimiento de obras anteriores, siempre que la calidad de sus materiales sea adecuada.
- Se debe planear adecuadamente la explotación de la fuente, de manera de minimizar los impactos resultantes del proceso y facilitar la recuperación ambiental al término de la explotación.
- Si los agregados se obtienen de fuentes comerciales, el interventor solo debe aceptar su uso después de que el constructor le haga entrega de una copia auténtica de la respectiva licencia ambiental de operación.
- Antes de iniciar la explotación de las fuentes, el constructor debe presentar al interventor, para su evaluación y eventual aprobación, un plan de explotación.
- No está permitida la quema como forma de desmonte del área por explotar.
- Se debe retirar cuidadosamente la capa vegetal de las zonas de explotación y mantenerla en buenas condiciones, para recuperarlas al término de la explotación.
- Se deben limitar al mínimo el desmonte, la limpieza y el descapote durante la construcción de las instalaciones de trituración y clasificación y la planta asfáltica.
- Si se deben interceptar drenajes naturales, ellos deben ser adecuadamente canalizados.
- La planta de trituración debe estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.
- Siempre que se requiera lavado durante el proceso de producción de agregados, los residuos que genera esta operación deben ser conducidos a piscinas de sedimentación.
- Tanto en las plantas de trituración como en las asfálticas, se debe realizar un seguimiento permanente al componente atmosférico durante su operación.
- El manejo de explosivos debe ser realizado por un experto.
- Los niveles de ruido y polvo causados por los procesos de explotación y procesamiento de los agregados deben ser mantenidos dentro de los límites admitidos por las disposiciones oficiales vigentes.
- Se debe procurar que las instalaciones de trituración y la planta asfáltica queden ubicadas en el mismo lote. Dichas instalaciones no se pueden situar en sitios ecológicamente sensibles, áreas con presencia de especies bióticas protegidas o en peligro de extinción, lugares con nivel freático cercano a la superficie o zonas con riesgo alto de inestabilidad geotécnica. El área debe ser aislada con malla o lonas para reducir la dispersión de materiales.
- El vertimiento de cualquier desperdicio sólido a cauces o láminas de agua es prohibido.
- El horario nocturno de trabajo debe ser limitado para no alterar la tranquilidad de la zona, en particular si las instalaciones están ubicadas cerca de zonas habitadas. Esta exigencia es también válida para la planta asfáltica y los trabajos mismos de construcción en la vía.
- Junto a las instalaciones de trituración se deben construir piscinas de sedimentación para la retención del polvo mineral que se pueda producir en exceso.
- Al concluir la fase de explotación de las fuentes, el constructor debe readecuar los

relieves del área, dejando los taludes con inclinaciones similares a las del entorno y con sus bordes superiores redondeados y realizar la recuperación del sistema de drenaje del lugar.
- Al desocupar las áreas de explotación y procesamiento, el constructor debe retirar todos los vestigios de ocupación del lugar, tales como estructuras, pisos, caminos internos, estacionamientos, escombros, etc. Así mismo, deben descompactar los suelos y restaurar la vegetación y el paisaje.

400.4.7.3 Plantas de mezcla en general

- Ninguna planta de mezcla se puede instalar a menos de doscientos metros (200 m), medidos desde el mezclador, de residencias, clínicas, colegios, y otras construcciones comunitarias.
- Las plantas productoras de mezcla asfáltica deben cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire, y para su funcionamiento en la obra se debe presentar a INVÍAS la correspondiente autorización, expedida por la entidad nacional o regional encargada de otorgar tales permisos.
- Las plantas no se pueden operar sin las licencias requeridas y, durante el desarrollo de los trabajos, se deben mantener en condiciones de operación dentro de lo prescrito en dichas licencias y en estas especificaciones.
- La planta debe contar con un sistema apropiado de control de polución de aire, conforme con los patrones establecidos en la legislación vigente.
- Los sitios de acopio de los agregados fríos deben disponer de cobertura y de protecciones laterales para evitar la generación de emisiones fugitivas durante las operaciones de carga y descarga.
- La banda transportadora de los agregados fríos debe ser protegida contra la acción del viento.
- Se deben implementar procedimientos que permitan que la alimentación al mezclador (mezclas en frío) o al secador (mezclas en caliente) se realice sin emisiones visibles a la atmósfera.
- Se deben mantener limpias las vías internas de acceso a la planta.
- Se deben mantener en buenas condiciones todos los equipos de proceso y de control.
- Las instalaciones deben contar con una señalización adecuada para el tránsito que circule dentro de ellas.

400.4.7.4 Plantas de mezcla en caliente

- Se deben operar con un combustible ambientalmente autorizado.
- Se debe mantener la presión negativa en el tambor secador cuando la planta esté en operación, para evitar emisiones de partículas a la entrada y a la salida de esta.
- En las plantas discontinuas, se debe dotar al sistema de clasificación en caliente y al mezclador, de sistemas de escape hacia los dispositivos de control de polución de aire, para evitar la emisión de vapores y partículas a la atmósfera.
- Los silos de almacenamiento del llenante mineral deben disponer de un sistema propio de filtración en seco.
- Se deben adoptar procedimientos operacionales que eviten la emisión de partículas provenientes de los sistemas de limpieza de los filtros de mangas y de reciclado del polvo mineral.

400.4.7.5 Transporte de agregados y mezclas

- El constructor debe tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y conservación del ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Cuando viajen cargados, los vehículos deben tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida el vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.
- Antes de entrar a vías pavimentadas, se deben limpiar cuidadosamente las llantas de los vehículos. Los materiales resultantes de dicha limpieza no pueden ser arrojados a la zona de derecho de vía, ni a cursos de agua, ni a estructuras de drenaje superficial.

400.4.7.6 Transporte de materiales contaminantes o peligrosos

- Los materiales tales como combustibles, lubricantes, explosivos, asfaltos, aguas servidas no tratadas, desechos y basuras se deben transportar y almacenar adoptando las medidas necesarias para evitar derrames, pérdidas o daños por lluvias, hurtos o incendios.
- El constructor debe tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y conservación del ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

400.4.7.7 Ejecución de riegos

- Se debe vigilar la viscosidad del ligante, para impedir que el riego fluya hacia las cunetas y zonas ajenas a la superficie por tratar.
- Los tratamientos superficiales terminados deben ser barridos adecuadamente para eliminar partículas sueltas, las cuales pueden ser proyectadas peligrosamente por las llantas hacia otros vehículos o hacia las zonas aledañas a la vía.
- Tanto cuando se construyan riegos como capas de mezcla, las operaciones de limpieza inherentes a cada actividad solo se pueden efectuar con escobas o sopladores mecánicos, cuando ello esté permitido por la autoridad ambiental competente.

400.4.7.8 Extensión y compactación de mezclas

- Se deben implementar medidas de seguridad industrial para proteger al personal durante las operaciones de extensión y compactación de mezclas en caliente.
- Se debe implementar un plan de control y manejo del tránsito, si las operaciones se desarrollan con la vía abierta al tránsito público.
- No se permite la disposición de residuos en las zonas aledañas a la superficie pavimentada.

400.4.7.9 Fresado de pavimentos asfálticos

- Se debe implementar un plan para el control y ordenamiento del tránsito automotor durante el desarrollo de los trabajos.

- La superficie fresada debe ser cubierta a la mayor brevedad, para corregir el impacto por generación de ruido.
- Los materiales fresados deben ser transportados hasta vertederos que tengan debida licencia para su funcionamiento, donde deben ser depositados atendiendo las indicaciones de los documentos del proyecto, y las instrucciones del interventor.
- Las operaciones de fresado, cargue y barrido deben contar con un manejo paliativo del polvo para minimizar la presencia de material particulado que cause molestias a las personas y bienes vecinos a la vía. Dicho manejo debe contar, como mínimo, con nebulización de agua y cobertura mediante carpas o plásticos para aquellos puntos donde se adelanten las operaciones de corte, se genere polución en las bandas transportadoras, en los puntos de descarga o en las zonas de barrido.

400.4.7.10 Reciclado de pavimentos asfálticos

- Se debe implementar un plan de control y manejo del tránsito automotor durante el desarrollo de los trabajos de reciclado en el lugar.
- Los materiales que resulten descartados del proceso deben ser conducidos a vertederos apropiados.
- Si en el proceso de reciclado en el lugar se incorporan estabilizantes en polvo, se deben tomar medidas para evitar las molestias que pueda causar su dispersión por la acción del viento.
- Para los reciclados en planta en caliente resultan aplicables los cuidados indicados en el numeral 400.4.7.4.

400.4.7.11 Manejo de desechos

El constructor debe indicar en su oferta el procedimiento completo que desea implementar para eliminar el desperdicio de su sitio. En este documento debe aparecer la lista completa de todos los residuos relacionados con sus sitios y con su clasificación. El constructor debe especificar los canales de eliminación.

Por último, el constructor se debe comprometer a proporcionar, dentro de un período de quince días (15 d) a partir del final de la recolección, un reporte de seguimiento de residuos, desde la recolección hasta el tratamiento final para cada tipo de desecho.

Los gastos correspondientes se incluyen en el conjunto de precios unitarios de la oferta. Además, el constructor debe tomar todas las disposiciones de acuerdo con las reglamentaciones vigentes con respecto al manejo de materiales peligrosos.

400.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

400.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad correspondientes a la partida de trabajo respectiva.
- Verificar el acatamiento de todas las medidas requeridas sobre seguridad y conservación del ambiente.

- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado de la fase de experimentación, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas.
- Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas y de las mezclas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada *in situ*, de extracción de asfalto y granulometría; así como controlar las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación de las mezclas (los requisitos de temperatura son aplicables solo a las mezclas elaboradas en caliente).
- Efectuar ensayos de control de mezcla, tasa de aplicación, extracción de asfalto y granulometría en lechadas asfálticas.
- Ejecutar ensayos para verificar las dosificaciones de agregados y ligante en tratamientos superficiales, así como la granulometría de aquellos.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones del ligante en riegos de liga y curado e imprimaciones.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de las mezclas o lechadas asfálticas, durante el período de ejecución de las obras.
- Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y la resistencia al deslizamiento y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda.

El interventor debe evaluar las fórmulas de trabajo presentadas por el constructor y las debe aprobar cuando corresponda.

La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control se debe adelantar de acuerdo con las siguientes normas de ensayo, INV E-201 para agregados pétreos y llenantes minerales, INV E-701 para materiales bituminosos e INV E-731 para mezclas asfálticas.

El constructor debe rellenar con mezcla asfáltica, de la misma calidad de la extraída, y sin costo adicional para INVÍAS, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y debe compactar el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en la respectiva especificación.

También debe cubrir, sin costo para INVÍAS, las áreas en las que el interventor efectúe verificaciones de la dosificación de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales y lechadas asfálticas.

400.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Tanto las condiciones específicas de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas se indican en los artículos correspondientes a las respectivas partidas de trabajo. Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados deben estar a cargo del interventor (opción 1 del numeral 107.2.2 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos), salvo que el pliego de condiciones del contrato establezca otra cosa (opciones 2 o 3 del citado numeral).

Para los fines de determinar la conformidad con estas especificaciones, un valor calculado u observado se debe redondear a la unidad más cercana en el último dígito de la derecha usado para expresar el límite de la especificación, de acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823.

Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deben ser corregidas por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor hasta su respectiva aprobación, sin costo adicional para INVÍAS.

400.6 Medida

400.6.1 Ejecución de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de todo trabajo ejecutado, aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la especificación respectiva. El área se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los documentos del proyecto. No se debe medir ningún área por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No debe haber lugar a medida, para efecto de pago separado, del riego de curado que se aplique sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, con el fin de brindar impermeabilidad a toda su superficie.

400.6.2 Ejecución de mezclas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla elaborada, suministrada y compactada en obra, aprobada por el interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva.

El volumen se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor especificados en los documentos del proyecto. No se debe medir ningún volumen por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

400.6.3 Ejecución de bacheos con mezcla asfáltica

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de bacheo con mezcla asfáltica ejecutado, aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva.

El volumen se debe determinar multiplicando la superficie en donde el interventor haya autorizado el trabajo, por el espesor compacto promedio en que se haya colocado la mezcla, de acuerdo con la especificación respectiva. No se debe medir ningún volumen por fuera de tales límites.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

400.7 Forma de pago

400.7.1 Aspectos generales

Los siguientes aspectos generales aplican para todos los ítems de pago correspondientes a los diferentes artículos del capítulo 4 y, por tanto, forman parte conjunta con los numerales 400.7.2, 400.7.3 y 400.7.4, el que corresponda en cada caso particular.

En los casos en que el trabajo incluya el empleo de agregados pétreos vírgenes, el precio unitario debe cubrir todos los costos de su adquisición, obtención de todos los permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; la obtención de licencias ambientales, las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos relacionados con la explotación, selección, trituración, eventual lavado, suministro de los materiales pétreos y llenante mineral, desperdicios, cargues, transportes, descargues, clasificación, colocación, mezcla, extensión y compactación de los materiales utilizados, en los casos en que ello corresponda.

También, debe incluir los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el artículo 106 y en la normativa ambiental vigente; así como los costos de la definición de la fórmula de trabajo cuando se requiera; los de la fase de experimentación; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento y manejo de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del interventor.

En relación con los explosivos, el constructor debe considerar dentro del respectivo precio unitario todos los costos que implican su adquisición, transporte, escolta, almacenamiento, vigilancia, manejo y control hasta el sitio e instante de utilización.

Los agregados pétreos de reciclaje que se vayan a reutilizar *in situ* o en caliente que provengan del fresado o de la recuperación de capas de pavimentos de carreteras a cargo de INVÍAS, son de propiedad de este y, por tanto, su suministro para la elaboración de mezclas recicladas no debe ser objeto de pago alguno al constructor.

En todos los casos, el precio unitario debe incluir el barrido y soplado de la superficie existente; la preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por tanto, no debe haber lugar a pago separado por este concepto, a no ser que dicho ítem no haga parte del mismo contrato, caso en el cual el constructor debe considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

400.7.2 Ejecución de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y lechadas asfálticas

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para toda obra ejecutada de acuerdo con la

respectiva especificación y aprobada por el interventor.

En el caso de riegos de liga que se deban colocar sobre una capa cubierta por un riego de curado, el precio unitario del riego de liga debe incluir el costo de todas las operaciones necesarias para la eliminación del riego de curado.

En todos los casos, el precio unitario debe incluir el suministro en el sitio, almacenamiento, desperdicios y aplicación de los materiales bituminosos, modificadores, agua y aditivos mejoradores de adherencia y de control de rotura que se requieran; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser manchados por los riegos de asfalto, así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

En el caso de las lechadas asfálticas, el precio unitario debe incluir la elaboración de la mezcla en el equipo de fabricación y extensión.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Se exceptúa el costo de suministro, almacenamiento, desperdicios y aplicación de materiales bituminosos en las paredes de la excavación y la superficie sobre la que se ha de colocar mezcla asfáltica en operaciones de bacheo, el cual se debe incluir dentro del precio unitario de dicha mezcla.

400.7.3 Ejecución de mezclas en frío y en caliente y bacheos con mezcla asfáltica

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico (m^3), para toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir todos los costos de la elaboración, colocación, nivelación y compactación de las mezclas elaboradas.

En el caso de mezclas en frío, el precio unitario debe incluir, también, los costos de extracción, bombeo, transporte, suministro y aplicación del agua requerida, así como el curado de las mezclas compactadas.

El precio unitario, también, debe incluir el suministro y aplicación del asfalto para la pintura de adherencia en las juntas del pavimento y en las caras verticales, y la superficie sobre la cual se debe colocar mezcla asfáltica durante el relleno de las excavaciones para reparación del pavimento existente (bacheo) y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva, así como los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

En las mezclas asfálticas que se elaboren en caliente, el precio unitario debe incluir, también, los costos por el registro termográfico para establecer las temperaturas de colocación y compactación de las mezclas en obra.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento del producto asfáltico para la mezcla, los cuales se deben pagar de acuerdo con la especificación referente a

dicho producto. En caso de que se requieran aditivos mejoradores de adherencia, su costo debe estar incluido dentro del precio unitario de la mezcla.

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente se deben pagar de acuerdo con el artículo 465, excepto las que queden taxativamente cubiertas por el artículo 460.

400.7.4 Ejecución de reciclado de pavimentos asfálticos

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, por metro cúbico (m^3), por toda obra ejecutada de acuerdo con la respectiva especificación y aprobada por el interventor.

En los casos en que el trabajo requiera la incorporación de agregados pétreos nuevos, el precio unitario debe incluir todos los costos de suministro, de acuerdo con el numeral 400.7.1.

En el caso de reciclado de pavimentos *in situ*, el precio unitario debe incluir todos los costos por concepto de cortar y disgregar las capas asfálticas y granulares. También, debe incluir todos los costos de la extracción, bombeo, transporte, suministro, aplicación y mezcla del agua requerida, según se haya definido en la fórmula de trabajo, o la eventual aireación de la mezcla preparada; así como los del suministro e incorporación de los mejoradores de adherencia y de los controladores de rotura de la emulsión asfáltica; los de la aplicación y mezcla del agente de reciclado y de los demás elementos de aporte, incluyendo el calentamiento del cemento asfáltico en el caso de reciclados del tipo asfalto espumado; la extensión de la mezcla elaborada, su nivelación, compactación y perfilado y el suministro y aplicación de la emulsión y arena requeridas para los riegos de curado y su barrido; el retiro y disposición final de sobretamaños y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del reciclado *in situ* del pavimento.

Se excluyen del precio unitario del reciclado de pavimentos *in situ*, los costos referentes a la demolición parcial y posterior reconstrucción de las estructuras de servicios públicos que requieran este tratamiento, según lo indicado en el numeral 461.4.4 del artículo 461. La ejecución de estos trabajos se debe pagar de acuerdo con la especificación particular respectiva que se elabore para tal fin.

En el caso de reciclado de pavimentos en planta y en caliente, el precio unitario debe incluir los costos de acopio, tratamiento y caracterización de los materiales fresados por reciclar; los de fabricación de la mezcla reciclada en caliente; los de almacenamientos eventuales de la mezcla elaborada y los de su transporte, descarga, extensión, nivelación y compactación en obra, así como los que implique el registro termográfico para dejar constancia de las temperaturas de colocación y compactación de la mezcla.

El precio unitario del reciclado de pavimentos en planta y en caliente debe incluir, también, todos los costos de suministro e incorporación en la mezcla del llenante mineral y de los mejoradores de adherencia que se requieran, de acuerdo con lo que establezca la fórmula de trabajo y los de incorporación del cemento asfáltico nuevo y de los agentes rejuvenecedores de reciclado que sean necesarios para

recuperar las propiedades del asfalto incluido en la mezcla disgregada; así como los correspondientes a cargues, almacenamiento, transportes, descargues, desperdicios, extensión y compactación de la mezcla reciclada; y el suministro y aplicación del asfalto para la pintura de adherencia en las juntas del pavimento y en las caras verticales y la superficie sobre la cual se debe colocar mezcla asfáltica reciclada en caliente durante el relleno de las excavaciones para reparación del pavimento existente (bacheo) y, en general, todo costo relacionado con la correcta y completa ejecución del trabajo especificado en el artículo 462.

Se excluyen del precio unitario del reciclado de pavimentos asfálticos en planta y en caliente todos los costos por concepto de disgregar las capas asfálticas en el espesor indicado en los documentos del proyecto, así como su cargue, transporte y disposición en los sitios de acopio aprobados, los cuales se deben pagar con cargo al artículo 460.

Deben formar parte del precio unitario, tanto de los reciclados *in situ* como en caliente, los costos de la definición de la fórmula de trabajo, los de la fase de experimentación y los de la adecuación paisajística de las fuentes que se hayan explotado para la obtención de los agregados nuevos, de manera de recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el artículo 106 y en la normativa ambiental vigente; también, todos los costos relacionados con la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento y manejo del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que fije el interventor; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; así como los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

En los reciclados con productos bituminosos, se excluye del precio unitario el suministro del cemento asfáltico o la emulsión asfáltica, el cual se debe pagar de acuerdo con lo que establecen los artículos 410 y 411, respectivamente. También, se excluye el costo del suministro de los elementos de aporte (puzolanas) citados en el numeral 461.2.3 del artículo 461 para el reciclado *in situ* y el del rejuvenecedor del asfalto para el reciclado de mezclas en caliente, cuando este se requiera, los cuales se deben pagar de acuerdo con las especificaciones particulares respectivas.

En los reciclados que empleen ligantes hidráulicos, se excluye del precio unitario el suministro del agente de reciclado, el cual se debe pagar de acuerdo con lo que establezca la especificación particular que corresponda.

Las excavaciones requeridas para la reparación del pavimento existente se deben pagar de acuerdo con el artículo 465, salvo lo previsto en el numeral 465.1 de dicho artículo.

400.8. Ítem de pago

No es aplicable a este artículo

400.9 Glosario

A continuación, se listan algunos conceptos que se nombran en los distintos artículos que componen el capítulo 4.

400.9.1 Asfalto residual

Cantidad de asfalto remanente en la superficie después que la emulsión ha roto y curado.

400.9.2 Agregado de protección

Material que se aplica sobre el riego de imprimación o riego de curado, en una capa de pequeño espesor, de manera que brinde protección en caso de estar expuesto al tráfico inmediatamente después de su aplicación.

400.9.3 Arena natural

Material natural como aquel que proviene de depósitos glaciares, depósitos aluviales o material de arrastre, y es incorporada directamente a la mezcla sin ningún tipo de proceso industrial.

400.9.4 Bachada

Cantidad de mezcla asfáltica o de concreto que se prepara durante un ciclo del mezclador en las plantas de tipo discontinuo o por peso.

400.9.5 Bacheo

Reparación menor y localizada de un pavimento asfáltico, consistente en la excavación y remoción de los materiales deteriorados incluyendo capas granulares, y su reemplazo por otros de calidad satisfactoria, debidamente compactada.

400.9.6 Capa

Parte de una obra vial, formada por un material que se asume homogéneo, el cual es colocado y compactado con espesor generalmente uniforme.

400.9.7 Capa asfáltica de nivelación

Capa asfáltica de espesor variable usada para eliminar irregularidades en el contorno de la superficie de una calzada pavimentada.

400.9.8 Capa asfáltica drenante

Capa superficial de pavimento, consistente en una mezcla de agregados de gradación abierta y asfalto modificado, elaborada en planta en caliente, que luego de compactada presenta un elevado volumen de vacíos con aire, lo cual permite el drenaje rápido de aguas lluvias a través de ella.

400.9.9 Capa asfáltica intermedia

Capa de mezcla asfáltica que se coloca entre la capa de base asfáltica y la capa de rodadura asfáltica, cuando el proyecto requiere la construcción de un pavimento con tres capas asfálticas.

400.9.10 Capa de base asfáltica

Capa construida con una mezcla asfáltica, cuyos agregados tienen un tamaño máximo superior al de los agregados usados para la construcción de la capa de rodadura.

400.9.11 Capa de rodadura asfáltica

Capa superior de un pavimento en contacto directo con el tránsito, cuyo tamaño máximo del agregado es inferior al de una base asfáltica.

400.9.12 Emulsión asfáltica

Dispersiones de pequeñas partículas de un cemento asfáltico en una solución de agua y un agente emulsificante. Deben presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del cemento asfáltico en la fase acuosa.

400.9.13 Emulsión asfáltica modificada con polímeros

Producto bituminoso compuesto por cemento asfáltico, agente emulsificante y agua, con adición de polímeros.

400.9.14 Lechada asfáltica

Mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica de rotura lenta, convencional o modificada con polímeros, llenante mineral y, eventualmente, aditivos para el control de rotura o para modificación de la reología.

400.9.15 Mezcla asfáltica

Material utilizado en la construcción de pavimentos, formado por una combinación de agregados pétreos y un producto asfáltico, de tal manera que las partículas queden cubiertas de manera homogénea por este. La mezcla se realiza de forma mecánica, bien sea en una planta fija o en una planta móvil.

400.9.16 Mezcla asfáltica abierta

Mezcla de agregados de gradación discontinua y un producto asfáltico modificado.

400.9.17 Mezcla asfáltica de alto módulo

Mezcla asfáltica de alta capacidad estructural y elevada resistencia a la deformación, que se prepara en caliente con un agregado de fuerte esqueleto mineral y un cemento asfáltico modificado de baja penetración.

400.9.18 Mezcla asfáltica de gradación discontinua

Mezcla asfáltica en la cual hay ausencia de partículas de agregado de determinados tamaños, especialmente de arena gruesa.

400.9.19 Mezcla asfáltica densa

Mezcla de agregados pétreos de gradación continua desde el tamaño máximo hasta el llenante mineral y un producto asfáltico, que se elabora, extiende y compacta en caliente o en frío, para formar una masa con bajo contenido de vacíos con aire, estable y uniforme.

400.9.20 Mezcla asfáltica en caliente

Mezcla de agregados pétreos y un cemento asfáltico, elaborada en caliente en planta, la cual debe ser colocada y compactada cuando aún conserve una temperatura elevada.

400.9.21 Mezcla asfáltica en frío

Mezcla de agregados pétreos y un asfalto líquido o emulsionado, elaborada en una planta fija o directamente en el sitio de la obra y colocada y compactada a temperatura ambiente o cerca de ella.

400.9.22 Parcheo

Reparación o intervención de un área localizada del pavimento que abarca solo las capas asfálticas.

400.9.23 Reciclado

Levantamiento de un pavimento, en espesor parcial o total, reduciendo los materiales recuperados a tamaños apropiados, reprocesándolos con nuevos materiales y colocando la mezcla resultante como capa de base o de rodadura en el mismo o en otro pavimento.

400.9.24 Reciclado en caliente

Proceso mediante el cual se combinan agregados pétreos de reciclaje, material bituminoso de adición y agregados pétreos de adición y, eventualmente un rejuvenecedor, en una planta de elaboración de mezclas asfálticas en caliente, a manera de obtener un producto de la calidad de un concreto asfáltico.

400.9.25 Reciclado *in situ*

Proceso mediante el cual se combinan agregados pétreos de reciclaje, agregados pétreos de adición, asfalto espumado, una emulsión asfáltica apropiada, eventuales agentes de reciclado, cemento Portland, cal u otro producto idóneo, con o sin el aporte de agregados nuevos.

400.9.26 Reciclado en planta

Técnica de reciclado que exige que los agregados pétreos de reciclaje sean transportados a una planta para su reprocesamiento y luego al sitio de puesta en obra, que puede ser o no el mismo de la extracción.

400.9.27 Riego de curado

Aplicación uniforme de un ligante bituminoso sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, con el fin de brindar impermeabilidad a toda su superficie y evitar la evaporación de agua necesaria para un correcto fraguado.

400.9.28 Riego de imprimación

Aplicación uniforme de una emulsión asfáltica o un asfalto líquido sobre una superficie granular terminada (no tratada), previo a la extensión de una capa asfáltica o un tratamiento bituminoso.

400.9.29 Riego de liga

Aplicación uniforme de una ligante asfáltico sobre losas de concreto o sobre una capa bituminosa, previamente a la extensión de otra capa bituminosa, que no sea un tratamiento superficial, un sello de arena-asfalto o una lechada asfáltica, con el fin de proporcionar una adecuada adherencia entre las capas involucradas.

400.9.30 Sello de arena-asfalto

Aplicación de un material bituminoso sobre la superficie de un pavimento existente, seguida por la extensión y compactación de una delgada capa de arena.

400.9.31 Tratamiento superficial

Corresponde a sucesivas aplicaciones de material bituminoso sobre una superficie preparada, seguido por la extensión y compactación de sendas capas de agregado pétreo.

400.9.32 Tiempo de rompimiento en emulsiones asfálticas

Tiempo requerido para que las partículas de agua se separen de la emulsión; generalmente se evidencia un cambio de coloración en el material (marrón a negro).

400.9.33 Tiempo de curado o rompimiento total en emulsiones asfálticas

Tiempo requerido para que el agua involucrada en el proceso de elaboración de la emulsión se evapore completamente.

Suministro de cemento asfáltico

Artículo 410 – 22

410.1 Descripción

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico para la fabricación de mezclas asfálticas que se elaboren de conformidad con lo establecido en los artículos correspondientes de estas especificaciones.

410.2 Materiales

410.2.1 Definición

El cemento asfáltico o asfalto es un material con propiedades cementantes, de color marrón oscuro a negro, soluble en tricloroetileno, compuesto principalmente de hidrocarburos y producto de la eliminación de las fracciones más ligeras del petróleo crudo durante el proceso de refinación.

410.2.2 Designación y especificaciones

La designación del cemento asfáltico se hace por grados de penetración, en décimas de milímetro (0,1 mm). El material por suministrar debe ser de grado de penetración 40 — 50, 60 — 70 u 80 — 100, de acuerdo con las características de la mezcla y del proyecto, que cumpla los requisitos de calidad establecidos la Tabla 410 — 1.

En el caso de mezclas recicladas en caliente o en frío que requieran un cemento asfáltico de diferente penetración, su suministro se debe realizar conforme lo establezca la respectiva especificación particular.

Tabla 410 — 1. Especificaciones del cemento asfáltico

Característica	Norma de ensayo	Grado de penetración					
		40 – 50		60 – 70		80 – 100	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Asfalto original							
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm)	INV E-706	40	50	60	70	80	100
Punto de ablandamiento (°C)	INV E-712	52	58	48	54	45	52
Índice de penetración	INV E-724	- 1,2	+ 0,6	- 1,2	+ 0,6	- 1,2	+ 0,6
Viscosidad a 60 °C (Pa·s) (P)	INV E-716 o INV E-717 o NTC 5117:2017	200 (2 000)	-	150 (1 500)	-	100 (1 000)	-
Viscosidad a 135 °C (Pa·s) (P)		0,5 (5,0)	-	0,4 (4,0)	-	0,3 (3,0)	-

Característica	Norma de ensayo	Grado de penetración					
		40 – 50		60 – 70		80 – 100	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min) (cm)	INV E-702	80	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno (%)	INV E-713	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua (%)	INV E-704	-	0,2	-	0,2	-	0,2
Contenido de parafinas (%)	INV E-718	-	3	-	3	-	3
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland (°C)	INV E-709	240	-	230	-	230	-
Del asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, según la norma de ensayo INV E-720							
Cambio de masa por calentamiento (%)	INV E-720	-	0,8	-	0,8	-	1,0
Penetración retenida a 25 °C, en porcentaje (%) de la penetración del asfalto original	INV E-706	55	-	50	-	46	-
Incremento en el punto de ablandamiento (°C)	INV E-712	-	8	-	9	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60 °C) del asfalto residual y el asfalto original	INV E-716 o INV E-717 o NTC 5117:2017	-	4	-	4	-	4

Nota: se pueden utilizar cementos asfálticos puros diferentes a los citados en este numeral y en cuyo caso deben ser objeto de una especificación particular.

410.2.3 Especificaciones complementarias para el cemento asfáltico

Además de los ensayos básicos mencionados en el numeral anterior, el proveedor del asfalto debe entregar la clasificación del asfalto por el sistema PG (*Performance Grade*), según la norma AASHTO M 320, *Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder*, acompañada de los resultados de los ensayos respectivos que definen esta clasificación.

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto. Si no lo establecen, la clasificación debe ser, como mínimo, PG 64 — 22 para los asfaltos de penetración 40 — 50 y 60 — 70, y PG 58 — 22 para el asfalto de penetración 80 — 100.

410.3 Equipo

En adición a las condiciones generales del numeral 400.3 del artículo 400, se debe tener en cuenta lo siguiente:

410.3.1 Vehículos de transporte

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción se debe efectuar en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros

ubicados en sitios visibles. Estos vehículos deben estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, deben disponer de un elemento adecuado para la toma de muestras.

410.3.2 Depósitos de almacenamiento

Los materiales asfálticos deben ser almacenados en tanques específicamente diseñados para ese propósito, con el fin de minimizar el posible endurecimiento durante el almacenamiento. Ciertos aspectos de diseño se deben considerar para reducir el riesgo de sobrecalentar el asfalto. Los tanques deben estar provistos de sensores de temperatura instalados cerca de los dispositivos de calentamiento y de preferencia removibles para facilitar la limpieza y el mantenimiento de rutina.

Los materiales asfálticos se deben almacenar en depósitos adecuadamente ubicados, con la capacidad suficiente para recibir cada entrega, que reúnan los requisitos necesarios para evitar la contaminación de los productos que contengan, que estén protegidos contra incendios, fugas y pérdida excesiva de volátiles, y que cuenten con los equipos adecuados para calentar el producto cuando se requiera, así como con los elementos necesarios para su carga, descarga y limpieza.

Antes de utilizar los depósitos, estos se deben limpiar cuidadosamente, para eliminar natas o residuos de otros productos, materiales extraños o materiales asfálticos de tipo diferente al que se va a almacenar. Esta operación se debe repetir cada vez que sea necesario, para evitar la contaminación del producto.

Todas las tuberías usadas para trasvasar el cemento asfáltico del carrotanque al tanque de almacenamiento y de este al equipo de empleo, deben estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

Cada depósito de almacenamiento se debe identificar en un lugar visible, su capacidad, el tipo de material asfáltico que contiene y, cuando se trate de muestras en recipientes, el origen del material y la fecha de producción. Así mismo, para cada depósito se debe llevar un registro en el que se indiquen las fechas y los volúmenes de los suministros recibidos, así como las salidas de material.

410.4 Ejecución de los trabajos

410.4.1 Recibo del producto

A la llegada del producto al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación del fabricante del cemento asfáltico, expedida para cada carrotanque o viaje que se reciba, con la siguiente información:

- Tipo de cemento asfáltico, de acuerdo con la denominación descrita en el numeral 410.2.2.
- Fechas de elaboración y despacho.
- Resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 410 — 1.

La certificación del fabricante, entregada como respaldo, no evita la ejecución de ensayos de comprobación por parte del

interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el interventor considere pertinente, se deben comprobar los sistemas de transporte y trasvase, y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material. El interventor puede ordenar la suspensión del uso del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que estime convenientes sobre las características de calidad del cemento asfáltico.

410.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400 y lo establecido en la hoja de seguridad del producto.

410.5 Condiciones para el recibo del producto

410.5.1 Controles generales

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el cumplimiento de la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y el funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento asfáltico.
- Verificar que, durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora, ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Cada vez que el interventor lo estime conveniente, se deben tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 410 — 1 y se deben realizar las respectivas pruebas. Las muestras se deben tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.
- Verificar que no se produzca calentamiento excesivo del cemento asfáltico, antes de su mezcla con los agregados pétreos, que induzca la oxidación prematura del producto e impida que se ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.

410.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Se deben adelantar las siguientes actividades:

- De cada carrotanque o viaje con asfalto que llegue a la planta se deben tomar dos (2) muestras, cada una con al menos un kilogramo (1 kg) (norma INV E-701), en el momento del trasvase del material desde el vehículo de carga al tanque de almacenamiento. Sobre una de las muestras se deben realizar los ensayos de penetración, punto de ablandamiento y viscosidad, y sobre la otra, en el caso de ser necesarios, los ensayos de contraste. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se debe rechazar el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con este. Los laboratorios en donde se realicen los ensayos

necesarios para el control de calidad, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados contengan la aprobación y autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

- Las muestras para contraste se deben guardar en recipientes metálicos cerrados con tapa a temperaturas entre menos doce grados Celsius (- 12 °C) y menos dieciocho grados Celsius (- 18 °C) para mantener su consistencia en estado sólido, y disminuir el deterioro de sus propiedades por efecto del tiempo de almacenamiento y de exposición al ambiente, durante el tiempo que se requiera, hasta la realización de los ensayos de contraste en laboratorio.
- El interventor debe exigir la realización de los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la Tabla 410 — 1 con una frecuencia recomendada, de una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces durante la ejecución de la obra. Para proyectos con duración inferior a un (1) mes, basta con la realización de una (1) sola comprobación. En el desarrollo de estas actividades no se admite tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en la Tabla 410 — 1 o en la especificación particular del proyecto, por tanto, su incumplimiento causa el rechazo del producto.
- El proveedor del asfalto debe entregar la clasificación por el sistema PG (*Performance Grade*), acompañada de los resultados de los ensayos que la definen, con antigüedad no mayor de un (1) mes, según lo establecido en el numeral 410.2.3. No se acepta el empleo de suministros de cemento asfáltico que no estén respaldados por la certificación del fabricante.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico incorporado en las mezclas de acuerdo con los documentos del proyecto o aquellos que el interventor haya aprobado.

El interventor puede verificar en cualquier momento el cumplimiento del cemento asfáltico suministrado, en cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta especificación, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

410.6 Medida

Para pago, el cemento asfáltico se debe medir en aquellas unidades de obra en que el artículo correspondiente a la unidad de la que forme parte indique que su suministro se debe pagar por separado. En este caso, la unidad de medida del cemento asfáltico debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, que se haya incorporado en la mezcla asfáltica debidamente aprobada por el interventor.

Para determinar la cantidad de cemento asfáltico por pagar, se debe calcular la masa de la mezcla aprobada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote, y aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio correspondiente, que resulte de los ensayos de extracción (norma INV E-732) realizados sobre muestras representativas del volumen de mezcla aprobada.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

En el caso de mezclas recicladas, se debe descontar la masa del asfalto incluido dentro del material que se está reciclando.

410.7 Forma de pago

En aquellas unidades de obra en que el artículo indique que el suministro de cemento asfáltico se debe pagar por separado, el pago se debe hacer al precio unitario del contrato, por el cemento asfáltico efectivamente incorporado en la mezcla asfáltica, en su posición final y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir todos los costos de suministro del asfalto en obra, manejo, almacenamiento, calentamiento y transportes entre la planta de producción del asfalto y el sitio de colocación final. Además, debe incluir los costos por concepto de desperdicios, de administración e imprevistos y la utilidad del constructor, y en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

410.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
410.1	Cemento asfáltico de penetración 40 – 50	Kilogramo (kg)
410.2	Cemento asfáltico de penetración 60 – 70	Kilogramo (kg)
410.3	Cemento asfáltico de penetración 80 – 100	Kilogramo (kg)

Suministro de emulsión asfáltica catiónica

Artículo 411 – 22

411.1 Descripción

Esta especificación se refiere al suministro de una emulsión asfáltica catiónica, del tipo y las características de rotura apropiados, en el sitio de colocación de mezclas en frío, densas o abiertas, recicladas o estabilizadas, así como en el sitio de ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación.

411.2 Materiales

411.2.1 Definición

Se definen como emulsiones asfálticas catiónicas a las dispersiones de pequeñas partículas de un cemento asfáltico en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión; deben presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del cemento asfáltico en la fase acuosa.

411.2.2 Designación

Para efectos de la aplicación de este artículo, la denominación del tipo de emulsión asfáltica se compone de un código alfanumérico, formado en su orden por la polaridad dada por el tipo de emulgente, el tipo de rompimiento, un guion, el porcentaje de asfalto residual, y el tipo de estabilidad en caso necesario, del siguiente modo: C, para la polaridad catiónica; RR, RM o RL, para la rotura según sea rápida, media o lenta; guión; 40, 57, 60 o 65, de acuerdo con el porcentaje de asfalto que contenga la emulsión; y, con *h* para una de las emulsiones de rotura lenta, cuando corresponda al caso de alta estabilidad.

En las emulsiones CRR-60, CRR-65 y CRL-57 (Tabla 411 — 1), y de acuerdo con el clima de la región, el cemento asfáltico base para elaborar la emulsión, se establece con asfalto residual duro (ARD) para las zonas climáticas, templadas y cálidas (temperatura media ≥ 15 °C), y asfalto residual blando (ARB) para las zonas con clima frío (temperatura media < 15 °C).

Las emulsiones asfálticas deben cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 411 — 1.

En el caso de mezclas recicladas en frío que requieran una emulsión asfáltica de diferentes características, su suministro se debe realizar conforme lo establezca la respectiva especificación particular.

411.3 Equipo

411.3.1 Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de

colocación, se debe realizar a granel, en carrotanques que no requieran aislamientos térmicos ni calefacción. Deben estar dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, debe disponer de un elemento adecuado para la toma de muestras.

411.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica antes de su uso, se debe realizar en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales se deben encontrar en posiciones diametralmente opuestas. Los tanques deben tener bocas de ventilación, para evitar que trabajen a presión, y deben contar con los aparatos de medida y de seguridad necesarios ubicados en puntos de fácil acceso, para garantizar su correcto funcionamiento. Así mismo, deben disponer de una válvula adecuada para la toma de las muestras. Deben, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión, cuando se almacene por tiempo prolongado.

Antes de utilizar los depósitos, estos deben ser limpiados cuidadosamente, para eliminar natas o residuos de otros productos, materiales extraños o emulsiones de tipo diferente al que se va a almacenar. Esta operación se debe repetir cada vez que sea necesario, para evitar la contaminación del producto.

Cada depósito de almacenamiento se debe identificar, en un lugar visible, donde se indique su capacidad, el tipo de emulsión asfáltica que contiene y, cuando se trate de recipientes, el origen del material y la fecha de producción. Así mismo, para cada depósito se debe llevar un registro en el que se indiquen las fechas y los volúmenes de los suministros recibidos y de las salidas de material.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte de la emulsión asfáltica deben estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se deben preferir las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento siempre se debe realizar por tubería directa.

Tabla 411 — 1. Especificaciones de emulsiones asfálticas catiónicas

Ensayos sobre la emulsión	Norma de ensayo	Tipo de rotura (Nota)											
		Rápida				Media		Lenta					
		CRR-60		CRR-65		CRM-65		CRL-40		CRL-57		CRL-57h	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Destilación: - Contenido de asfalto residual (%) - Contenido de aceite (%)	INV E-762	60 -	- 3	65 -	- 3	65 -	- 12	40 10	- 20	57 -	- -	57 -	- -
Contenido de agua (%)	INV E-761	-	40	-	35	-	35	-	50	-	43	-	43
Viscosidad: - Saybolt-Furol a 25 °C (s) - Saybolt-Furol a 50 °C (s)	INV E-763	20 -	100 -	- 100	- 400	- 50	- 450	- -	50 -	20 -	200 -	20 -	100 -
Estabilidad durante el almacenamiento: - Sedimentación a 24 h (%) - Sedimentación a los 5 días (%)	INV E-764	- -	1 5	- -	1 5	- -	1 5	- -	- 10	- -	1 5	- -	1 5
Tamizado Retenido tamiz de 0,850 mm (nro. 20) (%)	INV E-765	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
Demulsibilidad (%)	INV E-766	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotura en ensayo de mezcla con cemento (%)	INV E-770	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
Carga eléctrica de la partícula	INV E-767	Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva		Positiva	
pH	INV E-768	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	-	5
Índice de rotura	UNE-EN 13075-1	Reportar											

Ensayos sobre la emulsión	Norma de ensayo	Tipo de rotura (Nota)											
		Rápida				Media		Lenta					
		CRR-60		CRR-65		CRM-65		CRL-40		CRL-57		CRL-57h	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento:													
- Con agregado seco	INV E-769	-	-	-	-	Buena		-	-	-	-	-	-
- Con agregado seco y acción del flujo de agua		-	-	-	-	Satisfactoria		-	-	-	-	-	-
- Con agregado húmedo		-	-	-	-	Satisfactoria		-	-	-	-	-	-
- Con agregado húmedo y acción del flujo de agua		-	-	-	-	Satisfactoria		-	-	-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de destilación													
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm)	INV E-706	-	-	-	-	100	250	200	300	-	-	60	100
- Asfalto residual duro (**ARD**)		60	100	60	100	-	-	-	-	60	100	-	-
- Asfalto residual blando (**ARB**)		100	250	100	250	-	-	-	-	100	250	-	-
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min) (cm)	INV E-702	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en tricloroetileno (%)	INV E-713	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-	97,5	-

Nota: el tipo de rotura se establece de acuerdo con lo indicado en las normas de ensayo ASTM D244 e INV E-767.

Todas las tuberías usadas para el trasvase de la emulsión asfáltica, del carrotanque al tanque de almacenamiento y de este al equipo de empleo, deben estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

411.4 Ejecución de los trabajos

411.4.1 Recibo del producto

A la llegada del producto al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor, una certificación del fabricante de la emulsión expedida para cada carrotanque o viaje que se reciba, con la siguiente información:

- Tipo de emulsión asfáltica y velocidad de rotura.
- Fechas de elaboración y despacho.
- Resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 411 — 1 o lo que indique la respectiva especificación particular, en los casos en que se autorice el empleo de una emulsión asfáltica de características diferentes.

La certificación no evita la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el interventor considere pertinente, se deben comprobar los sistemas de transporte, trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material. El interventor puede ordenar la suspensión del uso del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad de la emulsión asfáltica.

El empleo de la emulsión asfáltica en la elaboración de riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas y estabilizaciones, se debe hacer conforme se establece en la especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual forma parte.

411.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400, y lo establecido en la hoja de seguridad del producto.

411.5 Condiciones para el recibo del producto

411.5.1 Controles generales

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar que, en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica, el constructor cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y el funcionamiento de los equipos de transporte y de almacenamiento de la emulsión asfáltica.

- Verificar que, durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora y la seguridad de personas, bienes o animales.
- Tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 411 — 1 y efectuar las respectivas pruebas, cada vez que el interventor lo estime conveniente. Las muestras se deben tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.

411.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se deben adelantar las siguientes verificaciones:

- De cada carrotanque con emulsión asfáltica que llegue a la planta se deben tomar dos (2) muestras, de al menos, dos kilogramos (2 kg) (norma INV E-701), en el momento del trasvase del material del carrotanque al tanque de almacenamiento. Sobre una de estas muestras se deben realizar los ensayos de contenido de agua y de penetración del residuo, y la otra, se debe utilizar para los ensayos de contraste, en caso de ser necesario. Los laboratorios en donde se realicen los ensayos de contraste, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados contengan la aprobación y autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), mediante alguna de las siguientes alternativas:
  - La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
  - La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
  - Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.
- El interventor debe exigir al constructor la realización de los ensayos necesarios para comprobar las características especificadas en la Tabla 411 — 1, con una frecuencia recomendada, de una (1) vez cada mes y como mínimo de tres (3) veces durante la ejecución de la obra. Para proyectos con duración inferior a un (1) mes, basta con la realización de una (1) sola comprobación.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de emulsión asfáltica incorporada en riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas, reciclados y estabilizaciones.

En desarrollo de las dos primeras actividades, no se debe admitir ninguna tolerancia en relación con los límites que se establecen en la

Tabla 411 — 1 o en la especificación particular del proyecto, y en cuanto a la tercera, se debe aplicar lo que recomiende la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

Si la emulsión asfáltica se almacena durante un plazo superior a quince días (15 d) antes de su empleo, se deben realizar, como mínimo, sobre dos (2) muestras, una tomada en la parte superior y otra de la inferior del tanque de almacenamiento, el ensayo de tamizado, según la norma INV E-765 y el ensayo de contenido de ligante, de acuerdo con la norma INV E-762. Si no se cumple con lo establecido para estas características, se debe proceder a su homogeneización y la realización de nuevos ensayos, o a su retirada. Este plazo de quince días (15 d), se debe reducir a cinco días (5 d) para el caso de emulsiones de rotura lenta.

411.6 Medida

La unidad de medida de la emulsión asfáltica debe ser el litro (L), aproximado al litro entero, de emulsión incorporada en las mezclas y estabilizaciones aprobadas por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida para cada uno de los ítems, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Dado que al aplicar la emulsión en obra se pierde el agua que contiene, la determinación de la cantidad de emulsión realmente utilizada, se cuantifica a partir de la masa de la mezcla o estabilización aceptada en su posición final, la cual se obtiene multiplicando el volumen aprobado por la densidad media obtenida en obra en cada lote. A la masa así determinada, se le aplica el porcentaje promedio de asfalto, que resulte de los ensayos de extracción realizados sobre muestras representativas de la mezcla aceptada.

En el caso de mezclas recicladas, se debe descontar la masa del asfalto ya incluido dentro del material que se está reciclando. Como este valor corresponde únicamente a asfalto residual, su conversión a emulsión asfáltica se debe realizar de acuerdo con la concentración de esta. Por último, la conversión de masa de emulsión a volumen se debe realizar considerando la densidad de un kilogramo por litro (1 kg/L). Para efectos de pago, se debe considerar siempre una emulsión asfáltica con una concentración de sesenta por ciento (60 %); por lo tanto, si la emulsión suministrada y utilizada tiene una concentración diferente, se debe hacer la conversión correspondiente mediante la expresión:

$$\begin{pmatrix}\text{Volumen}\\ \text{para pago}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{Volumen}\\ \text{aplicado}\end{pmatrix} * \frac{C}{60\ \%} \quad [411.1]$$

Donde:

C, concentración de la emulsión empleada, en porcentaje.

Para efectos de pago separado, en riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales simples y dobles, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación, no debe haber medida de la emulsión asfáltica utilizada.

411.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, por la emulsión asfáltica efectivamente

incorporada en las mezclas o estabilizaciones en su posición final, aprobadas por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de suministro de la emulsión en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación de la emulsión y el sitio de colocación final. Además, debe incluir los costos por concepto de desperdicios, de administración e imprevistos y la utilidad del constructor, y en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

No debe haber ningún pago separado por concepto de la emulsión asfáltica, cuando sea incorporada en riegos de imprimación (artículo 420), riegos de liga (artículo 421), tratamientos superficiales (artículo 430), sellos de arena-asfalto (artículo 432), lechadas asfálticas (artículo 433), mezclas asfálticas en frío (densas o abiertas) (artículo 440), reciclado de pavimentos asfálticos *in situ* empleando ligantes bituminosos (artículo 461) e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación (artículo 464).

Tampoco debe haber pago separado por concepto de la emulsión asfáltica incorporada en riegos de curado, a los cuales hace referencia el artículo 422. Todos los costos relacionados con su suministro y correcta aplicación se deben incluir en el precio unitario de la capa sobre la cual haya sido aplicada.

411.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
411.1	Emulsión asfáltica de rotura media CRM-65	Litro (L)
411.2	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-40	Litro (L)
411.3	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-57	Litro (L)
411.4	Emulsión asfáltica de rotura lenta CRL-57h	Litro (L)
411.5	Emulsión asfáltica de rotura rápida CRR-60	Litro (L)
411.6	Emulsión asfáltica de rotura rápida CRR-65	Litro (L)

Suministro de aditivo mejorador de adherencia

Artículo 412 – 22

412.1 Descripción

Esta especificación se refiere al suministro de un aditivo mejorador de adherencia para la fabricación de tratamientos y mezclas asfálticas, que se elaboren de conformidad con lo establecido en los artículos correspondientes de estas especificaciones.

412.2 Materiales

La adherencia entre los productos bituminosos y los agregados pétreos se puede mejorar mediante el empleo de:

- Cal tipo I (AASHTO M 303-89 [2019]).
- Compuestos del tipo amina, organosilanos y ésteres de fosfato.
- Cenizas (AASHTO M 295-19).
- Otros productos de calidad certificada.

El mejorador de adherencia seleccionado previamente en los documentos del proyecto o aprobado por el interventor, debe garantizar el grado de afinidad requerido entre el par asfalto-agregado, según el tipo de mezcla asfáltica a utilizar. En el caso de mejoradores de adherencia líquidos, deben ser homogéneos y no presentar separación de fases.

Los aditivos mejoradores de adherencia entre el par, cemento asfáltico-agregado pétreo, se deben usar cuando en el ensayo de adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos, norma INV E-774, señale un resultado inferior a seis (6) para el desprendimiento total de acuerdo con el Índice de adhesividad Riedel-Weber.

La efectividad, la compatibilidad y el alto rendimiento del aditivo entre el par cemento asfáltico-agregado, en cada uno de los diseños de mezcla, se establece según el ensayo de evaluación de la susceptibilidad al agua de las mezclas de concreto asfáltico utilizando la prueba de tracción indirecta, norma INV E-725; la resistencia retenida y obtenida a partir de esta prueba debe ser como mínimo del ochenta por ciento (80 %).

En caso de que el producto utilizado sea cal, debe cumplir los requisitos indicados en la Tabla 412 — 1.

Tabla 412 — 1. Especificaciones para la cal

Requisito	Norma de ensayo	Masa (%)
Cal activa [% Ca $(OH)_2$ + % CaO], mínimo (% en masa)	ASTM C25/NTC 5059	83
Óxido de calcio (cal deshidrata), máximo (% en masa de CaO)		7
Contenido de agua, máximo (% en masa de H_2O)		3

El producto para utilizarse como mejorador de adherencia entre el par, cemento asfáltico-agregado, debe estar debidamente justificado mediante ensayos de laboratorio, y respaldado por los certificados de calidad, la ficha técnica del fabricante, la hoja de seguridad (según la NTC 4435 u otra que la sustituya), las condiciones de almacenamiento, la dosificación, la forma de uso, y las fechas de la elaboración y del vencimiento.

412.3 Equipo

En adición a lo que resulte pertinente del numeral 400.3 del artículo 400, aplica lo siguiente:

412.3.1 Empaque

Para su traslado al sitio de las obras, el aditivo se puede empacar en bolsas, canecas o a granel. Las bolsas solo se pueden emplear cuando el aditivo sea sólido.

412.3.2 Vehículos de transporte

Si el suministro se hace en bolsas o canecas, el transporte se puede efectuar en cualquier camión convencional. El vehículo debe disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte.

Si el suministro se realiza a granel, se deben emplear camiones cisterna dotados de dispositivos mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

412.3.3 Depósitos de almacenamiento

El depósito de los aditivos suministrados en bolsas o canecas debe ser ventilado y cubierto, y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

Los silos de almacenamiento de aditivos suministrados a granel deben estar completamente aislados contra la humedad y deben disponer de sistemas apropiados para su rápido llenado y vaciado.

412.4 Ejecución de los trabajos

412.4.1 Aspectos generales

La incorporación del aditivo mejorador de adherencia en los tratamientos y las mezclas, se debe hacer en la proporción definida en el diseño de estos, siguiendo el procedimiento establecido en la ficha técnica suministrada por el fabricante.

412.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400 y lo establecido en la hoja de seguridad del producto.

412.5 Condiciones para el recibo del producto

412.5.1 Controles generales

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del aditivo mejorador de adherencia, el constructor cumpla la legislación vigente

en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Llevar un registro detallado del período de almacenamiento de cada lote de aditivo, impidiendo el empleo de cualquier aditivo con posterioridad a su fecha de vencimiento.
- Verificar que durante el manejo del aditivo no se efectúen operaciones que puedan afectar su calidad.
- Comprobar la correcta incorporación del aditivo en el tratamiento o la mezcla.
- Cada vez que el interventor lo estime conveniente, se deben tomar muestras del producto para la ejecución eventual de pruebas de control, las cuales se deben realizar de acuerdo con los procedimientos previstos por el fabricante.

412.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Se debe comprobar que, con la cantidad de aditivo efectivamente incorporada en el tratamiento o la mezcla, se satisfacen los requisitos de adhesividad exigidos en los artículos correspondientes; no se admite ninguna tolerancia en relación con la cantidad de aditivo por incorporar.

412.6 Medida

No debe haber lugar a medida, para efectos de pago separado, del aditivo mejorador de adherencia que se deba incorporar en los tratamientos o las mezclas que lo requieran, para garantizar el cumplimiento de las exigencias de adhesividad de la respectiva especificación.

412.7 Forma de pago

No debe haber pago separado por el aditivo mejorador de adherencia. Por lo tanto, todos los costos de suministro, patente, manejo, almacenamiento, desperdicios, cargues, transportes, descargues, incorporación y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de los trabajos, se deben incluir dentro del precio unitario del tratamiento o mezcla respectivo.

Suministro de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado

Artículo 413 – 22

413.1 Descripción

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado (GCR) en el sitio de producción de las mezclas asfálticas que se elaboren con dicho producto, de conformidad con lo establecido en los artículos correspondientes de estas especificaciones. El grano de caucho debe mezclarse e interactuar suficientemente con el asfalto caliente para que genere la expansión de las partículas de caucho antes de su uso.

El cemento asfáltico modificado con GCR se debe usar únicamente en aquellas mezclas asfálticas en las cuales los documentos del proyecto especifiquen su uso.

413.2 Materiales

413.2.1 Cemento asfáltico

Debe cumplir las características establecidas en el artículo 410, Suministro de cemento asfáltico. El tipo de asfalto por emplear se debe indicar en los documentos del proyecto y debe permitir la obtención de las propiedades de cemento asfáltico modificado con GCR que se indican en la Tabla 413 — 3.

413.2.2 Grano de caucho reciclado (GCR)

El GCR debe presentar las características que se mencionan en la Tabla 413 — 1.

Tabla 413 — 1. Características del GCR

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Humedad (Nota 1), respecto la masa total, máximo (%)	ASTM D1864/D1864M	0,75
Gravedad específica	ASTM D1817	1,15 ± 0,05
Contenido de metales no ferrosos	-	Sin presencia visible
Contenido de fibra en masa, máximo (%): - Para mezclas en caliente (%) - Para riegos (%)	ASTM 5603	 0,5 0,1
Contenido de polvo mineral (como talco [Nota 2]), máximo (%)	-	4,0
Contenido total de otros elementos extraños (arena, vidrio, madera, etc.), en masa, máximo (%)	-	0,25

Nota 1: el GCR debe fluir libremente.
Nota 2: se usa frecuentemente para que los granos no se peguen.

La granulometría del GCR se debe acomodar a alguna de las gradaciones presentadas en la Tabla 413 — 2. La gradación que sea empleada debe estar definida en los documentos del proyecto.

Tabla 413 — 2. Distribución de tamaños del GCR

Tamiz		Granulometrías				
		Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E
Abertura (mm)	Designación	Pasa tamiz (%)				
2,380	Nro. 8	-	-	-	100	-
2,000	Nro. 10	100	-	-	95 — 100	100
1,180	Nro. 16	75 — 100	-	-	0 — 10	65 — 100
0,850	Nro. 20	59 — 90	100	-	-	-
0,600	Nro. 30	25 — 60	75 — 100	100	-	20 — 100
0,425	Nro. 40	10 — 40	55 — 90	80 — 90	-	-
0,300	Nro. 50	0 — 20	25 — 60	60 — 100	-	0 — 45
0,150	Nro. 100	0 — 10	0 — 30	4 — 70	-	-
0,075	Nro. 200	0 — 5	0 — 10	0 — 20	-	0 — 5
Contenido mínimo de GCR en el asfalto, en masa (%)		17	15	12	15	

Nota 1: las granulometrías D y E pueden ser utilizadas siempre y cuando la mezcla asfalto-caucho cumpla con lo especificado en la Tabla 413-3.

413.2.3 Cemento asfáltico modificado con GCR

El cemento asfáltico modificado con GCR es un ligante hidrocarbonado resultante de la mezcla de cemento asfáltico, GCR y eventualmente, otros aditivos que se requieran para su uso en trabajos de pavimentación.

Los asfaltos modificados con GCR, tipo I, incluyen típicamente un asfalto base más duro y son recomendados generalmente para uso en climas cálidos; los ligantes tipo II comúnmente, incluyen asfaltos un poco más blandos y son recomendados generalmente para uso en climas moderados o templados; los ligantes tipo III, incluyen típicamente asfaltos muy blandos, con empleo de aditivos para ablandamiento para alcanzar las propiedades físicas estipuladas, y son recomendados generalmente para uso en climas fríos (Tabla 413 — 3).

Tabla 413 — 3. Especificaciones para el cemento asfáltico modificado con GCR

Características	Norma de ensayo	Asfalto - caucho			
		Tipo I		Tipo II	Tipo III
Asfalto Base Original					
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm)	INV E-706	Reportar los resultados de estas propiedades del asfalto base conforme al artículo 410			
Punto de ablandamiento (°C)	INV E-712				
Índice de penetración	INV E-724				
Viscosidad a 60 °C (Pa·s)	INV E-716 o INV E-717 o NTC 5117:2017				
Viscosidad a 135 °C (Pa·s)					
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min) (cm)	INV E-702				
Solubilidad en tricloroetileno (%)	INV E-713				
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland (°C)	INV E-709				
Asfalto - Caucho fresco					
Penetración a 25 °C (100 g, 5 s) (0,1 mm)	INV E-706	Mín. Máx.	25 75	25 75	50 100
Penetración a 4 °C (200 g, 60 s) (0,1 mm)	INV E-706	Mín.	10	15	25
Punto de ablandamiento (°C)	INV E-712	Mín.	57	54	52
Viscosidad aparente a 135 °C (Pa·s)	ASTM D7741/D7741M	-	Reportar		
Viscosidad aparente a 175 °C (Pa·s)		Mín. Máx.	1,5 5,0	1,5 5,0	1,5 5,0
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland (°C)	INV E-709	Mín.	230	230	230
Estabilidad al almacenamiento: cambio en el punto de ablandamiento (°C)	INV E-726	-	Reportar		
Incremento en el punto de ablandamiento respecto al asfalto original (°C)	INV E-712	-	Reportar		
Recuperación elástica por torsión a 25 °C (%)	INV E-727	-	Reportar		
Resiliencia a 25 °C (%)	ASTM D5329	Mín.	25	20	10
Asfalto-caucho residual luego del acondicionamiento en película delgada conforme a la norma INV E-721 o ASTM D1754 (3,2 mm, 50 g, 163 °C) (Nota):					
Cambio de masa por calentamiento a 163 °C (%)	INV E-721	-	Reportar		
Penetración a 4 °C (200 g, 60 s) (0,1 mm)	INV E-706	-	Reportar		
Penetración retenida a 4 °C: porcentaje (%) de la penetración original	INV E-706	Mín.	75	75	75
Incremento en el punto de ablandamiento (°C)	INV E-712	-	Reportar		
Índice de envejecimiento: relación entre viscosidades a 135 °C, de los asfaltos residual y original	NTC 5117:2017 o ASTM D7741/D7741M	-	Reportar		

Nota: el método RTFO (norma INV E-720) puede ser empleado para obtener el asfalto-caucho residual para reemplazar al método TFOT (norma INV E-721), sin embargo, se mantiene el método TFOT como referencia para cuando se requiera dirimir los conflictos.

413.2.4 Especificaciones complementarias para el cemento asfáltico modificado con GCR

Además de los ensayos básicos mencionados en la Tabla 413 — 3, el proveedor del cemento asfáltico modificado con GCR debe entregar la clasificación de este ligante y la del asfalto original, por el sistema PG (*Performance Grade*), según la norma AASHTO M 320, *Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder*, acompañada de los resultados de los ensayos respectivos que definen esta clasificación.

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto modificado con GCR. Si no lo establecen, para el asfalto original la clasificación debe ser, como mínimo, PG 64 — 22 para los asfaltos de penetración 60 — 70, y PG 58 — 22 para el asfalto de penetración 80 — 100; para el asfalto modificado con GCR, el rango de temperaturas de la clasificación PG (máxima menos mínima) del asfalto modificado debe mostrar un incremento mínimo de seis grados Celsius (6 °C) con respecto al mismo rango en el asfalto original.

413.3 Equipo

El cemento asfáltico modificado con GCR se debe fabricar en equipos especializados que garanticen la calidad de la mezcla. El constructor debe entregar al interventor la certificación del fabricante sobre la idoneidad del equipo, así como los certificados recientes de la calibración de todos sus dispositivos de medida.

413.4 Ejecución de los trabajos

413.4.1 Diseño del cemento asfáltico modificado con GCR

El constructor debe presentar para aprobación y con suficiente anticipación al inicio de los trabajos, el diseño del cemento asfáltico modificado con GCR. En general, se requiere que el contenido de caucho respecto a la masa total del asfalto modificado con GCR, cumpla con los valores mínimos indicados en la Tabla 413 — 2, para obtener unas propiedades aceptables de la mezcla asfalto-caucho.

El ligante modificado debe cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 413 — 3, para el tipo de asfalto modificado con GCR que se especifique en los documentos del proyecto. El proceso de escogencia del tipo de asfalto debe tener en cuenta las condiciones climáticas del proyecto de la obra vial correspondiente.

413.4.2 Fabricación del cemento asfáltico modificado con GCR

Durante la producción a escala industrial del cemento asfáltico modificado con GCR, el constructor debe combinar los materiales de acuerdo con el diseño del ligante aprobado por el interventor.

413.4.2.1 Mezclado del cemento asfáltico modificado con GCR

El caucho se debe mezclar e integrar al cemento asfáltico base, con tiempos de reacción y temperaturas de mezclado moderadas, para evitar en el asfalto modificado la generación de altos niveles de envejecimiento a corto

plazo. El fabricante del asfalto modificado con GCR puede proponer el uso de un protocolo que garantice la interacción física del asfalto con los componentes de GCR, para producir una mezcla homogénea y estable. Al momento de añadir el grano de caucho, la temperatura del asfalto base debe encontrarse entre ciento ochenta grados Celsius (180 °C) y doscientos grados Celsius (200 °C), para compensar la reducción de temperatura que ocurre por la adición del GCR. No se deben permitir aglomeraciones de partículas de caucho de tamaño mayor de cinco centímetros (5 cm) dentro de la cámara de mezclado.

Las cantidades de asfalto y caucho deben ser dosificadas de manera precisa, de acuerdo con el diseño del ligante. El constructor debe documentar el proceso de fabricación, incluyendo los resultados de la verificación de la uniformidad de la mezcla.

El constructor debe demostrar que los granos de caucho han sido adecuadamente mezclados de tal manera que se encuentren empapados de asfalto. Son manifestaciones de un mezclado insuficiente la presencia de granos de caucho flotando en la superficie o aglomeraciones de partículas de caucho en la mezcla.

La temperatura del cemento asfáltico modificado con GCR inmediatamente después de su elaboración se debe encontrar entre ciento sesenta grados Celsius (160 °C) y ciento noventa grados Celsius (190 °C). Además, se debe mantener esta temperatura por una hora (1 h) antes de su uso.

413.4.2.2 Manejo del cemento asfáltico modificado con GCR

Después de su elaboración, el cemento asfáltico modificado con GCR se debe agitar entre los períodos de uso, para prevenir el asentamiento de las partículas de caucho. Durante la producción de la mezcla asfáltica, la temperatura del cemento asfáltico modificado se debe mantener entre ciento sesenta grados Celsius (160 °C) y ciento noventa grados Celsius (190 °C). Sin embargo, en ningún caso se debe mantener esta temperatura por un período superior a diez horas (10 h).

Si el cemento asfáltico modificado con GCR no se usa dentro de las diez horas (10 h) siguientes a su fabricación, se debe permitir que se enfríe gradualmente. Antes de su uso, se debe calentar de nuevo a una temperatura entre ciento sesenta grados Celsius (160 °C) y ciento noventa grados Celsius (190 °C); este proceso de enfriamiento y recalentamiento no se permite más de una vez. Adicionalmente, este cemento asfáltico modificado no se puede mantener a temperaturas superiores a ciento veinte grados Celsius (120 °C) por más de cuatro días (4 d).

413.4.2.3 Control del cemento asfáltico modificado con GCR antes de su aplicación

Antes de aplicar el cemento asfáltico modificado con GCR, se debe verificar su viscosidad por medio del viscosímetro rotacional, la cual debe estar dentro de los límites fijados en la Tabla 413 — 3.

413.4.2.4 Recibo del producto

A la llegada del producto al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación del fabricante del cemento asfáltico modificado con GCR, expedida para cada carrotanque o viaje que se reciba, con la siguiente información:

- Tipo de cemento asfáltico.
- Temperatura del cemento asfáltico antes de la adición del grano de caucho.
- Tipo y fuente del grano de caucho.
- Granulometría del grano de caucho.
- Dosificación del grano de caucho.
- Tiempos y fechas en que se añade el grano de caucho y resultados de las pruebas de viscosidad.
- Registro continuo de temperaturas, con fechas y horas, desde el momento en que se calentó el asfalto para la adición del grano de caucho hasta que el lote fue utilizado completamente en la mezcla asfáltica colocada. Se deben registrar datos de tiempos cada vez que la temperatura de este ligante cambia en más de diez grados Celsius (10 °C).
- Resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 413 — 3.
- El interventor debe definir los lotes de características homogéneas, de los que se debe tomar muestras representativas, las cuales deben satisfacer las condiciones establecidas en este artículo.

El empleo del cemento asfáltico modificado con GCR en la elaboración de mezclas asfálticas se debe hacer conforme lo establece el artículo correspondiente a la partida de trabajo de la cual forma parte.

413.4.2.5 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400 y lo establecido en la hoja de seguridad del producto.

413.5 Condiciones para el recibo del producto

413.5.1 Controles generales

Además de los controles del numeral 410.5.1 del artículo 410, se deben adelantar los siguientes:

- Verificar el estado y el funcionamiento de los equipos de fabricación del cemento asfáltico modificado.
- Cada vez que el interventor lo estime conveniente, se deben tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 413 — 3 y se deben efectuar las respectivas pruebas.
- Verificar que el producto se maneja siguiendo las indicaciones sobre temperaturas establecidas en este artículo.

413.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se deben adelantar las siguientes actividades:

- De cada carrotanque o viaje con asfalto modificado con GCR que llegue a la planta, se deben tomar dos (2) muestras, cada una con al menos un kilogramo (1 kg) (norma

INV E-701), en el momento del trasvase del material desde el vehículo de carga al tanque de almacenamiento. Sobre una de las muestras, por cuenta del constructor, se deben realizar los ensayos de penetración, punto de ablandamiento y viscosidad, y sobre la otra, en el caso de ser necesarios, los ensayos de contraste. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechaza el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con él. Los laboratorios en donde se realicen los ensayos de contraste, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados contengan la aprobación y autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

• Las muestras para contraste se deben guardar en recipientes metálicos cerrados con tapa, a temperaturas entre menos doce grados Celsius (- 12 °C) y menos dieciocho grados Celsius (- 18 °C) para mantener su consistencia en estado sólido y disminuir el deterioro de sus propiedades por efecto del tiempo de almacenamiento y de exposición al ambiente, durante el tiempo que se requiera, hasta la realización de los ensayos de contraste en laboratorio.

• Se debe controlar la calidad del cemento asfáltico original con que se elabora el cemento asfáltico modificado con GCR, según las disposiciones del artículo 410.

• El interventor debe exigir al constructor la realización de los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la Tabla 413 — 3 con una frecuencia recomendada de una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces durante la ejecución de la obra. Para proyectos de duración inferior a un (1) mes, basta con la realización de una (1) sola comprobación. De igual manera debe revisar la granulometría del GCR.

• El proveedor del asfalto modificado con GCR debe entregar la clasificación por el sistema PG (*Performance Grade*), para este ligante y el asfalto original, acompañada de los resultados de los ensayos que la definen y establecida para cada despacho o suministro, según lo indicado en el numeral 413.2.4. No se acepta el empleo de suministros de cemento asfáltico que no estén respaldados por esta certificación del fabricante.

- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico modificado con GCR incorporado en las mezclas que el interventor haya aprobado.

No se admite tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en la Tabla 413 — 3 o en la especificación particular del proyecto. Por lo tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.

413.6 Medida

La unidad de medida del cemento asfáltico modificado con GCR debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla asfáltica, debidamente aprobada por el interventor

Para determinar la cantidad de asfalto por pagar, se debe calcular la masa de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

413.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato por el cemento asfáltico modificado con GCR, efectivamente incorporado en la mezcla asfáltica en caliente aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de fabricación e incorporación del cemento asfáltico modificado con GCR, manejo, transporte y almacenamiento. Además, debe cubrir los costos por concepto de patentes, desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

413.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
413.1	Cemento asfáltico modificado con GCR tipo I	Kilogramo (kg)
413.2	Cemento asfáltico modificado con GCR tipo II	Kilogramo (kg)
413.3	Cemento asfáltico modificado con GCR tipo III	Kilogramo (kg)

Suministro de cemento asfáltico modificado con polímeros

Artículo 414 – 22

414.1 Descripción

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico modificado con polímeros para la fabricación de mezclas asfálticas que se elaboren con dicho producto, de conformidad con lo establecido en los artículos correspondientes de estas especificaciones.

414.2 Materiales

414.2.1 Definición

El cemento asfáltico modificado (CAM) con polímeros es un ligante hidrocarbonado resultante de la interacción física y/o química de polímeros con un cemento asfáltico, de los definidos en el artículo 410, Suministro de cemento asfáltico. Se consideran comprendidos dentro de este artículo, los cementos asfálticos modificados con polímeros suministrados a granel y los que se fabriquen en el lugar de empleo, en instalaciones específicas independientes.

Los cementos asfálticos modificados con polímeros deben presentar un aspecto homogéneo y estar prácticamente exentos de agua, de modo que no formen espuma cuando se calienten a la temperatura de empleo.

414.2.2 Designación y especificaciones

La designación del tipo de cemento asfáltico modificado con polímeros se debe realizar mediante la siguiente expresión:

$$P_{inf} / P_{sup} - T° \quad [414.1]$$

Donde:

P_{inf}, límite inferior de penetración del tipo de asfalto (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm).

P_{sup}, límite superior de penetración del tipo de asfalto (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm).

$T°$, punto de ablandamiento mínimo de la categoría (°C).

Las características básicas de los tipos de cementos asfálticos modificados con polímeros están indicadas en la Tabla 414 — 1.

El tipo CAM-1 define a un asfalto modificado de alta consistencia, recomendado para la manufactura de mezclas asfálticas de alto módulo (ver artículo 450, Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto asfáltico)).

El tipo CAM-4 se basa en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con etil-vinil-acetato (EVA), o polietileno de alta o baja densidad (HDPE, LDPE) entre otros, y se emplea en la elaboración de mezclas asfálticas de tipo drenante, en climas cálidos y vías con elevados índices de tránsito.

Los tipos CAM-2, CAM-3, CAM-5 y CAM-6 por lo general se basan en las propiedades de cementos asfálticos convencionales modificados con bloques de estireno-butadieno (SB) o estireno-butadieno-estireno (SBS). Se utilizan en mezclas asfálticas para carpetas delgadas y estructurales de pavimentos, con elevados índices de tránsito y de vehículos pesados, en climas fríos y cálidos. Los tipos CAM-2 y CAM-3 en general se deben aplicar en mezclas drenantes, discontinuas, y densas, semidensas y gruesas, en caliente. El tipo CAM-5 en mezclas discontinuas, y densas, semidensas y gruesas, en caliente y en zonas de altas exigencias; y el tipo CAM-6 se debe utilizar en la elaboración de mezclas antirreflectivas de grietas del tipo arena-asfalto o riegos en caliente para membranas de absorción de esfuerzos.

Tabla 414 — 1. Especificaciones del cemento asfáltico modificado con polímeros (Nota 1)

Característica	Norma de ensayo	Tipos de cementos asfálticos modificados con polímeros (Nota 2)					
		CAM-1	CAM-2	CAM-3	CAM-4	CAM-5	CAM-6
		15/40-65	40/70-58	55/70-58	55/70-58	55/70-65	80/130-60
Asfalto base original							
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm)	INV E-706	Reportar los resultados de estas propiedades del asfalto base conforme al artículo 410					
Punto de ablandamiento (°C)	INV E-712						
Índice de penetración	INV E-724						
Viscosidad a 60 °C, mínima (Pa·s)	INV E-716 o INV E-717 o NTC 5117:2017						
Viscosidad a 135 °C, mínima (Pa·s)							
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min), mínima (cm)	INV E-702						
Solubilidad en Tricloroetileno (%)	INV E-713						
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland, mínimo (°C)	INV E-709						

Característica	Norma de ensayo	Tipos de cementos asfálticos modificados con polímeros (Nota 2)					
		CAM-1	CAM-2	CAM-3	CAM-4	CAM-5	CAM-6
		15/40-65	40/70-58	55/70-58	55/70-58	55/70-65	80/130-60
Asfalto modificado fresco							
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm)	INV E-706	15 — 40	40 — 70	55 — 70	55 — 70	55 — 70	80 — 130
Penetración (4 °C, 200 g, 5 s) (0,1 mm)	INV E-706	Reportar					
Punto de ablandamiento, mínimo (°C)	INV E-712	65	58	58	58	65	60
Ductilidad (5 °C, 5 cm/min), mínima (cm)	INV E-702	Reportar	15	15	Reportar	15	30
Viscosidad aparente a 135 °C (Pa·s)	ASTM D7741M	Reportar					
Viscosidad aparente a 175 °C (Pa·s)		Reportar					
Recuperación elástica por torsión a 25 °C, mínima (%)	INV E-727	15	40	40	15	70	70
Recuperación elástica por tensión a 25 °C, mínima (%)	UNE-EN 13398	Reportar					
Estabilidad al almacenamiento: cambio en el punto de ablandamiento, máximo (°C)	INV E-726	5	5	5	5	5	5
Contenido de agua, máximo (%)	INV E-704	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Punto de inflamación mediante la copa abierta Cleveland, mínimo (°C)	INV E-709	230	230	230	230	230	230
Resiliencia a 25 °C (%)	ASTM D5329	Reportar					
Residuo del ensayo de pérdida por calentamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo INV E-721 o ASTM D1754 (3,2 mm, 50 g, 163 °C) (Nota 3)							
Cambio de masa a 163 °C, máximo (%)	INV E-720	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Viscosidad a 135 °C (Pa·s)	ASTM D7741M	Reportar					

Característica	Norma de ensayo	Tipos de cementos asfálticos modificados con polímeros (Nota 2)					
		CAM-1	CAM-2	CAM-3	CAM-4	CAM-5	CAM-6
		15/40-65	40/70-58	55/70-58	55/70-58	55/70-65	80/130-60
Penetración del residuo, en porcentaje (%) de la penetración original, mínimo	INV E-706	70	50	65	65	65	60
Incremento en el punto de ablandamiento, máximo (°C)	INV E-712	10	10	10	10	10	10
Ductilidad (5 °C, 5 cm/min), mínima (cm)	INV E-702	Reportar	8	8	Reportar	8	15
Índice de envejecimiento: relación entre viscosidades a 135 °C, del asfalto residual y el asfalto original	NTC 5117:2017 o ASTM D7741M	Reportar					

Nota 1: estas especificaciones consideran el cambio en las propiedades y el efecto de envejecimiento a corto plazo, que experimenta el asfalto, en las diferentes etapas requeridas para la producción en fase húmeda del asfalto modificado con polímeros.

Nota 2: se pueden utilizar cementos asfálticos modificados con polímeros, diferentes a los citados en este numeral, siempre que se puedan clasificar según las exigencias respectivas de la Tabla 414 — 1. En caso contrario debe ser objeto de una especificación particular.

Nota 3: el método RTFO (norma INV E-720) puede ser empleado para obtener el asfalto modificado con polímeros residual para reemplazar al método TFOT (norma INV E-721), sin embargo, se mantiene el método TFOT como referencia para cuando se requiera dirimir los conflictos.

414.2.3 Especificaciones complementarias para el cemento asfaltico modificado con polímeros

Además de los ensayos básicos mencionados en la Tabla 414 — 1, el proveedor del cemento asfáltico modificado con polímeros debe entregar la clasificación de este ligante y la del original, por el sistema PG (*Performance Grade*), según la norma AASHTO M 320, *Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder*, acompañada de los resultados de los ensayos respectivos que definen esta clasificación.

Los documentos del proyecto pueden establecer un requisito para la clasificación PG del asfalto modificado con polímeros. Si no lo establecen, para el asfalto original la clasificación debe ser como mínimo, PG 64 — 22 para los asfaltos de penetración 60 — 70, y PG 58 — 22 para el asfalto de penetración 80 – 100; para el asfalto modificado con polímeros, el rango de temperaturas de

la clasificación PG (máxima menos mínima) del asfalto modificado debe mostrar un incremento mínimo de seis grados Celsius (6 °C) con respecto al mismo rango en el asfalto original.

414.3 Equipo

En adición a las condiciones generales del numeral 400.3 del artículo 400, se debe tener en cuenta lo siguiente:

414.3.1 Vehículos de transporte

Cuando no se fabrique en el lugar de empleo, el transporte del cemento asfáltico modificado con polímeros desde la planta de producción a la planta mezcladora se debe efectuar en caliente y a granel, en carrotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles. Los vehículos deben estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido trasvase de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, deben disponer de dispositivos adecuados para la toma de muestras.

414.3.2 Depósitos de almacenamiento

Los materiales asfálticos modificados con polímeros deben ser almacenados en tanques, específicamente diseñados para ese propósito, con el fin de minimizar el posible endurecimiento durante el almacenamiento. Se deben considerar ciertos aspectos de diseño, para reducir el riesgo de sobrecalentar el asfalto. Los tanques deben estar provistos de sensores de temperatura instalados cerca de los dispositivos de calentamiento y de preferencia removibles para facilitar la limpieza y mantenimiento de rutina. Así mismo, los tanques deben disponer de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Los materiales asfálticos modificados con polímeros se deben almacenar en depósitos adecuadamente ubicados, con la capacidad suficiente para recibir cada entrega, que reúnan los requisitos necesarios para evitar la contaminación de los productos que contengan, que estén protegidos contra incendios, fugas y pérdida excesiva de fracciones volátiles y que cuenten con los equipos adecuados para calentar el producto cuando así se requiera, como también con los elementos necesarios para su carga, descarga y limpieza.

Antes de utilizar los depósitos, estos deben ser limpiados cuidadosamente, eliminando natas o residuos de otros productos, materiales extraños o materiales asfálticos de tipo diferente al que se va a almacenar. Esta operación se debe repetir cada vez que sea necesario para evitar la contaminación del producto.

Cada depósito de almacenamiento se debe identificar, indicando en un lugar visible, su capacidad, el tipo de material asfáltico que contiene y, cuando se trate de recipientes, el origen del material y la fecha de producción. Asi mismo, para cada depósito el productor debe llevar un registro en el que se indiquen las fechas y los volúmenes de los suministros recibidos y de las salidas de material, así como documentar los resultados de las pruebas de verificación de la uniformidad para el asfalto contenido en cada tanque de almacenamiento; se requiere que la planta de suministro realice el registro histórico del control de producción y de los despachos de material, para que el interventor apruebe el

suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros.

El tiempo máximo de almacenamiento y la necesidad o no de disponer de sistemas de homogeneización en los carrotanques y en los tanques de almacenamiento, se deben determinar en cada caso particular, de acuerdo con las características del asfalto modificado.

414.4 Ejecución de los trabajos

414.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros, con la siguiente información:

- Tipo de cemento asfáltico modificado, de acuerdo con la denominación descrita en el numeral 414.2.2.
- Fechas de elaboración y despacho.
- Resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 414 — 1.

No se acepta el empleo de suministros de cemento asfáltico modificado con polímeros que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

La certificación no evita la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico modificado con polímeros que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el interventor considere pertinente, se deben comprobar los sistemas de transporte y trasvase, las condiciones de almacenamiento y el asfalto modificado, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el interventor puede ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que este estime convenientes de las características de calidad del cemento asfáltico modificado con polímeros.

Cuando la fabricación del asfalto modificado se lleve a cabo en una instalación anexa a la planta asfáltica, el interventor debe definir los lotes de características homogéneas, de los que se deben tomar muestras representativas para la evaluación por parte del fabricante, según el procedimiento descrito en la norma INV E-701 y las respectivas normas de ensayo, para satisfacer las condiciones establecidas en este artículo.

El empleo del cemento asfáltico modificado en la elaboración de mezclas asfálticas se debe hacer conforme lo establece el artículo correspondiente a la partida de trabajo de la cual forme parte.

414.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400 y lo establecido en la hoja de seguridad del producto.

414.5 Condiciones para el recibo del producto

414.5.1 Controles generales

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar que, en las operaciones de suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros, el constructor cumpla la legislación vigente en relación con los temas ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento asfáltico modificado con polímeros.
- Verificar que, durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora o la seguridad de personas, bienes o animales.
- Tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 414 — 1, cada vez el interventor lo estime conveniente y efectuar las respectivas pruebas. Las muestras se deben tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.
- Verificar que no se produzca calentamiento excesivo del cemento asfáltico modificado con polímeros, antes de su mezcla con los agregados pétreos, que induzca la oxidación prematura del producto o la degradación del polímero, de manera tal que impida su ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.

414.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se deben adelantar las siguientes actividades:

- De cada carrotanque de asfalto modificado con polímeros que llegue a la planta se deben tomar dos (2) muestras, cada una con al menos un kilogramo (1 kg) (norma INV E-701), en el momento del trasvase del material del carrotanque al tanque de almacenamiento. Sobre una de las muestras se deben realizar los ensayos de penetración, punto de ablandamiento y viscosidad, y con la otra, en caso de ser necesario, se deben llevar a cabo los ensayos de contraste. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se debe rechazar el producto y las partidas de trabajo que eventualmente se hubiesen fabricado con este. Los laboratorios en donde se realicen los ensayos de contraste, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados contengan la aprobación y autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados

de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI), mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

- Las muestras de contraste se deben guardar en recipientes metálicos cerrados con tapa a una temperatura aproximada, entre menos doce grados Celsius (- 12 °C) y menos dieciocho grados Celsius (- 18 °C), para mantener su consistencia en estado sólido y disminuir el deterioro de sus propiedades por el tiempo de almacenamiento y de exposición al ambiente, hasta cuando se requiera para la realización de los ensayos de laboratorio.
- El interventor debe exigir la realización de los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la Tabla 414 — 1 con una frecuencia recomendada, de una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces, durante la ejecución de la obra. Para proyectos con duración inferior a un (1) mes, basta con la realización de una (1) sola comprobación. En el desarrollo de estas actividades no se admite tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en la Tabla 414 — 1 o en la especificación particular del proyecto, por tanto, su incumplimiento implica el rechazo del producto.
- El proveedor del asfalto modificado con polímeros debe entregar la clasificación por el sistema PG (*Performance Grade*), para este ligante y el asfalto original, acompañada de los resultados de los ensayos que la definen y realizada para cada despacho o suministro, según lo establecido en el numeral 414.2.3. No se acepta el empleo de suministros de cemento asfáltico modificado que no estén respaldados por la certificación del fabricante.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico modificado con polímeros incorporado en las mezclas que el interventor haya aprobado.

El interventor puede verificar en cualquier momento el cumplimiento del cemento asfáltico modificado con polímeros suministrado, en cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta especificación, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

414.6 Medida

Para pago, el cemento asfáltico modificado con polímeros se debe medir en aquellas unidades de obra en que el artículo correspondiente a la unidad de la que forme parte indique que su suministro se debe pagar por separado. En este caso, la unidad de medida del cemento asfáltico modificado con polímeros debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla asfáltica debidamente aprobada por el interventor.

Para determinar la cantidad de asfalto por pagar, se debe calcular la masa de la mezcla aprobada en su posición final, mediante

el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de asfalto promedio que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas del volumen de mezcla aprobada. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

414.7 Forma de pago

En aquellas unidades de obra en que el artículo indique que el suministro de cemento asfáltico se debe pagar por separado, el pago se debe hacer al precio unitario del contrato, por el cemento asfáltico modificado con polímeros, efectivamente incorporado en la mezcla asfáltica, en su posición final, debidamente aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir todos los costos de suministro en obra del cemento asfáltico modificado con polímeros, manejo, almacenamiento, calentamiento y transportes entre la planta de producción del asfalto y el sitio de colocación final. Además, debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor, así como por concepto de patentes, desperdicios y, en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

414.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
414.1	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo CAM-4	Kilogramo (kg)
414.2	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo CAM-2	Kilogramo (kg)
414.3	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo CAM-3	Kilogramo (kg)
414.4	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo CAM-5	Kilogramo (kg)
414.5	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo CAM-6	Kilogramo (kg)
414.6	Cemento asfáltico modificado con polímeros tipo CAM-1	Kilogramo (kg)

Suministro de emulsión asfáltica catiónica modificada con polímeros

Artículo 415 – 22

415.1 Descripción

Esta especificación se refiere al suministro de una emulsión asfáltica modificada con polímeros, de tipo catiónico y características de rotura apropiadas, en el sitio de ejecución de riegos de liga, tratamientos superficiales, micro-aglomerados, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, reciclados en frío e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación, construidos de acuerdo con lo establecido en la especificación correspondiente al ítem en ejecución y conforme a las exigencias de la presente especificación.

415.2 Materiales

415.2.1 Definición

La emulsión asfáltica catiónica modificada con polímeros es una dispersión de pequeñas partículas de asfalto y de un polímero, en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico, lo cual determina la denominación de la emulsión. Al poner en contacto esta emulsión con el material pétreo, se produce un desequilibrio que ocasiona su rotura, llevando a las partículas del asfalto a adherirse a la superficie del material pétreo. Las emulsiones asfálticas catiónicas se deben fabricar a base de cemento asfáltico modificado de los definidos en el artículo 414, o a base de un cemento asfáltico de los definidos en el artículo 410 más un polímero. Deben presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del cemento asfáltico en la fase acuosa.

415.2.2 Designación

Para efectos de la aplicación de este artículo y de las presentes Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, la denominación del tipo de emulsión asfáltica se compone de la letra C, representativa del emulsificante catiónico utilizado en su fabricación, seguida de las letras RR, RM o RL según sea su tipo de rotura (rápida, media o lenta). A continuación de las letras anteriores debe haber un guion y el número 60, 65 o 57, indicativo del contenido de asfalto residual empleado en la emulsión. La letra *h*, que acompaña la denominación de las emulsiones de rotura lenta, indica que se trata de una emulsión de alta estabilidad. La condición de emulsión modificada se indica, en todos estos tipos de emulsión, con la letra *m* al final de la sigla correspondiente.

Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros deben cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la Tabla 415 — 1.

415.3 Equipo

415.3.1 Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica modificada con polímeros desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación se debe realizar a granel, en carrotanques que no requieran de aislamientos térmicos ni de calefacción. Los vehículos deben estar dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, deben disponer de un elemento adecuado para la toma de muestras.

Las emulsiones bituminosas de rotura lenta, para micro-aglomerados y reciclados en frío, se deben transportar en carrotanques llenos o al menos al noventa por ciento (> 90 %) de su capacidad, preferiblemente a temperatura ambiente y siempre a una temperatura inferior a cincuenta grados Celsius (< 50 °C), para evitar posibles roturas parciales de la emulsión durante el transporte.

415.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica modificada con polímeros antes de su uso se debe realizar en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales se deben encontrar en posiciones diametralmente opuestas. Los tanques deben tener bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y deben contar con los aparatos de medición y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, deben disponer de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Además, los tanques deben estar provistos de elementos que permitan la agitación y la recirculación de la emulsión, cuando esta se deba almacenar por un período de tiempo mayor de cinco días (> 5 d) o de otro método aprobado por el interventor.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte de la emulsión asfáltica modificada con polímeros deben estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques.

Todas las tuberías directas y bombas, preferiblemente rotativas, utilizadas para el trasvase de la emulsión asfáltica, desde el carrotanque de transporte al tanque de almacenamiento y desde este al equipo de aplicación en obra o mezclador, deben estar dispuestas de modo que se puedan limpiar fácil y perfectamente, después de cada aplicación o jornada de trabajo.

Tabla 415 — 1. Especificaciones de emulsiones asfálticas catiónicas modificadas con polímeros

Ensayos sobre la emulsión	Norma de ensayo INV	Tipo de rotura (Nota)				
		Rápida			Media	Lenta
		CRR-60m		CRR-65m	CRM-60m	CRL-57hm
Destilación: - Contenido de asfalto residual (%) - Contenido de disolventes (%)	E-762	Mín. Máx.	60 3	65 3	60 12	57 0
Contenido de agua en volumen (%)	E-761	Máx.	40	35	40	43
Viscocidad: - Saybolt-Furol a 25 °C (s)	E-763	Máx.	-	-	-	100
- Saybolt-Furol a 50 °C (s)		Mín. Máx.	20 100	20 300	20 450	- -
Estabilidad durante el almacenamiento: - Sedimentación a 24 h (%) - Sedimentación a los 5 días (%)	E-764	Máx. Máx.	1 5	1 5	1 5	1 5
Tamizado Retenido tamiz de 0,850 mm (nro. 20) (%)	E-765	Máx.	0,1	0,1	0,1	0,1
Rotura: - Dioctisulfosuccinato sódico (%) - Mezcla con cemento (%)	E-766 E-770	Mín. Máx.	40 -	40 -	- -	- 2
Carga eléctrica de la partícula	E-767	-	Positiva			
pH	E-768	Máx.	5	5	5	5
Cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento: - Con agregado seco - Con agregado seco y acción del agua - Con agregado húmedo - Con agregado húmedo y acción del agua	E -769		- - - -	Buena Satisfactoria Satisfactoria Satisfactoria	- - - -	- - - -
Ensayos sobre el residuo de destilación						
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm)	E-706	Mín. Máx.	60 — 100 100 — 250	60 — 100 100 — 250	100 250	60 100
Punto de ablandamiento (°C)	E-712	Mín.	55 — 45	55 — 45	40	55 — 45
Ductilidad (5 °C, 5 cm/min) (cm)	E-702	Mín.	10	10	10	10
Recuperación elástica por torsión 25 °C (%)	E-727	Mín.	12	12	12	12

Nota: el tipo de rotura se establece de acuerdo con lo indicado en las normas de ensayo ASTM D244 e INV E-767.

415.4 Ejecución de los trabajos

415.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión modificada, con la siguiente información:

- Tipo de emulsión asfáltica y velocidad de rotura.
- Fechas de elaboración y despacho.
- Resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 415 — 1.

No se debe aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica modificada que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Esta certificación no evita la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica modificada que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Con la frecuencia que el interventor considere pertinente, se deben comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material; el interventor puede ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad de la emulsión asfáltica modificada con polímeros.

El empleo de la emulsión asfáltica modificada con polímeros en la elaboración de riegos de liga, tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas abiertas en frío se debe hacer de conformidad con lo establecido en la especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual forma parte.

415.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspecto ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

415.5 Condiciones para el recibo del producto

415.5.1 Controles generales

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar que, en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica modificada con polímeros, el constructor cumpla la legislación vigente, en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y el funcionamiento de los equipos de transporte y de almacenamiento de la emulsión asfáltica modificada con polímeros.
- Verificar que, durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.

De cada carrotanque de emulsión bituminosa que llegue a la obra se deben tomar dos (2)

muestras de, al menos, dos kilogramos (2 kg), en el momento del trasvase del material del carrotanque al tanque de almacenamiento, de acuerdo con la norma INV E-701, para realizar los ensayos que indica la Tabla 415 — 1.

415.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, el interventor debe llevar a cabo las siguientes acciones:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el tipo de emulsión, su contenido de asfalto residual y sobre el residuo de evaporación se debe hacer la determinación de su penetración, punto de ablandamiento y recuperación elástica por torsión.
- Guardar, en todos los casos, una muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, cuando alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales.
- Exigir al constructor la realización de los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la Tabla 415 – 1, con una frecuencia recomendada de una (1) vez cada mes y como mínimo de tres (3) veces durante la ejecución de la obra. Para proyectos con duración inferior a un (1) mes, basta con la realización de una (1) sola comprobación.
- Indicar las medidas a adoptar en el caso en que la emulsión modificada con polímeros no cumpla alguna de las características establecidas en la Tabla 415 — 1.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de emulsión asfáltica modificada con polímeros incorporada en riegos de liga, tratamientos superficiales, lechadas asfálticas y mezclas abiertas en frío.
- Realizar como mínimo sobre dos (2) muestras, si la emulsión bituminosa hubiese estado almacenada durante un lapso superior a quince días (> 15 d) antes de su empleo, una de la parte superior y otra de la inferior del tanque de almacenamiento, el ensayo de tamizado, según la norma INV E-765 y el ensayo de contenido de ligante, de acuerdo con la norma INV E-762. Si no cumple lo establecido para esta característica, se debe proceder a su homogeneización y a la realización de nuevos ensayos, o a su retirada por rechazo si los resultados de estos últimos no resultan satisfactorios. El almacenamiento de quince días (15 d), se debe reducir a cinco días (5 d), cuando se trate de emulsiones con rotura lenta.

415.6 Medida

La unidad de medida de la emulsión asfáltica modificada con polímeros debe ser el litro (L), aproximado al litro entero, de emulsión incorporada en las mezclas ejecutadas, aprobadas por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida para cada uno de los ítems, empleando el método de redondeo indicado por la norma INV E-823.

Debido a que al aplicarse la emulsión en obra se pierde el agua que contiene, la determinación de la cantidad de emulsión realmente utilizada se debe hacer a partir de la masa de la mezcla aceptada en su posición final, la cual se obtiene multiplicando el volumen aprobado por la densidad media obtenida en obra en cada lote. A la masa así determinada,

se le debe aplicar el porcentaje promedio de asfalto que resulte de los ensayos de extracción sobre muestras representativas de la mezcla aceptada.

Como este valor corresponde únicamente a asfalto residual, su conversión a emulsión asfáltica modificada con polímeros se debe realizar de acuerdo con la concentración de esta. Por último, la conversión de masa de emulsión a volumen se debe realizar considerando la densidad de un kilogramo por litro (1 kg/L). Para efectos de pago, se debe considerar siempre una emulsión asfáltica con una concentración del sesenta por ciento (60 %); por lo tanto, si la emulsión suministrada y utilizada tiene una concentración diferente, se debe hacer la conversión correspondiente mediante la siguiente expresión:

$$\begin{pmatrix}\text{Volumen}\\ \text{para pago}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{Volumen}\\ \text{aplicado}\end{pmatrix} * \frac{C}{60\ \%} \quad [415.1]$$

Donde:

C, concentración de la emulsión empleada, en porcentaje.

No debe haber medida, para efectos de pago separado, de la emulsión asfáltica modificada con polímeros utilizada en riegos de liga, tratamientos superficiales simples o dobles, lechadas asfálticas e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación.

415.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, por la emulsión asfáltica modificada con polímeros, efectivamente incorporada en las mezclas en su posición final, aprobadas por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de suministro de la emulsión modificada con polímeros en obra, manejo, almacenamiento y transportes entre la planta de fabricación de la emulsión y el sitio de colocación final. Además, debe cubrir los costos por concepto de administración e imprevistos y la utilidad del constructor, así como de patentes, desperdicios y en general, todo costo necesario para el correcto cumplimiento de esta especificación.

No debe haber ningún pago separado por concepto de la emulsión asfáltica modificada con polímeros cuando sea incorporada en riegos de liga (artículo 421), tratamientos superficiales (artículo 430), sello de arena-asfalto (artículo 432), lechada asfáltica (artículo 433), mezclas asfálticas en frío (densas o abiertas) (artículo 440), reciclado de pavimentos asfálticos *in situ* empleando ligantes bituminosos (artículo 461) e instalación de geotextiles y geomallas para repavimentación (artículo 464).

415.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
415.1	Emulsión asfáltica de rotura media modificada con polímeros, CRM-60m	Litro (L)
415.2	Emulsión asfáltica de rotura rápida modificada con polímeros, CRR-60m	Litro (L)
415.3	Emulsión asfáltica de rotura rápida modificada con polímeros, CRR-65m	Litro (L)
415.4	Emulsión asfáltica de rotura lenta modificada con polímeros, CRL-57hm	Litro (L)

Suministro de asfalto líquido para riegos de imprimación

Artículo 416 – 22

416.1 Descripción

Esta especificación se refiere al suministro en el sitio, del asfalto líquido por utilizar en la elaboración de riegos de imprimación, de acuerdo con lo establecido en el artículo 420.

416.2 Materiales

416.2.1 Definición

El asfalto líquido es un ligante hidrocarbonado resultante de incorporar a un cemento asfáltico, de los definidos en el artículo 410, fracciones líquidas más o menos volátiles procedentes de la destilación del petróleo.

416.2.2 Designación y especificaciones

La designación del asfalto líquido para riegos de imprimación se define con las letras MC, indicativas de curado medio, por la incorporación del queroseno como solvente, seguidas por un número 30 que identifica la viscosidad mínima del producto a sesenta grados Celsius (60 °C), medida en centistokes (cSt). Sus características de calidad deben ser las indicadas en la Tabla 416 — 1.

416.3 Equipo

En adición a lo que resulte pertinente del numeral 400.3 del artículo 400, es aplicable lo siguiente:

416.3.1 Vehículos de transporte

El transporte del asfalto líquido para riegos de imprimación desde la planta de fabricación hasta el sitio de colocación se debe realizar a granel, en carrotanques que no requieran aislamientos térmicos ni calefacción. Los vehículos deben estar dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Así mismo, deben disponer de un elemento adecuado para la toma de muestras.

Tabla 416 — 1. Especificaciones del asfalto líquido para riegos de imprimación

Característica	Unidad	Norma de ensayo INV	MC 30	
			Mín.	Máx.
Punto de inflamación (Copa abierta de Tag.)	°C	E-710	38	-
Viscosidad a 60 °C	cSt (Pa·s)	E-715/E-717	30 (0,03)	60 (0,06)
Viscosidad Saybolt-Furol a 25 °C	s	E-714	75	150

Característica	Unidad	Norma de ensayo INV	MC 30	
			Mín.	Máx.
Destilación: Destilado (porcentaje (%) sobre el volumen total destilado hasta 360 °C): - A 225 °C - A 260 °C - A 316 °C	 % % %	E-723	 - 40 75	 25 70 93
Residuo de destilación a 360 °C (porcentaje (%) en volumen por diferencia)	%	E-723	50	60
Ensayos sobre el residuo de la destilación				
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	0,1 mm	E-706	120	300
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	cm	E-702	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	E-713	99,5	100

416.3.2 Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el asfalto líquido, antes de su aplicación para los riegos de imprimación, se debe realizar en tanques adecuados para tal fin, con bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión, lejos de fuentes de calor e ignición, y deben contar con los aparatos de medición y protección contra incendios, fugas y pérdida excesiva de solventes para garantizar su correcto funcionamiento, situados en puntos de fácil acceso. Así mismo, deben disponer de una válvula adecuada para la toma de muestras.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los carrotanques empleados para el transporte del asfalto líquido deben estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se deben preferir las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el carrotanque al tanque de almacenamiento se debe realizar siempre por tubería directa.

Todas las tuberías usadas para el trasvase del asfalto líquido para imprimación, del carrotanque al tanque de almacenamiento y de este al equipo de empleo, deben estar dispuestas de manera que se puedan limpiar fácilmente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

416.4 Ejecución de los trabajos

416.4.1 Recibo del producto

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del asfalto líquido, con la siguiente información:

- Tipo de asfalto líquido, tipo de solvente y velocidad de curado.
- Fechas de elaboración y despacho.
- Resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, con la lista de verificación que muestre la conformidad con los requisitos establecidos en la Tabla 416 — 1.

No se debe aceptar el empleo de suministros de asfalto líquido que no se encuentren respaldados por la certificación correspondiente dada por el fabricante.

La certificación no implica necesariamente la aceptación del producto, ni evita que el interventor pueda ordenar la verificación de su calidad mediante los ensayos indicados en la Tabla 416 — 1, conforme se indica en el numeral 416.5.2.

Con la frecuencia que el interventor considere pertinente, se deben comprobar los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material. El interventor puede ordenar la suspensión de la utilización del contenido del tanque o carrotanque, mientras se realizan las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del asfalto líquido.

El asfalto líquido para riegos de imprimación solamente puede ser empleado en la ejecución de la partida de trabajo a la cual se refiere el artículo 420.

416.4.2 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, y todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400 y lo establecido en la hoja de seguridad del producto.

416.5 Condiciones para el recibo del producto

416.5.1 Controles generales

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el cumplimiento de la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.
- Verificar el estado y el funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del asfalto líquido para riegos de imprimación.
- Verificar que, durante el vaciado de los carrotanques, no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto, generar incendios o poner en riesgo la integridad de la flora ni la seguridad de personas, bienes o animales.
- Cada vez el interventor lo estime conveniente, se deben tomar muestras para los ensayos que indica la Tabla 416 — 1 y se deben efectuar las respectivas pruebas. Las muestras se deben tomar de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-701.

416.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- En el momento del trasvase del asfalto líquido de cada carrotanque al tanque de almacenamiento, se deben tomar dos (2) muestras representativas, de al menos un litro (1 L) cada una, de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E-701 y sobre una de ellas se deben realizar los ensayos de viscosidad Saybolt-Furol (norma INV E-714), destilación (norma INV E-723) y penetración sobre el residuo de destilación (norma INV E-706), conservando la otra muestra para eventuales ensayos ulteriores de contraste, en caso de

que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios en alguna de las características, se debe rechazar el producto y los riegos que eventualmente se hubiesen fabricado con este.

- El interventor debe exigir la realización de los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la Tabla 416 — 1 con una frecuencia recomendada de una (1) vez cada mes y como mínimo tres (3) veces durante la ejecución de la obra. Para proyectos con duración inferior a un (1) mes, basta la realización de una (1) sola comprobación.

416.6 Medida

No debe haber lugar a medida, para efectos de pago separado, del asfalto líquido destinado a la ejecución de riegos de imprimación.

416.7 Forma de pago

No debe haber pago separado por el asfalto líquido para la ejecución de riegos de imprimación. Por lo tanto, todos los costos que implique el suministro en el sitio, patentes, manejo, almacenamiento, desperdicios, cargues, descargues, aplicación en la obra y cualquier otro costo requerido para la correcta ejecución de la imprimación, deben estar incluidos dentro del precio unitario del ítem correspondiente, en el artículo 420.

Riego de imprimación

Artículo 420 – 22

420.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, el eventual calentamiento y la aplicación uniforme de una emulsión asfáltica o un asfalto líquido sobre una superficie granular (no tratada) terminada, previamente a la extensión de una capa asfáltica o un tratamiento bituminoso, con el propósito de impermeabilizar, cubrir, ligar las partículas sueltas y proveer adhesión entre la capa existente y la capa asfáltica siguiente. El riego también se puede aplicar a bermas construidas en material granular y a sus taludes.

Eventualmente, el trabajo incluye también, el suministro y la aplicación de un agregado fino sobre la imprimación para absorber eventuales excesos del material de imprimación o para la protección de la superficie imprimada, cuando se requiera.

420.2 Materiales

420.2.1 Material bituminoso

Los documentos del proyecto deben indicar el tipo de material bituminoso, de los presentados en la Tabla 420 — 1, que debe ser utilizado para el riego de imprimación.

Tabla 420 — 1. Materiales bituminosos para el riego de imprimación

Tipo de material	Denominación	Requisitos
Emulsión asfáltica	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-40	Artículo 411
	Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-57	
Asfalto líquido	Asfalto líquido MC 30	Artículo 416

Cuando se emplee emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta tipo CRL-57, esta se debe diluir en agua, hasta que tenga una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40 %).

420.2.2 Agregado de protección

El agregado de protección de la superficie imprimada se define como aquel material que se aplica sobre el riego de imprimación, en una capa de pequeño espesor, de manera que brinde protección en caso de estar expuesto al tránsito inmediatamente después de su aplicación. Este material debe ser arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas, la cual debe estar exenta de terrones de arcilla u otros materiales objetables. Sus características deben ser las mismas que se exigen a los agregados para el sello de arena-asfalto, según el

artículo 432, exceptuándose los requisitos de durabilidad, angularidad y adhesividad (método de Riedel-Weber).

420.3 Equipo

Además de lo que se indica a continuación, rige lo descrito en el numeral 400.3 del artículo 400.

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, distribuidores mecánicos de agregados.

420.3.1 Equipo de limpieza

El equipo para la limpieza previa de la superficie donde se deba aplicar el riego de imprimación debe estar constituido por una barredora mecánica de tipo rotatorio y/o una sopladora mecánica, autopropulsadas o arrastradas por tractor, equipos que se utilizan siempre que las autoridades ambientales autoricen su empleo. Como equipo adicional, se puede utilizar compresores y escobas y demás implementos que el interventor autorice y que cumplan las disposiciones ambientales vigentes, especialmente en lo que refiere al manejo del material particulado, y protección del personal y la comunidad.

420.3.2 Equipo de irrigación

El carrotanque irrigador debe aplicar el producto asfáltico para imprimación de manera uniforme y constante, a la temperatura apropiada, sin que lo afecte la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deben proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo debe estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque debe aplicar el producto asfáltico a presión y para ello debe disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También debe estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no se pueda encontrar cerca de un elemento calentador, y debe estar calibrado. Previo al inicio de las labores, el interventor debe verificar la calibración del equipo o requerir que el constructor presente la documentación que certifique dicha calibración, en cuyo caso la misma no puede ser superior a un año.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se debe usar una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque, con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo, se debe permitir el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

420.3.3 Equipo de distribución de agregado

Para la aplicación del agregado de protección se deben emplear distribuidores mecánicos, acoplados a un camión o autopropulsados, que permitan la aplicación homogénea de la arena. Previa autorización del interventor, el agregado se puede aplicar manualmente en

sitios puntuales o de difícil acceso para el equipo de distribución mecánica.

420.4 Ejecución de los trabajos

420.4.1 Preparación de la superficie existente

Antes de autorizar los trabajos de imprimación, se debe comprobar que la superficie sobre la cual se va a efectuar la aplicación cumpla todos los requisitos especificados, en cuanto a conformación, compactación y acabado de la capa granular a la cual corresponda.

Si la superficie presenta fallas o imperfecciones, tales como ahuellamientos, corrugaciones, segregaciones, agua libre, encharcada u otras, el constructor debe proceder a corregirlas, hasta contar con la aprobación del interventor.

En el momento de la aplicación, la capa granular sobre la cual se va a aplicar la emulsión no debe tener exceso de humedad; la humedad debe ser cercana a la óptima de compactación, e idealmente debe estar dos (2) puntos de porcentaje por debajo de la misma. Para tal fin, la humedad debe ser medida entre los cinco y los quince milímetros (5 mm – 15 mm) superiores de la capa, acorde con los métodos de ensayo aceptados.

La superficie que ha de recibir el riego de imprimación se debe limpiar cuidadosamente de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando el equipo de limpieza aprobado. En lugares inaccesibles a los equipos mecánicos, se permite el uso de escobas manuales.

La limpieza debe dejar a la vista las partículas gruesas sin soltarlas ni aflojarlas.

420.4.2 Determinación de la dosificación del ligante

La dosificación del ligante depende del tipo de producto bituminoso, del sistema de aplicación y de las características superficiales de la capa granular por imprimar.

El constructor debe establecer la dosificación definitiva del ligante, con base en los resultados de las aplicaciones iniciales (tramos de prueba) y debe ser, salvo instrucción en contrario, aquella que sea capaz de absorber la capa que se imprima, en un lapso de veinticuatro horas (24 h), logrando una penetración no inferior a cinco milímetros (5 mm). El procedimiento para determinar la profundidad de penetración debe ser fijado de común acuerdo con el interventor. En climas fríos o húmedos, el lapso para garantizar la penetración indicada puede ser hasta de cuarenta y ocho horas (48 h). En consecuencia, los tiempos finales para garantizar la penetración requerida, deben ser definidos según las condiciones propias del proyecto.

Esta dosificación debe contar con la aprobación del interventor.

Como guía, las cantidades de producto bituminoso por aplicar pueden estar entre los siguientes valores, para una concentración del sesenta por ciento (60 %):

- Aplicación por riego de emulsión o asfalto líquido: 0,85 L/m^2 – 2,25 L/m^2.
- La cantidad de ligante residual no debe ser inferior a quinientos gramos por metro cuadrado (500 g/m^2).

Se aclara que, si bien es cierto, para una CRL-57, se indica una concentración aproximada de cuarenta por ciento (40 %), su dosificación debe garantizar la cantidad mínima de asfalto residual de quinientos gramos por metro cuadrado (500 g/m^2).

420.4.3 Aplicación del ligante bituminoso

La superficie debe ser humedecida mediante un rociado ligero previamente al riego de imprimación, con el fin de retrasar el rompimiento y mejorar la absorción. Este humedecimiento no debe ser excesivo. Los vacíos entre partículas no deben quedar llenos de agua.

La aplicación del ligante se debe hacer de manera suave y uniforme. Se deben evitar los traslapos en las juntas transversales que generan una dosificación excesiva de imprimante, para lo cual se deben colocar tiras de papel u otro material adecuado en las zonas de iniciación o terminación del trabajo, de manera que el riego comience y termine sobre estas.

La temperatura de aplicación debe ser tal, que la viscosidad del producto asfáltico se encuentre entre cinco y veinte segundos Saybolt-Furol (5 sSF – 20 sSF). Se debe especificar el rango de temperaturas correspondientes, según los ensayos de calidad efectuados por el proveedor de la emulsión y suministrados al inicio de las labores.

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se debe verificar la uniformidad del riego, y, de ser necesario, se debe ajustar la altura del carro tanque irrigador, de tal forma que la base del abanico que se forma al salir el material por una boquilla cubra hasta la mitad o las dos terceras partes de la base del abanico contiguo (cubrimiento doble o triple). Si fuere necesario, se deben calentar las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deben limpiar al término de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de material bituminoso, el constructor debe corregir la anormalidad mediante la adición de ligante o agregado de protección, respectivamente, según la indicación del interventor y hasta contar con su aprobación, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, debe existir una pequeña superposición de dicho riego en toda la junta longitudinal.

No se permite transitar sobre la superficie imprimada ni colocar capas de rodadura, base asfáltica o tratamientos, hasta que lo autorice el interventor, quien se debe basar en los tiempos mínimos requeridos para garantizar la penetración, la eliminación de agua y el cumplimiento de la dosificación establecida según el asfalto residual.

El constructor debe proteger adecuadamente los elementos susceptibles de ser manchados por el ligante tales como sardineles, árboles, vallas y similares antes de aplicar el riego.

420.4.4 Determinación de la dosificación del agregado de protección

La dosificación del agregado de protección debe ser la mínima necesaria para absorber los excesos de ligante o para garantizar la protección

de la imprimación, cuando la capa imprimada deba soportar la acción del tránsito automotor. En ningún caso, la cantidad de agregado debe exceder de trece coma seis kilogramos por metro cuadrado (13,6 kg/m^2) o el equivalente a seis litros por metro cuadrado (6 L/m^2). La dosificación definitiva del agregado de protección se debe establecer como resultado de la aplicación de las pruebas iniciales realizadas en la obra.

420.4.5 Extensión del agregado de protección

La extensión eventual del agregado de protección se debe realizar por instrucción del interventor, cuando sea necesario permitir la circulación del tránsito automotor sobre la imprimación o donde se advierta que parte de ella no ha sido absorbida veinticuatro horas (24 h) después de aplicado el ligante.

El agregado se debe extender con el equipo aprobado y, en el momento de la aplicación, su humedad no puede exceder de cuatro por ciento (4 %).

Se debe evitar el contacto de las ruedas del distribuidor del agregado con la imprimación sin cubrir. En caso de extender el agregado sobre una franja imprimada sin que lo hubiera sido la adyacente, se debe dejar sin cubrir una zona de aquella de unos quince a veinte centímetros (15 cm – 20 cm), junto a la zona que se encuentra sin imprimar.

420.4.6 Control del tránsito

Se debe prohibir todo tipo de tránsito sobre la superficie imprimada, mientras no se haya absorbido todo el ligante o, en caso de que se haya extendido el agregado de protección, dentro de las cuatro horas (4 h) siguientes a la aplicación de este. Una vez permitida la circulación, la velocidad de los vehículos no debe exceder de treinta kilómetros por hora (30 km/h).

420.4.7 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la aplicación de riegos de imprimación cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. Tampoco se deben aplicar riegos cuando la velocidad del viento impida que la aplicación de material asfáltico sea uniforme.

La aplicación del riego de imprimación debe estar coordinada con la puesta en obra de la capa superpuesta a este, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión. Cuando el interventor lo estime necesario, se debe aplicar otro riego de imprimación, sin costo adicional para INVÍAS, si la pérdida de efectividad de la imprimación anterior es imputable al constructor.

Los trabajos de aplicación del riego de imprimación se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para

completar el trabajo en el tiempo especificado, por lo cual debe operar únicamente durante las horas de luz solar.

420.4.8 Reparaciones

Todo daño de la superficie imprimada atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del constructor, debe ser reparado por este, sin costo adicional para INVÍAS y hasta ser aprobado por el interventor.

420.4.9 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspecto ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

420.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

420.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

420.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

420.5.2.1 Calidad del producto asfáltico

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión asfáltica o del asfalto líquido, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en los artículos 411 o 416 (Suministro de emulsión asfáltica catiónica y Suministro de asfalto líquido para riegos de imprimación, respectivamente), dependiendo de si el producto asfáltico es una emulsión o un asfalto líquido.

El interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica o asfalto líquido que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Dicha constancia no debe reemplazar, en ningún caso, a la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación final de la entrega.

Se deben efectuar las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del artículo 411 a las muestras representativas de las diversas entregas, si se trata de una emulsión asfáltica o en el numeral 416.5.2 del artículo 416, si es un asfalto líquido. En todos los casos, el interventor debe guardar una muestra para ensayos ulteriores de contraste, por si se presentan dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 411 — 1 del artículo 411, o en la Tabla 416 —1 del artículo 416, según se trate de una emulsión asfáltica o un asfalto líquido, respectivamente.

420.5.2.2 Calidad del agregado de protección

Rige lo indicado en el numeral 432.5.2.2 del artículo 432.

Adicionalmente, el constructor es responsable de solicitar al proveedor los datos de procedencia del material, entre los que se registran, como mínimo: ubicación del lugar de extracción, fuente, roca de origen, certificado de calidad del material que incluyan

ensayos mínimos de limpieza y granulometría, identificación del vehículo que transporta, así como fecha y hora de recepción.

420.5.2.3 Dosificación

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de calzada imprimada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de calzada imprimada.
- La superficie imprimada en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se puede comprobar al verificar el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818. También se puede comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

La dosificación del agregado de protección, cuando su utilización sea ordenada por el interventor, se debe comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas, según la norma de ensayo INV E-819, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (*TML*) y de agregados (*TMA*) por lote, no pueden variar en más de quince por ciento (15 %) de las autorizadas por el interventor (*TEL* y *TEA*).

$$0{,}85\ TEL \leq TML \leq 1{,}15\ TEL \quad [420.1]$$

$$0{,}85\ TEA \leq TMA \leq 1{,}15\ TEA \quad [420.2]$$

El interventor se debe abstener de aceptar lotes imprimados donde la dosificación media de ligante o agregados esté por fuera del rango especificado. Tampoco se debe aceptar un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado.

El interventor debe determinar las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos. El constructor debe ejecutar las medidas correctivas sin costo adicional para INVÍAS.

420.6 Medida

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

420.7 Forma de pago

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

No debe haber pago separado por el suministro y la extensión del agregado de protección.

420.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
420.1	Riego de imprimación con emulsión asfáltica CRL-40	Metro cuadrado (m^2)
420.2	Riego de imprimación con emulsión asfáltica CRL-57	Metro cuadrado (m^2)
420.3	Riego de imprimación con asfalto líquido MC 30	Metro cuadrado (m^2)

Riego de liga

Artículo 421 – 22

421.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, el eventual calentamiento y la aplicación uniforme de un ligante asfáltico sobre losas de concreto o sobre una capa bituminosa, previamente a la extensión de otra capa bituminosa, que no sea un tratamiento superficial, un sello de arena-asfalto o una lechada asfáltica, con el objeto de lograr adherencia óptima entre las capas involucradas.

421.2 Materiales

421.2.1 Material bituminoso

Los documentos del proyecto deben indicar cuál de los materiales bituminosos indicados en la Tabla 421 — 1 debe ser utilizado para el riego de liga.

Tabla 421 — 1. Materiales bituminosos para riego de liga

Tipo de material	Denominación	Requisitos
Emulsión asfáltica	CRR-60 o CRR-65	Artículo 411
Emulsión asfáltica modificada con polímeros	CRR-60m o CRR- 65m	Artículo 415

Nota: en aquellos casos en los que alguna de las capas que se va a ligar contenga ligantes modificados, la emulsión que se va a emplear en el riego de liga debe ser del tipo modificada con polímeros.

421.3 Equipo

Además de lo que se indica a continuación, rige todo lo descrito en el numeral 400.3 del artículo 400.

Para los trabajos de riego de liga se requieren elementos mecánicos de limpieza, carrotanques irrigadores de asfalto y, eventualmente, sistemas de aplicación del riego, incorporados a los de extensión de las mezclas asfálticas.

El equipo para la limpieza previa de la superficie donde se va a aplicar el riego de liga, debe estar constituido por una barredora mecánica de tipo rotatorio y/o una sopladora mecánica, ambas autopropulsadas o arrastradas por tractor, equipos que se pueden utilizar siempre que las autoridades ambientales autoricen su empleo. Como equipo adicional, se pueden utilizar compresores, escobas, y demás implementos que el interventor autorice y que cumplan las disposiciones ambientales vigentes.

El carrotanque irrigador debe cumplir las exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante del producto asfáltico, a la temperatura apropiada, sin que lo afecte la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deben proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo debe estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), o pies por segundo (pie/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El carrotanque debe aplicar el producto asfáltico a presión y para ello debe disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, debe estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no puede encontrarse cerca de un elemento calentador y debe estar calibrado. Previo al inicio de las labores, el interventor debe verificar la calibración del equipo o debe requerir que el constructor presente la documentación que certifique dicha calibración, en cuyo caso la misma no puede ser superior a un año.

Cuando el riego de liga se aplique previamente a la extensión de una mezcla asfáltica discontinua en caliente o una mezcla drenante, es deseable que el sistema de aplicación del riego se encuentre incorporado al de extensión de la mezcla asfáltica, de tal manera que se garantice una dosificación continua y uniforme de ambos.

Se debe usar una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme en algunas aplicaciones que autorice el interventor y para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas.

Por ningún motivo se debe permitir la aplicación del riego de liga con regaderas, recipientes perforados, cepillos o cualquier otro dispositivo de aplicación manual por gravedad, que no garantice una aplicación completamente homogénea del riego de liga sobre la superficie por tratar.

421.4 Ejecución de los trabajos

421.4.1 Preparación de la superficie existente

La superficie sobre la cual se va a aplicar el riego de liga debe cumplir todos los requisitos de calidad y uniformidad exigidos, en condiciones para el recibo de los trabajos establecidos en los artículos 440, Mezclas asfálticas en frío (densa y abierta), 450, Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto asfáltico), 451, Mezcla abierta en caliente, y 453, Mezcla drenante, según corresponda, para que pueda recibir la capa asfáltica según lo contemplen los documentos del proyecto. De no ser así, el constructor debe realizar todas las correcciones previas que le indique el interventor.

La superficie se debe limpiar de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial para el trabajo como grasa y/o combustible, empleando barredoras o sopladoras mecánicas, en sitios accesibles a ellas, si su uso está autorizado y escobas manuales donde aquellas no puedan acceder.

Cuando la superficie que va a recibir el riego de liga tenga un tiempo determinado en servicio, se deben eliminar los excesos de ligante que puedan existir previamente, mediante fresado, y se deben reparar todos los desperfectos que puedan impedir una correcta adherencia, tales como fisuras, baches, ahuellamientos, hundimientos y desprendimiento de agregados. Si la superficie es de concreto, se deben remover los excesos de sello de juntas y/o grietas.

Si la superficie está cubierta por un riego de curado, este se debe eliminar mediante barrido enérgico, seguido de soplo con aire comprimido u otro procedimiento aprobado por el interventor, una vez transcurrido el plazo de curado y antes de aplicar el riego de liga.

421.4.2 Determinación de la dosificación del ligante

El constructor debe establecer la dosificación definitiva del ligante, con base en los resultados de las pruebas iniciales en obra. Esta dosificación debe contar con la aprobación del interventor, para lo cual, se puede apoyar en los ensayos de adherencia entre capas UNE-EN 12697-48 SBT o NLT-382. En condiciones normales, las dosificaciones deben ser del orden de doscientos a trescientos gramos de ligante residual por metro cuadrado (200 g/m^2 – 300 g/m^2).

421.4.3 Aplicación del ligante bituminoso

La aplicación del ligante se debe efectuar con el equipo aprobado y a una temperatura tal, que dé lugar a una viscosidad Saybolt-Furol entre diez y cuarenta segundos (10 sSF – 40 sSF), de manera uniforme, evitando la doble aplicación en las juntas transversales. Se debe especificar el rango de temperaturas de aplicación correspondientes, según los ensayos de calidad efectuados por el proveedor de la emulsión y suministrados al inicio de las labores. Con este propósito se deben colocar tiras de papel o de otro material adecuado bajo los difusores, en aquellas zonas de la superficie en donde empiece y termine el riego, con el fin de que este se inicie o culmine sobre ellas y los difusores funcionen con normalidad sobre la zona por tratar.

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, debe existir una pequeña superposición de dicho riego a lo largo de la junta longitudinal.

El riego solo se debe aplicar cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa bituminosa, para que presente las condiciones de adherencia requeridas.

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se debe verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se deben calentar las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deben limpiar al final de la jornada.

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de ligante, el constructor debe corregir la anormalidad, mediante la adición de ligante o arena limpia, según el caso, inmediatamente sea identificada la condición, sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) y hasta la aprobación del interventor.

El constructor debe proteger adecuadamente elementos tales como sardineles, árboles,

dispositivos de señalización, defensas y similares, susceptibles de ser manchados por el ligante, antes de aplicar el riego.

Se debe ajustar la altura del carro tanque irrigador, de tal forma que la base del abanico que se forma al salir el material por una boquilla cubra hasta la mitad o dos terceras partes de la base del abanico contiguo (cubrimiento doble o triple).

421.4.4 Control del tránsito

No se debe permitir transitar por la superficie sobre la cual se ha aplicado el riego de liga, sin la autorización del interventor, hasta que se haya producido la rotura de la emulsión en toda la superficie aplicada y siempre que no se verifique qué parte del riego de liga se adhiere a los neumáticos de los equipos. Todos los defectos que se generen o deriven de un incorrecto control del tránsito, deben ser corregidos por el constructor, acorde a las instrucciones del interventor y sin costo para INVÍAS.

421.4.5 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión del riego de liga sobre superficies con agua libre, o encharcada en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C). Tampoco se deben aplicar riegos cuando la velocidad del viento impida que la aplicación de material asfáltico sea uniforme.

La aplicación del riego de liga debe estar coordinada con la puesta en obra de la capa superpuesta a este, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión, por lo que dicha actividad se debe ejecutar en un tiempo máximo de cuatro horas (4 h). Se debe esperar que el riego de liga cure completamente previo a la colocación de la capa siguiente. Cuando el interventor lo estime necesario, se debe aplicar otro riego de liga, cuyo costo lo debe asumir el constructor, si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable a este.

Los trabajos de aplicación del riego de liga se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo, en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y, por tanto, debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

421.4.6 Reparaciones

Todo daño de la superficie tratada atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia del constructor, debe ser reparado por este, sin costo alguno para INVÍAS, y hasta contar con la aprobación del interventor.

421.4.7 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

421.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

421.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 400.5.1 del artículo 400.

421.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

421.5.2.1 Calidad del material bituminoso

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y la velocidad de rotura, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en los artículos 411, Suministro de emulsión asfáltica catiónica, o 415, Suministro de emulsión asfáltica catiónica modificada con polímeros, según sea el caso. El interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, sobre muestras representativas de las diversas entregas, se deben efectuar las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del artículo 411 o en el numeral 415.5.2 del artículo 415, dependiendo del material bituminoso utilizado para el riego. En todos los casos, el interventor debe guardar una muestra para ensayos ulteriores de contraste, por si hay dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 411 — 1 del artículo 411 o en la Tabla 415 — 1 del artículo 415, respectivamente, según si la emulsión asfáltica utilizada es convencional o modificada con polímeros.

421.5.2.2 Dosificación

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de calzada con aplicación de riego de liga.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de calzada con aplicación de riego de liga.
- La superficie regada en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se puede comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818. También se puede comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente colocadas durante la aplicación del ligante en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

La tasa media de aplicación de ligante residual (*TML*) por lote, no puede variar en más de quince por ciento (15 %) de la autorizada por el interventor (*TEL*).

$$0{,}85\ TEL \leq TML \leq 1{,}15\ TEL \quad [421.1]$$

El interventor se debe abstener de aceptar lotes regados, donde la dosificación media de ligante esté por fuera del rango especificado. Tampoco se debe aceptar un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El interventor debe determinar las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

El constructor debe asumir el costo de los materiales, equipos y operaciones requeridos para la corrección de defectos o excesos en el riego de liga.

421.6 Medida

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

421.7 Forma de pago

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

421.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
421.1	Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-60	Metro cuadrado (m^2)
421.2	Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-65	Metro cuadrado (m^2)
421.3	Riego de liga con emulsión modificada con polímeros CRR-60m	Metro cuadrado (m^2)
421.4	Riego de liga con emulsión modificada con polímeros CRR-65m	Metro cuadrado (m^2)

Riego de curado

Artículo 422 – 22

422.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, el eventual calentamiento y la aplicación uniforme de un ligante bituminoso sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico, con el fin de brindar impermeabilidad a toda su superficie y evitar la evaporación de agua necesaria para el correcto fraguado. El trabajo incluye también, eventualmente, el suministro y la aplicación de un agregado fino para la protección de la superficie con el riego.

422.2 Materiales

422.2.1 Material bituminoso

El ligante bituminoso por emplear debe ser una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida tipo CRR-60, la cual debe cumplir las condiciones indicadas en el artículo 411.

422.2.2 Agregado de protección

El agregado que eventualmente se deba colocar para la protección de la superficie con el riego es arena natural, arena de trituración o una mezcla de ambas, la cual debe estar exenta de terrones de arcilla u otros materiales objetables. Sus características deben ser las mismas que se exigen a los agregados para el sello de arena-asfalto, según el artículo 432; se exceptúan los requisitos de durabilidad, angularidad y adhesividad (método de Riedel-Weber).

422.3 Equipo

Rige todo lo descrito en el numeral 400.3 del artículo 400, así como lo que se indica en el numeral 420.3 del artículo 420, en relación con el equipo requerido para aplicar los riegos de imprimación.

422.4 Ejecución de los trabajos

422.4.1 Preparación de la superficie existente

Antes de autorizar el riego de curado, el interventor debe comprobar que la superficie sobre la cual se va a efectuar el riego cumpla todos los requisitos especificados, en cuanto a conformación, compactación y acabado de la capa a la cual corresponda.

En caso de que sobre la superficie por tratar se observen fallas o imperfecciones, tales como depresiones o baches aislados, el constructor debe corregir hasta ser aprobado por el interventor.

La superficie que va a recibir el riego de curado se debe limpiar cuidadosamente de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, mediante el equipo de limpieza aprobado. En lugares inaccesibles a los equipos mecánicos o donde su empleo no esté autorizado, se permite el uso de escobas manuales.

422.4.2 Determinación de la dosificación del ligante

El constructor debe establecer la dosificación definitiva del ligante como resultado de la aplicación de los riegos iniciales, la cual debe quedar definida por la cantidad que garantice la formación de una película continua, uniforme e impermeable de ligante. Esta dosificación debe contar con la aprobación del interventor. Dicha cantidad no debe ser inferior, en ningún caso, a cuatrocientos gramos por metro cuadrado (400 g/m^2) de ligante residual.

422.4.3 Aplicación del ligante bituminoso

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede exceder las cinco horas (5 h) después de terminada la compactación de la capa por curar, la superficie de la capa tratada debe ser humedecida previamente, sin llegar a la saturación.

La aplicación del ligante se debe hacer de manera uniforme, tanto longitudinal como transversalmente, y se debe evitar la duplicación en las juntas transversales, para lo cual se deben colocar tiras de papel u otro material adecuado en las zonas de iniciación o terminación del trabajo, de manera que el riego comience y termine sobre estas.

La temperatura de aplicación debe ser tal, que la viscosidad del producto asfáltico se encuentre entre diez y cuarenta segundos Saybolt-Furol (10 sSF – 40 sSF). Se debe especificar el rango de temperaturas correspondientes, según los ensayos de calidad efectuados por el proveedor de la emulsión y suministrados al inicio de las labores.

Antes de iniciar cada jornada de trabajo, se debe verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se deben calentar las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deben limpiar al término de la jornada. Si fuere necesario, con el fin de garantizar un total y uniforme cubrimiento del riego, se debe ajustar la altura del carrotanque irrigador, de tal forma que la base del abanico que se forma al salir el material por una boquilla cubra hasta la mitad o las dos terceras partes de la base del abanico contiguo (cubrimiento doble o triple).

En las zonas donde se presenten insuficiencias o excesos de material bituminoso, el constructor debe corregir la anormalidad, mediante la adición de ligante o agregado de protección, respectivamente, según la indicación del interventor y hasta contar con su aprobación, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

En los casos en que, por las condiciones de la obra, se deba efectuar el riego por franjas, debe existir una pequeña superposición de este, a lo largo de la junta longitudinal.

No se debe permitir transitar sobre la superficie tratada con el riego, ni la colocación de capas de rodadura, base asfáltica o tratamientos, hasta que lo autorice el interventor quien, además, debe fijar el plazo de curado, para lo cual se considera como mínimo el tiempo establecido para el curado de la capa estabilizada.

El constructor debe proteger los elementos susceptibles de ser manchados por el ligante, tales como sardineles, árboles, vallas y similares, antes de aplicar el riego.

422.4.4 Determinación de la dosificación del agregado de protección

La dosificación del agregado de protección debe ser la mínima necesaria para garantizar la integridad del riego de curado, cuando este deba, por condiciones eventuales o de emergencia, soportar la acción del tránsito automotor después de su aplicación y cuando el interventor lo considere necesario. En ningún caso, la cantidad de agregado debe exceder de trece coma seis kilogramos por metro cuadrado (13,6 kg/m^2) o seis litros por metro cuadrado (6 L/m^2).

La dosificación definitiva del agregado de protección se debe establecer como resultado de la aplicación de las pruebas iniciales realizadas en la obra.

422.4.5 Extensión del agregado de protección

La extensión eventual del agregado de protección se debe realizar por instrucción del interventor. El agregado se debe extender con el equipo aprobado, inmediatamente después de la aplicación del ligante. Su humedad, en el momento de la extensión, no puede exceder de cuatro por ciento (4 %).

Se debe evitar el contacto de las ruedas del distribuidor del agregado con el riego de curado sin cubrir. En caso de extender el agregado sobre una franja regada sin que lo hubiera sido la adyacente, se debe dejar sin cubrir una zona de aquella de unos quince a veinte centímetros (15 cm – 20 cm), junto a la zona que se encuentra sin tratar.

422.4.6 Control del tránsito

Se debe prohibir todo tipo de tránsito sobre la superficie tratada con el riego de curado durante el lapso que determine el interventor, considerando como mínimo el tiempo establecido para el curado de la capa estabilizada y/o la presencia de agregado de protección. Una vez permitida la circulación, la velocidad de los vehículos no debe exceder de treinta kilómetros por hora (30 km/h).

422.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir la aplicación de riegos de curado cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. Tampoco se deben aplicar riegos cuando la velocidad del viento impida que la aplicación de material asfáltico sea uniforme.

Los trabajos de aplicación del riego de curado se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

422.4.8 Reparaciones

Todo daño en el riego de curado atribuible a descuido, falta de previsión o negligencia por parte del constructor, debe ser reparado por este, sin costo alguno para INVÍAS, según la indicación del interventor y hasta contar con su aprobación.

422.4.9 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

422.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

422.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

422.5.2 Condiciones específicas para el recibo y las tolerancias

422.5.2.1 Calidad de la emulsión

A la llegada de cada carrotanque al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y la velocidad de rotura, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en la Tabla 411 — 1 del artículo 411. El interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, sobre muestras representativas de las diversas entregas, se deben efectuar las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del artículo 411. En todos los casos, el interventor debe guardar una muestra para ensayos ulteriores de contraste, por si hay dudas o desacuerdos entre las partes sobre los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir tolerancia alguna sobre los límites establecidos en la Tabla 411 — 1 del artículo 411.

422.5.2.2 Calidad del agregado de protección

Rige lo indicado en el numeral 432.5.2.2 del artículo 432.

Adicionalmente, el constructor es responsable de solicitar al proveedor los datos de procedencia del material, entre los cuales se deben registrar como mínimo: ubicación del lugar de extracción, fuente, roca de origen, certificado de calidad del material que incluya ensayos mínimos de limpieza y granulometría, identificación del vehículo que transporta, así como fecha y hora de recepción.

422.5.2.3 Dosificación

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de calzada con riego de curado.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de calzada con riego de curado.
- La superficie cubierta con el riego en un día de trabajo.

La dosificación del asfalto se puede comprobar verificando el volumen del producto dentro del carrotanque distribuidor antes y después de su aplicación, mediante la norma de ensayo INV E-818; también se puede comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del ligante o la extensión del agregado en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

La dosificación del agregado de protección, cuando su utilización sea ordenada por el interventor, se debe comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas, según la norma de ensayo INV E-819, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (*TML*) y de agregados (*TMA*) por lote, no pueden variar en más de quince por ciento (15 %) de las autorizadas por el interventor (*TEL* y *TEA*).

$$0{,}85\ TEL \leq TML \leq 1{,}15\ TEL \quad [422.1]$$

$$0{,}85\ TEA \leq TMA \leq 1{,}15\ TEA \quad [422.2]$$

El interventor se debe abstener de aceptar lotes con riego de curado, donde la dosificación media de ligante o agregados esté por fuera del rango especificado. Tampoco se debe aceptar un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado. El interventor debe determinar las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

El constructor debe asumir el costo de los materiales, equipos y operaciones requeridos para corregir los defectos o los excesos en el riego de curado y/o en el agregado de protección.

422.6 Medida

No debe haber lugar a medida, para efecto de pago separado, del riego de curado que se aplique sobre una capa tratada con un conglomerante hidráulico.

422.7 Forma de pago

No debe haber pago separado por el riego de curado. Por tanto, todos los costos que impliquen el suministro de los materiales requeridos y la ejecución de los trabajos objeto del presente artículo, deben formar parte del precio unitario de la capa tratada con conglomerante hidráulico que se está protegiendo.

Tratamientos superficiales

Artículo 430 – 22

430.1 Descripción

Este trabajo consiste en la aplicación de sucesivas aplicaciones de material bituminoso sobre una superficie preparada, seguido por la extensión y la compactación de sendas capas de agregado pétreo, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, las cotas y las secciones indicados en los documentos del proyecto. Dichos trabajos solo se pueden ejecutar en vías, con niveles de tránsito NT1 y NT2.

De acuerdo con el número de aplicaciones de riegos de material bituminoso y agregado pétreo, estos reciben el nombre de simple (una aplicación) y doble (dos aplicaciones). Los tratamientos superficiales simples se deben denotar - TSS y los tratamientos superficiales dobles - TSD.

Si los documentos del proyecto establecen la necesidad de colocar un sello de protección, este se debe construir de acuerdo con el artículo 432, Sello de arena-asfalto.

430.2 Materiales

430.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deben cumplir los requisitos generales señalados en el numeral 400.2.1 del artículo 400, y los requisitos particulares de la Tabla 430 — 1.

Tabla 430 — 1. Requisitos de los agregados para tratamientos superficiales

Característica	Norma de ensayo INV	Nivel de tránsito	
		NT1	NT2
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 25 5	 25 5
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25
Coeficiente de pulimento acelerado, mínimo	E-232	45	45
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso, máximo (%)	E-220	18	18
Limpieza, agregado grueso (F)			
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0,5	0,5

Característica	Norma de ensayo INV	Nivel de tránsito	
		NT1	NT2
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	30	30
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara / dos caras	E-227	75 / -	75 / 60
Adhesividad (O)			
Bandeja, mínimo (%)	E-740	80	80
Limpieza, gradación combinada (F)			
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-126	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%). (Nota)	E-133	50	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota)	E-235	10	10

Nota: el equivalente de arena debe ser el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado, el agregado se acepta si su equivalente de arena es superior a cuarenta por ciento (40 %) y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E-235, es inferior a diez (10).

Los agregados deben presentar una gradación ajustada a alguna de las franjas indicadas en la Tabla 430 — 2.

La franja por utilizar debe corresponder a la establecida en los documentos del proyecto. Se pueden emplear otras franjas, si así lo establecen las especificaciones particulares del proyecto.

El material que produce el constructor debe dar lugar a una curva sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

Tabla 430 — 2. Gradaciones para tratamientos superficiales

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)							
	25,0	19,0	12,5	9,5	6,3	4,75	2,36	1,18
	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	1/4 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro 16
	Pasa tamiz (%)							
TSD — 25	100	90 — 100	10 — 45	0 — 15	-	0 — 5	-	-
TSS — 19 / TSD —19	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	-	0 — 5	-
TSS — 13 / TSD — 13	-	-	100	90 — 100	10 — 40	0 — 15	0 — 5	-
TSD — 10	-	-	-	100	90 — 100	20 — 55	0 — 15	0 — 5
Tolerancias en producción sobre la gradación definida en la fase de experimentación (±)	4 %						1 %	

Nota: el tipo de gradación con tamaño máximo de diecinueve milímetros (19 mm) y de trece milímetros (13 mm) aplica para tratamientos superficiales simples (TSS) y para tratamientos superficiales dobles (TSD).

El constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en las presentes especificaciones.

430.2.2 Material bituminoso

Debe ser una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida del tipo CRR-65 o una emulsión modificada con polímeros del tipo CRR-65m, la cual debe cumplir los requisitos de calidad establecidos en los artículos 411 o 415, según corresponda.

El tipo de emulsión por aplicar debe ser el definido en los documentos del proyecto.

430.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se requieran, se deben ajustar a lo descrito en el artículo 412.

430.3 Equipo

Se aplica lo que sea pertinente del numeral 400.3 del artículo 400.

Para la ejecución de los tratamientos superficiales se requiere básicamente equipo para la explotación, la elaboración y la clasificación de agregados, para la limpieza de la superficie, distribuidor autopropulsado del material bituminoso, esparcidor mecánico de agregado pétreo, compactadores neumáticos y herramientas menores.

430.3.1 Equipo para la elaboración y la clasificación de agregados triturados

La planta de trituración debe estar provista de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; debe incluir también una clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, debe estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental.

430.3.2 Equipo para la aplicación del ligante bituminoso

Debe consistir en un carrotanque irrigador de las características descritas en el numeral 420.3.2 del artículo 420, Riego de imprimación.

Para áreas inaccesibles al carrotanque y para retoques y aplicaciones mínimas, se debe usar una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del carrotanque con boquilla de expansión que permita un riego uniforme. Por ningún motivo, se debe permitir el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

430.3.3 Equipo para la extensión del agregado pétreo

Se pueden emplear esparcidoras autopropulsadas o extendedoras mecánicas acopladas a volquetas, que garanticen una adecuada y homogénea distribución del agregado pétreo sobre la superficie.

430.3.4 Equipo multidistribuidor de asfalto y agregado

En lugar del carrotanque irrigador y del equipo de extensión del agregado pétreo, descritos en los numerales 430.3.2 y 430.3.3, se puede emplear un equipo multidistribuidor, que permita la aplicación conjugada de la emulsión asfáltica y el agregado en una sola operación.

430.3.5 Equipo de compactación

Se deben emplear rodillos neumáticos de un peso superior a cinco toneladas (5 t), cuya presión de inflado de las llantas debe tener la aprobación del interventor, acorde con las recomendaciones establecidas por el fabricante del equipo y, además, la diferencia de presión entre ruedas no debe superar los cero coma cero trecientos cuarenta y cuatro megapascales (0,0344 MPa) (5 psi). Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas, durante la compactación, así como inversores de marcha suaves. Los elementos de limpieza empleados deben ser de eficiencia verificada, garantizando que no son perjudiciales para la mezcla ni para el ambiente; no se permite el uso de productos derivados de la destilación del petróleo.

430.3.6 Equipo de barrido

Se debe disponer de barredoras mecánicas de cepillo. En caso de que las autoridades ambientales no permitan su utilización, el interventor debe determinar y/o aprobar el equipo por utilizar. Como alternativa, se pueden utilizar compresores y escobas, y demás implementos que el interventor apruebe, siempre que cumplan las disposiciones ambientales vigentes, especialmente en lo que refiere al manejo de material particulado, y protección del ser humano.

430.4 Ejecución de los trabajos

430.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

430.4.2 Dosificación del tratamiento

Salvo justificación en contrario, la dosificación por utilizar se debe encontrar dentro de los límites indicados en la Tabla 430 — 3.

De acuerdo con las características de la superficie sobre la cual se va a aplicar el tratamiento, las condiciones climáticas del lugar y el tránsito previsto, los documentos del proyecto deben indicar la dosificación o diseño preliminar del tratamiento por algún método empírico reconocido, cuyos resultados sirvan como base para las primeras pruebas.

Tabla 430 — 3. Dosificación para tratamientos superficiales

Tipo	Aplicación	Tipo de gradación	Dosificación (L/m²)	
			Agregados	Ligante residual
1	Única	TSS-19	8 — 10	0,9 — 1,3
2	Única	TSS-13	6 — 8	0,7 — 1,1
3	Primera Segunda	TSD-25 TSD-13	12 — 14 6 — 8	1,3 — 1,8 0,8 — 1,2
4	Primera Segunda	TSD-19 TSD-10	8 — 10 5 — 7	0,9 — 1,3 0,7 — 1,0

La dosificación definitiva del tratamiento superficial, incluidas las adiciones que eventualmente se requieran para mejorar la adherencia entre el ligante y el agregado, debe ser establecida por el constructor y aprobada por el interventor, de acuerdo con las características de la obra y a la vista de los resultados de la fase de experimentación y previo el cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 400.4.2 del artículo 400.

Esta dosificación se debe verificar y ajustar en caso de que la gradación durante producción no se ajuste a la definida en la fase de experimentación con las tolerancias que se indican en la Tabla 430 — 2.

El interventor puede autorizar que la primera aplicación del ligante se haga con la cantidad mínima necesaria para sujetar el agregado de cobertura correspondiente. En la segunda aplicación, debe completar la dosificación exigida.

430.4.3 Preparación de la superficie existente

La construcción del tratamiento no se debe comenzar hasta que se compruebe que, la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo establecido en el artículo correspondiente a la unidad de obra de que se trate.

Si la construcción del tratamiento requiere una imprimación previa de la superficie, tal construcción se debe realizar de acuerdo con lo establecido en el artículo 420. No se debe permitir la construcción del tratamiento, mientras la imprimación no haya completado su curado y, en ningún caso, antes de veinticuatro horas (24 h), transcurridas desde su aplicación.

En el momento de aplicar el ligante bituminoso, la superficie debe estar seca y libre de cualquier sustancia objetable a criterio del interventor según el presente artículo y lo que resulte aplicable del artículo 400.

430.4.4 Fase de experimentación

Rige lo establecido en el numeral 400.4.3 del artículo 400.

430.4.5 Primera aplicación

430.4.5.1 Aplicación del ligante bituminoso

Antes de la aplicación del ligante, se debe marcar una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se debe señalar la longitud de la carretera que va a quedar cubierta, de acuerdo con la cantidad de emulsión asfáltica disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos.

La dosificación elegida del ligante se debe aplicar de manera uniforme, a una temperatura que corresponda a una viscosidad Saybolt-Furol comprendida entre veinticinco y cien segundos (25 sSF – 100 sSF), evitando así duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se deben colocar fajas de papel grueso, de ancho no menor de un metro (1,0 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación. El constructor debe especificar el rango de temperaturas correspondientes a las viscosidades enunciadas, según los ensayos de calidad efectuados por el proveedor de la emulsión y suministrados al inicio de las labores.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se debe verificar la uniformidad del riego y, de ser requerido, se debe ajustar la altura del carrotanque irrigador, de tal forma que la base del abanico que se forma al salir el material por una boquilla cubra hasta la mitad o las dos terceras partes de la base del abanico contiguo (cubrimiento doble o triple). Si fuere necesario, se deben calentar las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deben limpiar al final de la jornada.

Durante la aplicación del ligante, se deben proteger todos los elementos que señale el interventor, tales como bordillos, vallas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se debe permitir descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera.

No se debe permitir ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

430.4.5.2 Extensión del agregado pétreo

La extensión del agregado se debe realizar de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el interventor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. La distribución del agregado se debe hacer de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir. En el instante de la extensión, la humedad del agregado debe ser tal, que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso empleado.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se debe esparcir de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm – 20 cm) de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el fin de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

Los excesos o las deficiencias de agregado pétreo se deben corregir inmediatamente, por medio de remoción o adición de agregado, hasta lograr una textura uniforme.

430.4.5.3 Aplicación conjugada del ligante y los agregados pétreos

Si se dispone de un equipo multidistribuidor, la aplicación del ligante bituminoso y la del agregado pétreo se deben realizar en una sola operación. En esta circunstancia, resulta aplicable lo expuesto en el numeral 430.4.5, en relación con la aplicación del ligante, salvo su último párrafo, dada la imposibilidad de que haya tránsito vehicular sobre el ligante recién aplicado.

En relación con el agregado pétreo, este se debe extender utilizando el mismo equipo, de manera uniforme, en la cantidad indicada en los documentos del proyecto o en la cantidad aprobada por el interventor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. En el instante de la extensión, la humedad del agregado debe ser tal, que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso empleado.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se debe esparcir de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm – 20 cm) de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el fin de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

430.4.5.4 Compactación

Las operaciones de compactación se deben realizar con el compactador neumático y deben comenzar inmediatamente después de la aplicación del agregado pétreo. En zonas en tangente, la compactación se debe iniciar por el borde exterior y avanzando hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se debe iniciar desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior.

La compactación debe continuar hasta obtener una superficie lisa y estable, en un tiempo máximo de treinta minutos (30 min), contado desde el inicio de la extensión del agregado pétreo.

Para los casos en que la capa corresponda a la rodadura, se deben garantizar al menos tres (3) pasadas, a una velocidad lo suficientemente lenta para prevenir que se desplace o se levante el agregado y evitar así el deterioro de la capa o trituración, por exceso de pasadas o por uso de compactadores muy pesados. Cuando la aplicación corresponda a la primera capa de un tratamiento superficial doble, las operaciones de compactación se deben limitar a dos (2) pasadas.

Se debe impedir cualquier tipo de tránsito automotor sobre esta superficie.

430.4.6 Segunda aplicación

430.4.6.1 Ligante bituminoso

La segunda aplicación del ligante se debe realizar en la cantidad y a la temperatura indicada en los documentos del proyecto o por el interventor y, si las condiciones meteorológicas lo permiten, dentro de las veinticuatro horas (24 h) siguientes a la construcción de la primera capa.

Esta segunda aplicación se debe hacer de la misma forma que la primera. Si en el primer riego se utiliza el criterio de la cantidad

mínima necesaria mencionado en el numeral 430.4.2, la cantidad total dosificada se debe completar en el segundo riego.

El ancho de franja en que se aplique este riego debe variar, en relación con el empleado en el primero en, aproximadamente, veinte centímetros (20 cm) en más o en menos, con el fin de evitar que la junta longitudinal de construcción se superponga con la de la primera capa, impidiendo obtener una superficie uniforme.

430.4.6.2 Agregado pétreo

La extensión se debe realizar con el agregado pétreo seleccionado para la construcción de esta capa y en la cantidad aprobada por el interventor, de la misma forma que la primera e inmediatamente después de la segunda aplicación del material bituminoso.

430.4.6.3 Aplicación conjugada del ligante y los agregados pétreos

Cuando se emplee el equipo multidistribuidor, el ligante y el agregado para la segunda capa se deben aplicar de igual forma que para la primera, con las dosificaciones de los materiales y la gradación de los agregados, aprobadas previamente por el interventor.

El ancho de franja en que se aplique este riego debe variar, en relación con el empleado en el primero en, aproximadamente, veinte centímetros (20 cm) en más o en menos, con el fin de evitar que la junta longitudinal de construcción se superponga con la de la primera capa, impidiendo obtener una superficie uniforme.

430.4.6.4 Compactación final

Inmediatamente después de la segunda extensión del agregado, se debe proceder a su compactación con el rodillo neumático, en sentido longitudinal, iniciando por el borde exterior y avanzando hacia el centro, traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se debe iniciar desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior.

La compactación se debe continuar hasta obtener una superficie lisa y estable en un lapso no mayor de treinta minutos (30 min), contados desde el instante de ser iniciada la extensión del agregado de la segunda capa. Se deben garantizar al menos tres (3) pasadas, a una velocidad lo suficientemente lenta para prevenir que se desplace o levante el agregado y evitando el deterioro de la capa o trituración de este por exceso de pasadas o por el uso de compactadores muy pesados.

430.4.7 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Una vez terminada la compactación y transcurrido el plazo necesario para que el ligante utilizado alcance la cohesión suficiente para resistir la acción normal del tránsito vehicular, se debe barrer de manera enérgica la superficie del tratamiento, para eliminar todo exceso de agregados que haya quedado suelto, operación que debe continuar aún después de que el tramo con el tratamiento se haya abierto al tránsito, con frecuencia diaria, durante los siguientes cuatro días (4 d) posteriores a su construcción.

A los quince días (15 d) siguientes a la apertura del tratamiento al tránsito, se debe realizar un barrido definitivo del agregado pétreo que no esté adherido. El constructor debe recoger el material sobrante de esta operación y lo debe disponer en los sitios que autorice el interventor.

430.4.8 Apertura al tránsito

Siempre que sea posible, se debe evitar todo tipo de tránsito sobre la capa recién ejecutada durante las veinticuatro horas (24 h) siguientes a su terminación. Si ello no es factible, se deben tomar medidas para que los vehículos no circulen a una velocidad superior a treinta kilómetros por hora (30 km/h).

430.4.9 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra. Tampoco se debe permitir la aplicación de ligantes bituminosos cuando la velocidad del viento impida que la aplicación de material asfáltico sea uniforme.

Cuando no se utilice equipo multidistribuidor, la extensión del agregado pétreo se debe realizar antes de que haya transcurrido, desde la aplicación del ligante, el plazo máximo aprobado por el interventor. En todos los casos, la compactación debe quedar concluida antes de treinta minutos (30 min) de haber sido extendido el agregado.

Los trabajos de construcción del tratamiento superficial se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

430.4.10 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

430.4.11 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución del tratamiento, tales como juntas irregulares, defectos transversales en la aplicación del ligante o el agregado, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deben correr a cargo del constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con su aprobación, sin costo alguno para INVÍAS.

430.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

430.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

430.5.2 Condiciones específicas para el recibo y las tolerancias

430.5.2.1 Calidad de la emulsión

Los requisitos de calidad, los controles y los criterios de aceptación para la emulsión son los establecidos en los artículos 411 y 415, según corresponda.

430.5.2.2 Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deben realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 430 — 1.

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se deben retirar los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se deben acopiar por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas y plasticidad y se debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad de los agregados indicadas en la Tabla 430 — 4.

La curva granulométrica de cada ensayo individual debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada y debe ajustarse a la definida en la fase de experimentación, con las tolerancias que se indican en la Tabla 430 — 2, pero sin permitir que la curva se salga de los límites de la franja. Si la curva granulométrica de algún ensayo no cumple la anterior indicación, pero no se sale de los límites de la franja, es necesario verificar y, si es el caso, ajustar la dosificación del tratamiento superficial.

El interventor puede autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 430 — 4, siempre que este considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

430.5.2.3 Calidad del producto terminado

430.5.2.3.1 Tamaño del lote

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios.

- Quinientos metros (500 m) de tratamiento construido.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de tratamiento construido.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Tabla 430 — 4. Ensayos de verificación sobre los agregados para tratamientos superficiales simples

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	E-213	1 por jornada
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado	E-232	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Contenido de impurezas	E-237	1 por jornada
Geometría de las partículas (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Porcentaje de caras fracturadas	E-227	1 por semana

En dicho lote, se deben efectuar los controles indicados a continuación.

430.5.2.3.2 Aspectos generales

El tratamiento terminado debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la zona pavimentada no puede ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los documentos del proyecto.

Así mismo, el acabado de la capa de rodadura no debe presentar deformaciones, afloramiento del material asfáltico o pérdida sensible de agregado pétreo, o cualquier defecto que afecte la calidad y el buen comportamiento del tratamiento.

430.5.2.3.3 Tasa de aplicación

Las dosificaciones del asfalto y del agregado se deben comprobar en cada capa, mediante las normas INV E-818 e INV E-819 respectivamente, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (*TML*) y de agregados (*TMA*) por lote, no pueden variar en más de diez por ciento (10 %) de las autorizadas por el interventor como resultado de la fase de experimentación (*TEL* y *TEA*).

$$0{,}9\ TEL \leq TML \leq 1{,}1\ TEL \quad [430.1]$$

$$0{,}9\ TEA \leq TMA \leq 1{,}1\ TEA \quad [430.2]$$

Así mismo, ningún ensayo individual puede presentar un resultado que varíe en más de quince por ciento (15 %) de la tasa de aplicación de ligante o agregados autorizada por el interventor (*TEL* o *TEA*).

Si alguno de los anteriores requisitos se incumple, se debe rechazar el lote. En caso de rechazo, el tratamiento superficial simple correspondiente al lote controlado debe ser levantado o retirado mediante equipos apropiados y repuesto hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. En caso de rechazo de un lote correspondiente a la segunda capa, todo el espesor de tratamiento superficial doble del lote controlado debe ser levantado o retirado mediante equipos apropiados y repuesto hasta ser aprobado por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

En ambos casos, el material retirado es de propiedad del constructor.

430.5.2.3.4 Textura

Sobre la última capa de tratamiento, por lote se deben efectuar, como mínimo, tres (3) determinaciones de la profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791), y en sitios elegidos al azar, según la norma de ensayo INV E-730. Para tratamientos superficiales simples, el promedio de las lecturas debe ser, cuando menos, igual a uno coma dos milímetros (1,2 mm), sin que ninguno de los valores individuales sea inferior a un milímetro (1,0 mm). Para tratamientos superficiales dobles, el promedio de las lecturas debe ser, cuando menos, igual a un milímetro (1,0 mm), sin que ninguno de los valores individuales sea inferior a cero coma ocho milímetros (0,8 mm).

En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual se debe levantar o retirar mediante equipos apropiados y reponer hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material retirado es de propiedad del constructor.

El requisito de textura no es aplicable cuando el tratamiento superficial se construye para la protección de bermas.

430.5.2.3.5 Resistencia al deslizamiento

Antes de la puesta en servicio del tratamiento superficial, se deben hacer las determinaciones de la resistencia al deslizamiento. Debido a que esta se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se deben elegir al azar, sino que el interventor debe ubicarlos en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular, en condición de superficie húmeda.

Las medidas se deben realizar con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote. Ninguna de ellas puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 430 — 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, se deben realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual debe ser levantada o retirada mediante

equipos apropiados y repuesta hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material retirado debe ser propiedad del constructor.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular debe indicar el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 430 — 5 para el péndulo británico.

Tabla 430 — 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

Tipo de sección	Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo	
	NT1	NT2
Secciones críticas: - Glorietas - Intersecciones - Zonas de frenado frecuente - Curvas con radio de curvatura < 200 m - Tramos con pendiente > 5 % y longitud > 100 m	50	55
Otras secciones	45	50

430.5.2.3.6 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, los tratamientos superficiales que sirven como capa de rodadura no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se debe permitir la colocación del tratamiento, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen sobre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la especificación general o particular referente a dicha capa.

430.5.2.4 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en todo el lote definido según los criterios establecidos en el numeral 430.5.2.3.1 de esta especificación, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del equipo empleado en la aplicación del ligante o del agregado, puede modificar la extensión del lote, limitándola al área construida con dicha carga.

430.6 Medida

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del artículo 400, en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

430.7 Forma de pago

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del artículo 400, en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

430.8 Ítem de pago

Item	Descripción	Unidad
430.1	Tratamiento superficial simple con emulsión CRR-65	Metro cuadrado (m^2)
430.2	Tratamiento superficial simple con emulsión CRR-65m	Metro cuadrado (m^2)
430.3	Tratamiento superficial doble con emulsión CRR-65	Metro cuadrado (m^2)
430.4	Tratamiento superficial doble con emulsión CRR-65m	Metro cuadrado (m^2)

Sello de arena-asfalto

Artículo 432 – 22

432.1 Descripción

Este trabajo consiste en la aplicación de un material bituminoso sobre la superficie de un pavimento existente, seguida por la extensión y la compactación de una delgada capa de arena, de acuerdo con lo establecido en esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor, con el fin de sellar la superficie y mejorar temporalmente la fricción superficial. Dichos trabajos solo se pueden ejecutar en vías con niveles de tránsito NT1 y NT2.

432.2 Materiales

432.2.1 Agregados pétreos

Deben estar constituidos por agregado fino que cumpla los requisitos generales señalados en el numeral 400.2.1 del artículo 400, y las exigencias particulares de calidad establecidas en la Tabla 432 — 1.

Tabla 432 — 1. Requisitos de los agregados para sellos de arena-asfalto

Característica	Norma de ensayo INV	Nivel de tránsito	
		NT1	NT2
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18	
Limpieza (F)			
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	NP	
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	50	
Valor de azul de metileno (si es aplicable), máximo	E-235	10	
Geometría de las partículas (F)			
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	45	
Adhesividad (O)			
Riedel-Weber, mínimo	E-774	4	

Su gradación se debe encontrar dentro de los límites indicados en la Tabla 432 — 2.

Tabla 432 – 2. Gradación para sellos de arena-asfalto

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)						
	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150
	3/8 Pulgada	Nro.4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 100
	Pasa tamiz (%)						
SAA – 10	100	95 — 100	80 — 100	50 — 85	25 — 60	10 — 30	2 — 10

El constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en las presentes especificaciones.

432.2.2 Material bituminoso

Debe ser una emulsión catiónica de rotura rápida del tipo CRR-65 o una emulsión de rotura rápida modificada con polímeros del tipo CRR-65m, que cumpla los requisitos de calidad indicados en los artículos 411 o 415, según corresponda.

432.3 Equipo

Se aplica lo que sea pertinente del numeral 400.3 del artículo 400.

Para la ejecución de sellos de arena-asfalto se requieren, básicamente, equipo para la explotación, la elaboración y la clasificación de agregados, para la limpieza de la superficie, distribuidor autopropulsado del material bituminoso, esparcidor mecánico de agregado pétreo, compactadores y herramientas menores.

Para la compactación se deben emplear rodillos neumáticos de un peso preferiblemente superior a cinco toneladas (5 t), cuya presión de inflado de las llantas debe tener la aprobación del interventor, acorde con las recomendaciones establecidas por el fabricante del equipo, además, la diferencia de presión entre llantas no debe superar los cero coma cero treinta y cuatro megapascales (0,034 MPa) (5 psi). Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de dispositivos para la limpieza de sus llantas, durante la compactación, así como inversores de marcha suaves. Los elementos de limpieza empleados deben ser de eficiencia verificada, garantizando que no son perjudiciales para la mezcla ni para el ambiente; no se debe permitir el uso de productos derivados de la destilación del petróleo.

432.4 Ejecución de los trabajos

432.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

432.4.2 Dosificación del sello

Las cantidades por aplicar de material bituminoso y arena se deben definir en el sitio de los

trabajos, en función del estado de la superficie por proteger, las condiciones ambientales de la región, la intensidad y la magnitud del tránsito circulante y los resultados de la fase de experimentación, y previo el cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 400.4.2 del artículo 400.

La Tabla 432 — 3 presenta una guía para la dosificación inicial del sello arena-asfalto.

Tabla 432 — 3. Dosificación guía para sellos arena-asfalto

Tipo de gradación	Dosificación (L/m²)	
	Agregados	Ligante residual
SAA – 10	3,5 — 7,0	0,7 — 1,0

432.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de aplicar el riego del material bituminoso, la superficie se debe encontrar seca y libre de polvo, tierra o cualquier otra sustancia objetable.

Las reparaciones previas que requiera el pavimento, tales como bacheo, sello de fisuras o fresado para eliminación de exceso de ligante o corrección de la superficie, se deben efectuar conforme lo indiquen las especificaciones correspondientes.

432.4.4 Aplicación del ligante bituminoso

Antes de la aplicación del ligante se debe marcar una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se debe señalar la longitud de la carretera que queda cubierta, de acuerdo con la cantidad de emulsión asfáltica disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos.

La dosificación elegida del ligante se debe aplicar de manera uniforme a una temperatura que corresponda a una viscosidad Saybolt-Furol comprendida entre veinticinco y cien segundos (25 sSF — 100 sSF), evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se deben colocar fajas de papel grueso, de ancho no menor a un metro (1 m), bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación. Se debe especificar el rango de temperaturas de aplicación correspondientes a las viscosidades enunciadas, según los ensayos de calidad efectuados por el proveedor de la emulsión y suministrados al inicio de las labores.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se debe verificar la uniformidad del riego, y de ser requerido se debe ajustar la altura del carrotanque irrigador, de tal forma que la base del abanico que se forma al salir el material por una boquilla cubra hasta la mitad o dos terceras partes de la base del abanico contiguo (cubrimiento doble o triple). Si fuere

necesario, se deben calentar las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución se deben limpiar al final de la jornada.

Durante la aplicación del ligante, se deben proteger todos los elementos que señale el interventor, tales como bordillos, vallas o árboles. En trabajos de prueba o de limpieza de los equipos, no se debe permitir descargar el material bituminoso en zanjas o zonas próximas a la carretera.

No se debe permitir ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

432.4.5 Extensión del agregado pétreo

La extensión del agregado se debe realizar de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el interventor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso, y se debe garantizar un espesor mínimo igual al tamaño máximo del agregado y máximo de dos coma cinco (2,5) veces el tamaño máximo nominal. La distribución del agregado se debe hacer de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir. En el instante de la extensión, la humedad del agregado debe ser tal, que no perjudique su adhesividad con el ligante bituminoso empleado.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se debe esparcir de forma que quede sin cubrir una banda de quince a veinte centímetros (15 cm — 20 cm) de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el fin de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

Si el interventor lo aprueba, el esparcimiento de la arena puede ser manual con ayuda de palas.

Los excesos o las deficiencias de agregado pétreo se deben corregir inmediatamente, por medio de la remoción o la adición de agregado, hasta lograr una textura uniforme.

432.4.6 Compactación

Las operaciones de compactación se deben realizar con el compactador neumático y deben comenzar inmediatamente después de la aplicación de la arena. En zonas en tangente, la compactación se debe iniciar por el borde exterior avanzando hacia el centro y traslapando cada pasada con la anterior. En curvas, se debe iniciar desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior, de acuerdo con las instrucciones del interventor.

La compactación debe continuar, de acuerdo con el plan definido en la fase de experimentación, hasta obtener una superficie lisa y estable, a una velocidad lo suficientemente lenta para prevenir que se desplace o se levante el agregado y evitando el deterioro de la capa o su trituración, por exceso de pasadas o por el uso de compactadores muy pesados.

432.4.7 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Una vez terminada la compactación y transcurrido el plazo necesario para que el ligante utilizado alcance la cohesión suficiente para resistir la acción normal del tránsito vehicular, se debe barrer de manera enérgica la superficie del sello para eliminar todo exceso de arena que haya quedado suelto sobre la superficie. Esta operación debe continuar aún

después de que el tramo con el sello haya sido abierto al tránsito y hasta eliminar completamente la arena suelta. Se debe contemplar como mínimo una frecuencia diaria durante los siguientes cuatro días (4 d) consecutivos a la construcción.

El material sobrante de esta operación debe ser recogido por el constructor, quien lo debe disponer en los sitios que autorice el interventor.

432.4.8 Apertura al tránsito

Siempre que sea posible, se debe evitar todo tipo de tránsito sobre el sello recién ejecutado durante las veinticuatro horas (24 h) siguientes a su terminación. Si ello no es factible, se deben tomar medidas para que los vehículos no circulen a una velocidad superior a treinta kilómetros por hora (30 km/h).

432.4.9 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra. Tampoco se debe permitir la aplicación de ligantes bituminosos cuando la velocidad del viento impida que la aplicación de material asfáltico sea uniforme.

Los trabajos de construcción del sello de arena-asfalto se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

432.4.10 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

432.4.11 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución del sello, tales como juntas irregulares, defectos transversales en la aplicación del ligante o el agregado, irregularidades del alineamiento, etc., así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con su aprobación, sin costo alguno para INVÍAS.

432.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

432.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

432.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

432.5.2.1 Calidad de la emulsión

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión son los establecidos en los artículos 411 y 415, según corresponda.

432.5.2.2 Calidad del agregado

De cada procedencia del agregado y para cualquier volumen previsto se deben tomar dos (2) muestras, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-201 y para cada fracción de ellas se deben realizar los ensayos indicados en la Tabla 432 — 1, cuyos resultados deben satisfacer, en su totalidad, las exigencias allí indicadas. Además, durante la etapa de producción, se deben efectuar las verificaciones de calidad del agregado indicadas en la Tabla 432 — 4.

Tabla 432 — 4. Ensayos de verificación sobre el agregado para sellos de arena-asfalto

Ensayo	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	E-213	1 por jornada
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza (F)		
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas (F)		
Angularidad de la fracción fina	E-239	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Riedel-Weber	E-774	1 por semana

El interventor puede autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 432 – 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se debe permitir el empleo de agregados pétreos que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 432.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de

ambos ensayos de comprobación deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

432.5.2.3 Calidad del producto terminado

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de calzada con sello de arena-asfalto.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de calzada con sello de arena-asfalto.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

En dicho lote, se deben efectuar los controles indicados a continuación:

432.5.2.3.1 Tasa de aplicación

Las dosificaciones del asfalto y del agregado se deben comprobar mediante las normas INV E-818 e INV E-819 respectivamente, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

Las tasas medias de aplicación de ligante residual (*TML*) y de agregados (*TMA*) por lote, no pueden variar en más de veinte por ciento (20 %) de las autorizadas por el interventor (*TEL* y *TEA*).

$$0{,}8\ TEL \leq TML \leq 1{,}2\ TEL \quad [432.1]$$

$$0{,}8\ TEA \leq TMA \leq 1{,}2\ TEA \quad [432.2]$$

Así mismo, ningún ensayo individual puede presentar un resultado por fuera del límite citado. Si lo anterior no se cumple, se debe rechazar el lote, salvo que se demuestre que el área con dosificación por fuera de la tolerancia va a presentar un comportamiento satisfactorio y se garantice, en cualquier punto, un coeficiente de resistencia al deslizamiento igual o superior al especificado en el inciso siguiente.

En caso de que no se pueda demostrar que el área construida con dosificación por fuera de la tolerancia presenta un comportamiento satisfactorio, y con independencia de que se cumplan los requisitos de resistencia al deslizamiento, el sello de arena-asfalto correspondiente al lote controlado debe ser levantado mediante fresado y/o microfresado, y repuesto hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. Si durante el proceso de remoción del sello, se causa algún deterioro a la capa subyacente, esta debe ser reparada hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS, antes de reponer el sello.

El material fresado es de propiedad del constructor.

432.5.2.3.2 Resistencia al deslizamiento

Antes de la puesta en servicio del sello de arena-asfalto, se deben hacer las determinaciones de la resistencia al deslizamiento. Debido a que esta se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se deben elegir al azar, sino que deben ser ubicados por el interventor en los lugares que considere más proclives al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se deben realizar con el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote y ninguna de ellas puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 432 — 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

Tabla 432 — 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

Tipo de sección	Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo	
	NT1	NT2
Secciones críticas: - Glorietas - Intersecciones - Zonas de frenado frecuente - Curvas con radio de curvatura < 200 m - Tramos con pendiente > 5 % y longitud ≥ 100 m	50	55
Otras secciones	45	50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular debe indicar el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 432 — 5 para el péndulo británico.

En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual debe ser levantada mediante fresado y/o microfresado, y repuesta hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

432.5.2.3.3 Regularidad superficial

Debido a sus características y el limitado espesor, los sellos de arena-asfalto no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se debe permitir la colocación del sello, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen sobre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la especificación general o particular referente a dicha capa.

432.5.2.4 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no

son generalizadas en toda el área correspondiente a un lote, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del equipo empleado en la aplicación del ligante o del agregado, puede modificar la extensión del lote, limitándola al área construida con dicha carga.

432.6 Medida

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.6.1.

432.7 Forma de pago

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.2.

432.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
432.1	Sello de arena-asfalto con emulsión CRR-65	Metro cuadrado (m^2)
432.2	Sello de arena-asfalto con emulsión CRR-65m	Metro cuadrado (m^2)

Lechada asfáltica

Artículo 433 – 22

433.1 Descripción

Este trabajo, también llamado *Slurry Seal,* consiste en la elaboración de una mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica de rotura lenta, convencional o modificada con polímeros, llenante mineral y, eventualmente, aditivos, sobre la superficie de un pavimento que no presenta un nivel avanzado de deterioro (por ejemplo agrietamientos por fatiga, desprendimiento severo de partículas, grietas con desprendimientos en el borde y ahuellamientos severos), de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, las cotas y las secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el interventor, con el objeto de rejuvenecer e impermeabilizar, sellar fisuras leves, mejorar las condiciones de resistencia al deslizamiento y en consecuencia la seguridad, así como de mitigar desprendimientos menores.

433.2 Materiales

433.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

Los agregados pétreos no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente puedan darse en la zona de empleo. Tampoco pueden dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en las presentes especificaciones.

433.2.1.1 Requisitos generales

Los agregados pétreos y el llenante mineral deben cumplir los requisitos generales del numeral 400.2.1 del artículo 400, y los requisitos particulares de la Tabla 433 — 1.

Tabla 433 — 1. Requisitos de los agregados para lechadas asfálticas

Característica	Norma de ensayo INV	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%)	E-218	25	25	25
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25	20
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18	18	18
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo	E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%)	E-239	45	45	45
Índice de Adhesividad (O)				
Riedel-Weber, mínimo (Nota 2)	E-774	4	4	4

Nota 1: el equivalente de arena debe ser el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de la incorporación del llenante mineral de aporte. En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 433 — 1, el agregado se debe aceptar si su equivalente de arena es superior a cuarenta por ciento (40 %) y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E-235, es inferior a diez (10).

Nota 2: en caso que el agregado fino presente un índice de adherencia Riedel-Weber menor a seis (6), se debe tener en cuenta lo especificado en el artículo 412, Suministro de aditivo mejorador de adherencia, para el respectivo mejoramiento de la adhesividad.

433.2.1.2 Agregado fino

El agregado fino debe proceder en su totalidad de la trituración de roca de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no puede exceder del veinticinco por ciento (25 %) de la masa total del agregado combinado.

433.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral incluido en los agregados se puede complementar o suplir con un producto comercial o especialmente preparado, generalmente cal hidratada o cemento, u otro material inerte de origen calizo libre de materia orgánica y partículas de arcilla cuya misión sea controlar el proceso de rotura de

la emulsión o activar la consecución de la cohesión de la lechada asfáltica. Debe cumplir con lo indicado en la Tabla 433 — 2.

Tabla 433 — 2. Requisitos del llenante mineral

Característica	Norma de ensayo INV	Valor
Densidad *bulk* (g/cm^3)	E-225	0,5 – 1,1

Adicional a lo anterior, en caso que el producto utilizado sea cal, se deben satisfacer los requisitos indicados en la tabla 433 – 3.

Tabla 433 — 3. Especificaciones para la cal

Requisito	Norma de ensayo	Masa (%)
Cal activa [% Ca $(OH)_2$ + % CaO], porcentaje (%) en masa, mínimo	ASTM C25 o NTC 5059	83
Cal deshidratada (porcentaje (%) en masa de CaO), máximo		7
Contenido de agua (porcentaje (%) en masa de H_2O), máximo		3

En caso de que el producto empleado corresponda a cemento, este debe ser de tipo Portland y garantizar el cumplimiento de lo establecido en el artículo 501, Suministro de cemento hidráulico, o los requisitos particulares que se establezcan en los documentos del proyecto.

No obstante, se recalca que los productos empleados deben estar respaldados por los certificados de calidad, ficha técnica proporcionados por el fabricante, hoja de seguridad elaborada según los lineamientos dados por la NTC 4435 o alguna otra que la sustituya, la dosificación, su forma de uso, almacenaje, y fechas de la elaboración y vencimiento.

433.2.1.4 Granulometría

La mezcla de agregados y llenante se debe ajustar a alguna de las gradaciones que se indican en la Tabla 433 — 4. La gradación por utilizar debe estar indicada en los documentos del proyecto y depende del estado de la superficie y de la función que vaya a cumplir la lechada.

Tabla 433 — 4. Gradaciones del agregado para lechadas asfálticas

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,180	0,075
	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 16	Nro. 30	Nro. 50	Nro. 80	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
LA — 13	100	85 — 100	60 — 85	40 — 60	28 — 45	19 — 34	12 — 25	7 — 18	4 — 8
LA — 10	-	100	70 — 90	45 — 70	28 — 50	19 — 34	12 — 25	7 — 18	5 — 11
LA — 5	-	100	85 — 100	65 — 90	45 — 70	30 — 50	18 — 30	10 — 20	5 — 15
LA — 3	-	-	100	95 — 100	65 — 90	40 — 60	24 — 42	15 — 30	10 — 20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4 %			3 %					1 %

La gradación LA — 3 solamente se puede utilizar para el sellado de grietas y como sello fino en carreteras de bajo tránsito (NT1). La gradación LA — 5 es de aplicación general para mejorar la macrotextura de la superficie. Las gradaciones LA — 10 y LA — 13 producen superficies con una macrotextura profunda y se emplean en vías con un alto nivel de tránsito (NT3).

433.2.2 Material bituminoso

Debe ser una emulsión catiónica convencional, de rotura lenta y superestable del tipo CRL-57h, que cumpla los requisitos indicados en artículo 411, o una emulsión modificada con polímeros, catiónica de rotura lenta y superestable del tipo CRL-57hm, que cumpla los requisitos indicados en el artículo 415. En caso de vías con alto nivel de tránsito (NT3), se debe emplear una emulsión modificada con polímeros.

Los documentos del proyecto deben indicar el tipo de emulsión por emplear, basándose principalmente en el tipo de agregado, las características del tránsito y las condiciones climáticas locales.

Con el fin de verificar las condiciones del material bituminoso, previo al inicio de las labores, el constructor debe presentar los certificados de los ensayos de calidad correspondientes, conforme a lo establecido en el artículo 411 o 415, según corresponda.

433.2.3 Agua

El agua para la preenvuelta debe ser limpia y libre de materia orgánica, así como de sales nocivas, químicos reactivos, aceites o contaminantes. Su calidad debe ser tal, que no afecte el proceso normal de elaboración, rotura y curado de la lechada. Puede ser agua potable; si no lo es, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 433 — 5.

Tabla 433 — 5. Requisitos del agua no potable para la construcción lechadas asfálticas

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH	D1293	5,5 — 8,0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

433.2.4 Aditivos para control de rotura

Cuando las características del proyecto exijan un control especial de los tiempos de rotura y apertura al tránsito, se deben emplear aditivos cuyas características se deben definir en las especificaciones particulares de construcción. Su dosificación y modo de dispersión, deben contar con aprobación del interventor, apoyado en el estudio técnico que los justifique (pruebas de calidad).

433.2.5 Aditivos para modificar la reología

En caso de incorporar productos modificadores de la reología de una lechada asfáltica elaborada con emulsión asfáltica convencional, fibras, por ejemplo, los documentos del proyecto deben determinar su dosificación, así como la del ligante utilizado, de manera que el comportamiento de la lechada sea semejante al que se obtendría al emplear una emulsión modificada con polímeros. A fin de verificar esta condición, es necesario que el constructor presente las curvas reológicas de los materiales (modificado y convencional).

433.3 Equipo

Se aplica lo que sea pertinente del numeral 400.3 del artículo 400.

El equipo debe incluir los elementos necesarios para la explotación, elaboración y clasificación de los agregados, una mezcladora móvil autopropulsada para la fabricación y extensión de la lechada; elementos para la limpieza de la superficie, elementos para el humedecimiento de la superficie y herramientas menores para correcciones localizadas durante la extensión de la lechada.

La mezcladora móvil debe ser de tipo continuo, dotada de las tolvas, tanques y dispositivos necesarios, de lectura fácil, sincronizados para dosificar de manera precisa los agregados, el llenante, el agua, la emulsión y los aditivos que requiera la lechada, de manera que permita obtener la composición correspondiente a la fórmula de trabajo; debe tener, además, un mezclador capaz de combinar uniformemente los componentes y descargar en flujo continuo, y una caja repartidora o rastra, que cubra como mínimo el ancho del carril, provista de dispositivos para evitar pérdidas laterales y de una maestra regulable de caucho que permita el correcto reparto, extensión y buena terminación de la lechada. La rastra debe llevar en su interior un dispositivo que reparta uniformemente la lechada asfáltica ante la maestra.

El mezclador de la máquina debe ser de doble eje y de paletas múltiples, siempre que la lechada se elabore con una emulsión asfáltica modificada con polímeros.

433.4 Ejecución de los trabajos

433.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

433.4.2 Diseño de la lechada y obtención de la fórmula de trabajo

Rige todo lo que resulte pertinente del numeral 400.4.2 del artículo 400.

La consistencia apropiada de la lechada se debe determinar en el laboratorio por medio de la prueba del cono de consistencia (norma de ensayo INV E-777).

El contenido óptimo de ligante se debe determinar mediante los ensayos mecánicos de abrasión en pista húmeda, según la norma de ensayo INV E-778 y absorción de arena en la máquina de rueda cargada, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-779. Para la elección del contenido óptimo, se deben tener en cuenta los criterios indicados en la Tabla 433 — 6.

Salvo que los ensayos del diseño indiquen lo contrario, la composición de la lechada se debe ajustar a lo establecido en la Tabla 433 — 7.

La lechada asfáltica no se puede fabricar a escala industrial, mientras el interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la fase de experimentación.

Tabla 433 — 6. Criterios para el diseño de lechadas asfálticas

Ensayo	Norma de ensayo INV	Valor máximo
Pérdida en el ensayo de abrasión en pista húmeda	E-778	0,065 g/cm^2
Absorción de arena en la máquina de rueda cargada:	E-779	1 por semana
Tránsito medio diario (vehículos):		
- Menos de 300		0,08 g/cm^2
- De 300 a 1 500		0,07 g/cm^2
- Más de 1 500		0,06 g/cm^2

433.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de proceder a la aplicación de la lechada asfáltica, la superficie que la va a recibir se debe limpiar de polvo, barro seco o cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o máquinas sopladoras. Solo se debe permitir el uso de escobas manuales en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos o donde las autoridades ambientales prohíban el uso de estos.

Si la superficie sobre la cual se va a aplicar la lechada corresponde a un pavimento asfáltico, se deben eliminar previamente, mediante fresado, todos los excesos de ligante que puedan existir y se deben reparar todos los desperfectos que puedan impedir una correcta

adherencia de la lechada asfáltica, tales como grietas, ahuellamientos y/o baches.

Las tapas de alcantarillas, válvulas y otras entradas de servicio se deben proteger de la aplicación con un método adecuado.

Tabla 433 — 7. Composición de las lechadas asfálticas

Composición	Tipo de gradación			
	LA — 13	**LA — 10**	**LA — 5**	**LA — 3**
Ligante residual (porcentaje (%) en masa sobre agregados)	5,5 — 7,5	6,5 — 12	7,0 — 13	10 — 15
Agua de preenvuelta (porcentaje (%) en masa sobre agregados)	8 — 12	10 — 15	10 — 15	10 — 20
Agua total (porcentaje (%) en masa sobre agregados)	10 — 20	10 — 20	10 — 20	10 — 30
Cantidad de lechada (kg/m2)	15 v 20	10 — 15	7 — 12	4 — 8
Capa en que se aplica	2.ª o única		cualquiera	1.ª o única

433.4.4 Fase de experimentación

Se aplica lo indicado en el numeral 400.4.3 del artículo 400.

433.4.5 Elaboración y aplicación de la lechada asfáltica

Una vez preparada y antes de iniciar la extensión de la lechada, la superficie por tratar debe ser humedecida con agua de manera uniforme en una cantidad que se debe fijar en acuerdo con el interventor, a la vista del estado de la superficie y las condiciones climatológicas prevalecientes. La tasa de distribución del agua puede estar entre cero coma trece y cero coma veintisiete litros por metro cuadrado (0,13 L/m^2 — 0,27 L/m^2) y se debe ajustar durante el día de acuerdo con las variaciones de temperatura, textura superficial y humedad del pavimento.

Las proporciones de los componentes de la lechada deben corresponder a la fórmula de trabajo aprobada.

La incorporación de los ingredientes se debe hacer de manera que la envuelta de los agregados por parte del ligante sea completa y homogénea mientras la lechada permanezca en el cajón mezclador.

La lechada preparada en el cajón mezclador de la máquina debe pasar a través de una compuerta vertedero a la caja repartidora, la cual se debe encargar de distribuirla de manera uniforme sobre la superficie.

El avance del equipo se debe hacer paralelamente al eje de la carretera y su velocidad se debe ajustar para garantizar una aplicación correcta de la lechada y una textura uniforme. Los límites de velocidad pueden estar entre los veinte y los cincuenta y cinco metros por minuto (20 m/min — 55 m/min).

El espesor de puesta en obra de la lechada no debe exceder el correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado pétreo empleado en su elaboración.

No se debe colocar ninguna mezcla cuya emulsión hubiere dado rompimiento antes de las operaciones de distribución, ni cuando existan demoras de más de treinta minutos (30 min) entre la preparación de la mezcla y su colocación.

433.4.6 Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo longitudinales no pueden presentar traslapos ni áreas sin cubrir y las acumulaciones que se produzcan deben ser alisadas manualmente de manera inmediata, antes de la rotura de la emulsión. Al finalizar la extensión de una franja, se debe realizar una junta transversal de trabajo, la cual debe ser recta y perpendicular al eje de la vía. Los traslapos de las juntas transversales deben ser alisados antes de la rotura de la emulsión, de modo que no se presenten cambios apreciables en la uniformidad de la superficie.

433.4.7 Aplicación en varias capas

En caso de estar prevista una segunda aplicación de lechada asfáltica, esta no se puede efectuar hasta cuando haya curado por completo el material extendido en la primera aplicación y haya sido sometido al tránsito automotor al menos durante un día (1 d). El material que se desprenda debe ser barrido antes de proceder a la aplicación de la segunda capa.

Las juntas longitudinales y transversales de la segunda capa no deben coincidir con las de la primera.

433.4.8 Apertura al tránsito

Se debe impedir la circulación de todo tipo de tránsito sobre las capas que no hayan curado completamente. El tiempo requerido para dicho curado depende del tipo de emulsión, de las características de la mezcla y de las condiciones climáticas y debe ser definido en la obra conjuntamente con el interventor.

433.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se permite la elaboración y la aplicación de la lechada, si la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie son inferiores a ocho grados Celsius (8 °C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

433.4.10 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

433.4.11 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten durante la ejecución de la lechada asfáltica, tales como

juntas irregulares, deficiencias o excesos de dosificación, irregularidades en el alineamiento, huellas del tránsito sobre la lechada sin curar, etc., deben ser corregidos por el constructor, sin costo para INVÍAS y hasta contar con la aprobación del interventor.

433.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

433.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 400.5.1 del artículo 400.

433.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

433.5.2.1 Calidad de la emulsión

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión son los establecidos en los artículos 411 o 415, según corresponda.

433.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el interventor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua empleada, debe verificar su pH y su contenido de sulfatos, cuyos valores deben ser acordes con lo exigido en el numeral 433.2.3, para permitir su empleo.

433.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos y el llenante mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deben realizar los ensayos que sean pertinentes de aquellos que se encuentran indicados en la Tabla 433 — 1.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y sobre ellas se debe determinar la densidad *bulk* (norma de ensayo INV E-225).

Los resultados de todas estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 433.2.1. Todos los materiales defectuosos deben ser rechazados por el interventor.

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se deben retirar los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se deben acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas y plasticidad, y se debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, efectuar las verificaciones de calidad de los agregados indicadas en la Tabla 433 — 7. Sobre el llenante mineral se deben efectuar pruebas de densidad *bulk* (norma de ensayo INV E-225) a razón de una (1) vez por semana, como mínimo, y siempre que se cambie la procedencia del llenante.

El interventor puede autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 433 — 8, siempre que este considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se deben emplear agregados o llenante que no satisfagan los requisitos

pertinentes del numeral 433.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

Tabla 433 — 8. Ensayos de verificación sobre los agregados para lechadas asfálticas

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Riedel-Weber	E-774	1 por semana

Nota: en caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 433 — 1.

433.5.2.4 Composición y resistencia de la lechada

433.5.2.4.1 Contenido de asfalto

Para efectos del control, se debe considerar como lote que se acepta o rechaza en su totalidad, la lechada asfáltica correspondiente a dos (2) cargas de la máquina mezcladora. De ella, se debe extraer un mínimo de cinco (5) muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, de una masa aproximada de dos kilogramos (2 kg) cada una, las cuales se deben emplear en la determinación del contenido de asfalto (norma de ensayo INV E-732) y la granulometría de los agregados (norma de ensayo INV E-782).

El contenido medio de asfalto residual del tramo constituido por el lote (*ART* %) no debe diferir del contenido de asfalto establecido en la fórmula de trabajo (*ARF* %) en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %).

$$(ARF\ \%\text{-}0{,}5\ \%) \leq ART\ \% \leq (ARF\ \%\text{+}0{,}5\ \%) \quad [433.1]$$

A su vez, solo se debe admitir un valor de contenido de asfalto residual de muestra individual (*ARI* %) que se aparte en más de uno por ciento (1,0 %) del valor medio del lote.

$$(ART\ \%\text{-}1{,}0\ \%) \leq ARI\ \% \leq (ART\ \%\text{+}1{,}0\ \%) \quad [433.2]$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se debe rechazar el lote. En este caso, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, esta debe ser reparada hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS, antes de reponer la lechada. El material fresado es de propiedad del constructor.

433.5.2.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica, en cada ensayo individual, debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada y estar ajustada a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 433 — 3. No se debe permitir que la curva se salga de los límites de dicha franja.

Cuando los valores obtenidos incumplan los requisitos establecidos en la Tabla 433 — 3, pero no salgan de la franja, el constructor debe preparar una lechada con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la lechada elaborada con este agregado. Ella se debe someter a las pruebas de resistencia y absorción mencionadas en el numeral 433.4.2 de esta especificación. En caso de no cumplir los requisitos exigidos por dichas pruebas, se debe rechazar el lote.

En caso de rechazo, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, esta debe ser reparada hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS, antes de reponer la lechada. El material fresado es de propiedad del constructor.

433.5.2.4.3 Resistencia

Por cada lote se deben extraer dos (2) muestras de la mezcla en la descarga de la máquina (una de cada carga que constituye el lote), con las cuales se deben elaborar probetas para los ensayos de abrasión en pista húmeda (norma de ensayo INV E-778) y absorción de arena en la máquina de rueda cargada (norma de ensayo INV E-779).

El desgaste medio (d_m) y la absorción media de arena (A_m), no deben superar los valores definidos en la fórmula de trabajo (d_t) y (A_t) en más de veinte por ciento (20 %). En caso contrario, se debe rechazar el lote.

$$d_m \leq 1{,}2\ d_t \quad [433.3]$$

$$A_m \leq 1{,}2\ A_t \quad [433.4]$$

En caso de rechazo, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, esta debe ser reparada hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS, antes de reponer la lechada. El material fresado es de propiedad del constructor.

433.5.2.5 Calidad del producto terminado

El pavimento terminado se debe ajustar a las rasantes y pendientes establecidas en los documentos del proyecto y presentar una superficie uniforme. La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pavimento tratado con lechada asfáltica no puede ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los documentos del proyecto.

Para cada lote, se deben realizar los siguientes controles:

433.5.2.5.1 Tasa de aplicación

La dotación de la lechada se debe verificar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación de la lechada, en no menos de cinco (5) puntos del área considerada como lote, ubicados al azar según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

La tasa media de aplicación (*TMA*), en kilogramos por metro cuadrado (kg/m^2), no puede variar en más de quince por ciento (15 %) de la autorizada como resultado de la fase de experimentación (*TME*), so pena de rechazo del tramo que constituye el lote.

$$0{,}85\ TME \leq TMA \leq 1{,}15\ TME \quad [433.5]$$

En caso de rechazo, la lechada asfáltica correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, esta debe ser reparada hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS, antes de reponer la lechada. El material fresado es de propiedad del constructor.

433.5.2.5.2 Textura

Por cada lote se deben efectuar, como mínimo, tres (3) pruebas de profundidad de textura con el círculo de arena (INV E-791). Las pruebas se deben realizar dentro de los quince días (15 d) siguientes a la extensión de la lechada.

Ningún valor de la profundidad de textura puede ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido en la Tabla 433 — 9.

El incumplimiento de este requisito implica el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, la lechada debe ser levantada mediante fresado y repuesta con una adecuada, por cuenta del constructor, hasta contar con la aprobación del interventor y sin costo alguno para INVÍAS. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa

algún deterioro a la capa subyacente, esta debe ser reparada hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS, antes de reponer la lechada.

Tabla 433 — 9. Valores promedio de la profundidad de textura mínimos admisibles para las lechadas asfálticas

Característica	Tipo de lechada			
	LA — 13	LA — 10	LA — 5	LA — 3
Profundidad de textura, mínimo (mm)	1,1	0,9	0,7	0,5

433.5.2.5.3 Resistencia al deslizamiento

Por cada lote se deben efectuar, como mínimo, tres (3) ensayos de resistencia al deslizamiento de conformidad con la norma de ensayo INV E-792. Tales ensayos se deben realizar una vez transcurridos treinta días (30 d) desde la aplicación de la lechada.

Los valores promedio de la resistencia al deslizamiento con el péndulo británico no puede ser menores que los mínimos admisibles relacionados en la Tabla 433 — 10. Ningún valor individual del coeficiente de resistencia al deslizamiento puede ser inferior al valor indicado en dicha tabla en más de diez unidades (10) ni ser inferior a cuarenta y cinco (45).

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular debe indicar el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales debe ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 433 — 10 para el péndulo británico.

El incumplimiento de este requisito implica el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, la lechada debe ser levantada mediante fresado y repuesta con una adecuada, por cuenta del constructor, hasta contar con la aprobación del interventor y sin costo alguno para INVÍAS. Si durante el proceso de remoción de la lechada se causa algún deterioro a la capa subyacente, esta debe ser reparada hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS, antes de reponer la lechada. El material fresado es de propiedad del constructor.

Tabla 433 — 10. Resistencia al deslizamiento con el péndulo británico para las lechadas asfálticas

Característica	Tipo de lechada			
	LA — 13	LA — 10	LA — 5	LA — 3
Promedio del coeficiente de resistencia, mínimo:				
- Glorietas; curvas con radios menores de 200 m; pendientes ≥ 5 % en longitudes de 100 m o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente:				
• NT1	55		50	50
• NT2	60		60	55
• NT3	60		60	60
- Otras secciones:				
• NT1	50		45	45
• NT2	60		55	50
• NT3	60		55	55

433.5.2.5.4 Regularidad superficial

Debido a sus características y limitado espesor, las lechadas asfálticas no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se debe permitir la colocación de la lechada, mientras no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen sobre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la especificación general o particular referente a dicha capa.

433.5.2.6 Modificación eventual de la extensión del lote

Si el interventor considera que las deficiencias de calidad del producto terminado no son generalizadas en toda el área considerada como lote en el numeral 433.5.2.4.1, sino que se restringen a la superficie tratada por una sola carga del equipo empleado en la aplicación de la lechada, puede modificar la extensión del lote, limitándola al tramo construido con dicha carga.

433.6 Medida

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del artículo 400 y, en particular, lo indicado en el numeral 400.6.1.

433.7 Forma de pago

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del artículo 400 y, en particular, lo indicado en el numeral 400.7.2.

433.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
433.1	Lechada asfáltica con emulsión CRL-57h, tipo LA — 13	Metro cuadrado (m^2)
433.2	Lechada asfáltica con emulsión CRL-57h, tipo LA — 10	Metro cuadrado (m^2)
433.3	Lechada asfáltica con emulsión CRL-57h, tipo LA — 5	Metro cuadrado (m^2)
433.4	Lechada asfáltica con emulsión CRL-57h, tipo LA — 3	Metro cuadrado (m^2)

Ítem	Descripción	Unidad
433.5	Lechada asfáltica con emulsión CRL-57hm, tipo LA — 13	Metro cuadrado (m^2)
433.6	Lechada asfáltica con emulsión CRL-57hm, tipo LA — 10	Metro cuadrado (m^2)
433.7	Lechada asfáltica con emulsión CRL-57hm, tipo LA — 5	Metro cuadrado (m^2)
433.8	Lechada asfáltica con emulsión CRL-57hm, tipo LA — 3	Metro cuadrado (m^2)

Mezclas asfálticas en frío (densa y abierta)

Artículo 440 – 22

440.1 Descripción

Este trabajo consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y la compactación de una mezcla asfáltica preparada en frío, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, las cotas, las secciones y los espesores indicados en los documentos del proyecto.

La Tabla 440 — 1 relaciona dos tipos de mezclas asfálticas en frío, en función del tipo de granulometría densa o abierta. Las mezclas asfálticas de tipo abierto pueden ser preparadas en una planta fija o ambulante.

Tabla 440 — 1. Tipos de mezclas asfálticas en frío

Tipo	Denominación
Mezclas densas	MDF
Mezclas abiertas	MAF

440.2 Materiales

440.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

440.2.1.1 Requisitos generales

Los requisitos que se exigen en esta sección son de tipo prescriptivo, para evaluar la calidad de los materiales que componen la mezcla asfáltica. En caso de no cumplirse alguno(s) de ellos, la aceptación o rechazo respectivos deben ser evaluados según las premisas de desempeño indicadas en el diseño, y según sean las condiciones de las fuentes locales. La aprobación debe ser sustentada mediante un informe técnico detallado, desarrollado por el especialista en pavimentos y/o geotecnia, donde se consigne cuál debe ser el desempeño y la durabilidad, proponiendo las estrategias necesarias para garantizar el cumplimiento del diseño. El interventor debe aprobar o rechazar los materiales en función de los requisitos establecidos en esta sección y en los establecidos en el informe de desempeño del especialista.

Los agregados pétreos y el llenante mineral deben cumplir los requisitos generales del numeral 400.2.1 del artículo 400. Adicionalmente, deben cumplir los requisitos específicos de la Tabla 440 — 2.

Tabla 440 — 2. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en frío

Característica	Norma de ensayo	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%). (Nota 1): - Capa de: rodadura/intermedia/base	INV E-218	25/35/-	25/35/35	25/35/35
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%): - Capa de: rodadura/intermedia/base	INV E-238	-	25/30/30	20/25/25
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos, capa de: rodadura/intermedia/base: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	INV E-224	-	-	110/90/75 75/75/75
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo.	INV E-232	45	45	45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%).	INV E-220	18	18	18
Análisis petrográfico				
Cuantifica los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado (Nota 2).	ASTM C295	-	-	Reportar
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%).	INV E-237	0,5	0,5	0,5
Limpieza, gradación combinada (F) (Nota 2)				
Índice de Plasticidad, máximo (%).	INV E-125 e INV E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%).	INV E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo.	INV E-235	10	10	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%).	INV E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): - Una cara: rodadura/intermedia/base - Dos caras: rodadura/intermedia/base	INV E-227	75/60/- -/-/-	75/75/60 60/-/-	85/75/60 70/-/-
Geometría de las partículas, agregado fino (F) (Nota 2)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%): - Capa de: rodadura/intermedia/base	INV E-239	40/35/-	45/40/35	45/40/35

Característica	Norma de ensayo	Nivel de Tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Gravedad específica				
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%).	INV E-757	Reportar		
Agregado fino (Nota 3): adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo.	INV E-774	4		
Gravedad específica y absorción	INV E-222 y INV E-223	Reportar		

Nota 1: se aceptan valores superiores de desgaste siempre y cuando el valor de Micro-Deval se cumpla; esta nota no resulta aplicable para tránsito NT1.

Nota 2: este ensayo es aplicable únicamente para transito NT3. El informe debe cuantificar los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado, debe incluir advertencia sobre la presencia de minerales contaminantes, deletéreos, con posibles reactividades químicas, inestables o susceptibles a cambios volumétricos. Debe indicar el grado de meteorización o de alteración del agregado, y la porosidad. También debe incluir valores de acidez y carga de partícula con un concepto sobre la adherencia con el asfalto y las emulsiones.

Nota 3: los requisitos de los agregados referidos a Limpieza, gradación combinada (F) y Geometría de las partículas, agregado fino (F), no son aplicables a los agregados pétreos empleados en la preparación de mezclas de tipo abierto, en la medida que estas mezclas tienen grandes porcentajes de vacíos y no tienen en su composición porcentajes significativos de agregado fino ni llenante mineral.

440.2.1.2 Agregado grueso

El agregado grueso debe proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. El agregado grueso debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del material bituminoso.

440.2.1.3 Agregado fino

El agregado fino debe proceder en su totalidad de la trituración de roca de cantera o de grava natural o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no puede exceder los valores indicados en la Tabla 440 — 3.

Tabla 440 — 3. Proporción de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas densas en frío

Característica	NT1	NT2	NT3
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado combinado.	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado fino.	≤ 50		

Nota: los requisitos de la Tabla 440 — 3 no son aplicables a mezclas asfálticas en frío de tipo abierto.

440.2.1.4 Llenante mineral

El llenante mineral puede provenir de los procesos de trituración de los agregados pétreos o puede ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada (ver requisitos en la NTC 4019) o cemento hidráulico (ver requisitos en el numeral 501.2.1 del artículo 501). Debe cumplir los requisitos mencionados en la Tabla 440 — 4.

Tabla 440 — 4. Requisitos del llenante mineral

Característica	Norma de ensayo INV	NT1	NT2	NT3
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz de 1,18 mm (nro. 16) - % que pasa tamiz de 0,600 mm (nro. 30) - % que pasa tamiz de 0,150 mm (nro. 100) - % que pasa tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	E-215		100 97 — 100 95 — 100 70 — 100	
Densidad *bulk* (g/cm^3)	E-225		0,5 — 0,8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	-	≥ 38	

Nota: los requisitos de la Tabla 440 — 4 no son aplicables a mezclas asfálticas en frío de tipo abierto.

La proporción de llenante mineral de aporte se fija en las especificaciones particulares del proyecto.

440.2.1.5 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral cuando aplique, debe estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 440 — 5. El análisis granulométrico se debe efectuar, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

Tabla 440 — 5. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en frío

Tipo de mezcla	Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
		37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36	0,300	0,075
		1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 50	Nro. 200
		Pasa tamiz (%)								
Densa	**MDF-38**	100	80 — 95	-	62 — 77	-	45 — 60	35 — 50	13 — 23	3 — 8
	MDF-25	-	100	80 — 95	-	60 — 75	47 — 62	35 — 50	13 — 23	3 — 8
	MDF-19	-	-	100	80 — 95	-	50 — 65	35 — 50	13 — 23	3 — 8
	Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4 %						3 %		1 %
Abierta	**MAF-38**	100	70 — 95	-	25 — 55	-	0 — 15	0 — 5	-	0 — 2
	MAF-25	-	100	70 — 95	-	20 — 45	0 — 20	0 — 10	-	0 — 2
	MAF-19	-	-	100	70 — 95	-	10 — 30	0 — 10	-	0 — 2
	Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4 %						3 %		

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

El tipo de gradación por utilizar debe estar en función del tipo de capa y el espesor compacto. Esto se define en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 440 — 6.

Tabla 440 — 6. Tipo de gradación por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

Tipo de mezcla	Tipo de gradación	Tipo de capa	Espesor de capas de compactación (mm)
Densa	MDF-19 MDF-25	Rodadura	40 — 50 50 — 75
	MDF-25	Intermedia	≥ 50
	MDF-38	Base	≥ 75

Tipo de mezcla	Tipo de gradación	Tipo de capa	Espesor de capas de compactación (mm)
Abierta	MAF-19 MAF-25	Rodadura	< 40 40 — 75
	MAF-25	Intermedia	40 — 75
	MAF-38	Base	> 75

Nota: para las mezclas densas en el caso de bacheos, el tipo de gradación por emplear depende de las características de las capas existentes y se debe definir en los documentos del proyecto. En el caso de las mezclas asfálticas abiertas en frío, se puede emplear la gradación MAF-38.

440.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar las mezclas asfálticas en frío debe ser emulsiones asfálticas de rotura media o lenta que cumplan los requisitos de calidad establecidos en el artículo 411, Suministro de emulsión asfáltica catiónica, y que sea compatible con los agregados pétreos por emplear. El tipo de emulsión por emplear se define siguiendo los lineamientos de la Tabla 440 — 7.

Tabla 440 — 7. Tipo de emulsión asfáltica por utilizar en fabricación de mezclas asfálticas en frío

Tipo de mezcla	Tipo de emulsión	Rotura	Designación
Densa	Catiónica	Lenta	CRL-57 CRL-57h
Abierta		Media	CRM-65

440.2.3 Agua

El agua por emplear en la elaboración de mezclas asfálticas en frío debe ser limpia y libre de materia orgánica y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable. Si no lo es, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 440 — 8.

Tabla 440 — 8. Requisitos del agua no potable para la construcción mezclas asfálticas en frío

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH	D1293	5,5 – 8,0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

Nota: los requisitos de la Tabla 440 — 8 no son aplicables a mezclas asfálticas en frío de tipo abierto, ya que estas normalmente no requieren la adición de agua.

440.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el material bituminoso

Cuando se requieran, se deben ajustar a lo descrito en el artículo 412, Suministro de aditivo mejorador de adherencia. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deben tener la aprobación del interventor.

El constructor debe garantizar que su incorporación no produce efecto nocivo alguno a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, es de responsabilidad exclusiva del constructor, quien debe efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobada por este.

440.3 Equipo

Los principales elementos requeridos para la ejecución de los trabajos, son los siguientes:

- Equipo para la elaboración de agregados triturados.
- Planta mezcladora fija o móvil.
  Equipo para el transporte de agregados y mezclas.
- Equipo para transferencia de la mezcla (*shuttle buggy*), opcional.
- Pavimentadora autopropulsada para la extensión de la mezcla.
- Equipo de compactación.
- Equipo accesorio.

En relación con el equipo, rige lo que resulte aplicable del numeral 400.3 del artículo 400. A continuación, se mencionan algunos aspectos adicionales:

440.3.1 Equipo de compactación

Se deben utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, de neumáticos, estáticos o vibratorios, triciclos o tándem. El equipo de compactación debe ser aprobado por el interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

440.3.2 Equipo accesorio

En caso de que la mezcla se elabore en plantas ambulantes, se debe disponer de vehículos adecuados para el suministro permanente de agregados, agua y emulsión a las plantas.

Para el caso de las mezclas de tipo abierto se requiere, además, un esparcidor mecánico o volqueta desde el cual se pueda repartir arena manualmente sobre la superficie con ayuda de palas. Dado que las mezclas abiertas en frío normalmente no requieren la adición de agua, los depósitos y los dispositivos para la aplicación de esta en la planta pueden no ser necesarios.

440.4 Ejecución de los trabajos

440.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

440.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

440.4.2.1 Generalidades

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del artículo 400.

440.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas asfálticas en frío de tipo denso se deben diseñar por resistencia a la compresión, siguiendo los pasos descritos en la Tabla 440 — 9 y los numerales 440.4.2.2.1, 440.4.2.2.2, 440.4.2.2.3 y 440.4.2.2.4.

Por su parte, para las mezclas de tipo abierto, el contenido del ligante se debe fijar en función de los materiales por emplear, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. Se debe verificar que las mezclas (especialmente las abiertas) no produzcan escurrimiento de la emulsión. Se debe hacer, ante todo, una determinación del contenido óptimo teórico de ligante, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados. Luego, con proporciones variables de ligante por encima y por debajo de este óptimo teórico, se deben elaborar mezclas para someterlas al ensayo de cubrimiento y desplazamiento, según la norma INV E-769, cuyos resultados permiten definir la proporción de emulsión, en relación con el peso de los agregados secos.

La fórmula de trabajo debe indicar cuántos días o semanas puede permanecer la mezcla en condiciones de almacenamiento antes de proceder con su instalación.

La mezcla abierta en frío no se puede fabricar a escala industrial, mientras el interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras, varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Tabla 440 — 9. Pasos para el diseño de las mezclas asfálticas densas en frío

Pasos	Descripción	Numeral
Diseño preliminar	Contenido de agua de preenvuelta	440.4.2.2.1
	Contenido de ligante	
	Humedad de compactación	
Diseño por resistencia	Prueba de inmersión-compresión	440.4.2.2.2
Verificación del diseño por resistencia (capas de rodadura con tránsito NT3)	Ahuellamiento	440.4.2.2.3

440.4.2.2.1 Diseño preliminar

Los contenidos de agua de preenvuelta y de ligante se deben fijar, en función de los materiales por emplear, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. Adicionalmente, se deben hacer las determinaciones indicadas en la Tabla 440 — 10.

Tabla 440 — 10. Determinaciones para el diseño preliminar de mezclas asfálticas densas en frío

Parámetro	Norma de ensayo INV	Comentarios
Humedad de compactación	E-142	Se determina la humedad óptima
Contenido óptimo teórico de ligante, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados	E-741	Con la norma se determina la superficie específica del agregado y se aplica una constante de riqueza apropiada

440.4.2.2.2 Diseño por resistencia

Se deben elaborar mezclas con diferentes contenidos de ligante, por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos cuatro (4) contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se debe determinar mediante la aplicación de los criterios mencionados en la Tabla 440 — 11.

Tabla 440 — 11. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de ligante

Parámetro	Norma de ensayo INV	Valor
Resistencia seca *Rs*, mínimo (MPa)	E-622	2,5
Resistencia húmeda *Rh*, mínimo (MPa)		2,0
Resistencia conservada *Rc* = *Rh*/*Rs*, mínimo (%)		75

440.4.2.2.3 Verificación del diseño por resistencia (capas de rodadura en carreteras con tránsito de diseño NT3)

Para capas de rodadura en vías con tránsito de diseño NT3, la mezcla definida como óptima al efectuar el diseño por el método de inmersión-compresión se debe verificar con la medida de su resistencia a la deformación plástica, mediante la pista de ensayo de laboratorio, según la norma de ensayo INV E-756, modificada, de manera que se permita el curado de la mezcla compactada, antes de proceder al ensayo. Debe cumplir los criterios que se presentan en la Tabla 440 — 12.

Tabla 440 — 12. Criterios de resistencia a la deformación plástica para capas de rodadura en carreteras con tránsito NT3

Propiedad	Norma de ensayo INV	Valor
Velocidad máxima de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos (µm/min): - Temperatura media anual > 24 °C - Temperatura media anual ≤ 24 °C	E-756	 15 20

Si este requisito no se cumple, se deben efectuar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla.

440.4.2.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varían la procedencia o las características de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

440.4.3 Preparación de la superficie existente

Las mezclas asfálticas en frío no se deben extender hasta que se compruebe que, la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla requiere riegos previos de imprimación o de liga, ellos se deben realizar conforme lo establecen los artículos correspondientes de estas especificaciones.

Antes de aplicar la mezcla, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego previo. No deben quedar restos de fluidificante en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se debe comprobar que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial. Si ello sucede, el constructor debe efectuar un riego adicional de adherencia, en la cuantía que fije el interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al constructor, el nuevo riego lo debe realizar a su costa.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se deben ejecutar de acuerdo con las indicaciones del artículo 465, para la excavación, y de los artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de dicha excavación.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios y documentos del proyecto, requiere un fresado previo, este se debe realizar conforme se establece en el artículo 460.

440.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del artículo 400.

440.4.5 Aprovisionamiento de los agregados

Cuando la mezcla se elabore en instalaciones fijas, los agregados se deben suministrar fraccionados. El número de fracciones debe ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias aceptadas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, al cumplir las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores de ellos. Los acopios se deben construir por capas de espesor no superior a uno coma cinco metros (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se deben colocar adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se deben acopiar por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

La carga de las tolvas se debe realizar de forma que estas contengan entre cincuenta y cien por ciento (50 % – 100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se deben tomar las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se debe realizar en dos (2) tolvas, así este sea de un tipo único.

440.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

Las aberturas de salida de las tolvas se deben regular, de forma que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de alimentación en frío.

Los agregados preparados, como se ha indicado anteriormente, se deben pesar o medir exactamente. De igual forma, se deben transportar al mezclador, en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, una vez que los agregados se encuentren en el mezclador, se debe introducir el agua de preenvuelta necesaria, de acuerdo con la humedad de aquellos y, más adelante, la cantidad de emulsión requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado.

Nota: lo referente a la incorporación de agua de preenvuelta en el mezclador no resulta aplicable para las mezclas asfálticas en frío de tipo abierto, ya que estas normalmente no requieren la adición de agua.

La tolva de descarga se debe abrir intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla al camión.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido los agregados en el mezclador, se debe añadir el agua necesaria de preenvuelta de acuerdo con la humedad de aquellos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo de los agregados, se debe añadir automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se debe encontrar a la temperatura adecuada y se debe continuar la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En los mezcladores de ejes gemelos, el volumen total de los agregados, agua y asfalto no debe ser tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando estas se encuentren en posición vertical.

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente a la volqueta, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte a la volqueta o directamente a una

pila de almacenamiento. En el caso de que se emplee una banda, se debe regular su velocidad, verificar el buen funcionamiento del raspador y lubricarla con una pequeña cantidad de agua, con el fin de evitar segregaciones de la mezcla.

Cuando la mezcla se elabore en plantas ambulantes, la dosificación de los agregados se debe efectuar en una instalación ubicada fuera de la obra, donde las volquetas se deben cargar y deben transportar la mezcla de agregados a la tolva receptora de la planta ambulante, la cual debe estar provista de dispositivos dosificadores similares a los de las plantas continuas, los cuales deben ser sincronizados para obtener las proporciones deseadas de agregados, agua y emulsión. Los ingredientes se deben conducir a una mezcladora continua que debe verter la mezcla en la carretera. La distribución de la mezcla se debe hacer por medio de dos tornillos sinfín delante de una viga maestra niveladora, que extiende y perfila la capa.

En todos los casos en que se empleen aditivos, estos se deben unir a los agregados antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

En caso de que se utilicen métodos de fabricación especiales, el interventor debe aprobar previamente los procedimientos de elaboración.

440.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se debe transportar a la obra en volquetas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con la luz solar. Solamente se debe permitir el trabajo en horas de la noche, bajo las condiciones mencionadas en el numeral 440.4.15.

Durante el transporte de la mezcla, se deben tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de humedad, cuando sea aplicable, y de los solventes volátiles de la emulsión, así como para prevenir la segregación de la mezcla.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deben limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deben mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos, y sus cargas por eje y totales se deben encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

440.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (*shuttle buggy*), la volqueta debe descargar la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se deben encargar de alimentar la pavimentadora, sin que esta sea tocada por las llantas de la volqueta, para favorecer de esta manera la regularidad superficial.

440.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla asfáltica en frío se debe extender con la máquina pavimentadora, de modo que se cumpla con los alineamientos, los anchos y los espesores señalados en los documentos del proyecto.

A menos que se ordene otra cosa, la extensión debe comenzar a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior de las secciones peraltadas. La mezcla se debe

colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en la operación de extendido, teniendo en cuenta el ancho y las pendientes de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas, con el fin de no tener que corregir la capa extendida. Por ningún motivo, se debe permitir el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se debe permitir la segregación de materiales. Si ocurre, la extensión de la mezcla se debe suspender inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación se debe remover y reemplazar con material apropiado, a expensas del constructor.

Se debe disponer de un número suficiente de obreros especializados tras la pavimentadora, quienes deben agregar mezcla y enrasarla, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones indicadas en esta especificación.

En el caso de que la mezcla se elabore y extienda con la planta ambulante, deben ser igualmente aplicables todas estas instrucciones.

Nota: la adición y enrase de la mezcla por parte de obreros tras la máquina pavimentadora no resulta aplicable a mezclas asfálticas en frío de tipo abierto.

En los sitios en los que no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras o plantas ambulantes, en especial en trabajos de bacheo, la mezcla se puede extender a mano. La mezcla se debe descargar fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se debe distribuir en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos, en una capa uniforme y de espesor tal, que una vez compactada, se ajuste a los documentos del proyecto, dentro de las tolerancias establecidas en la presente especificación.

440.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación de la mezcla se debe realizar de acuerdo con el plan propuesto por el constructor y aprobado por el interventor, durante la fase de experimentación.

La compactación debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas, donde el cilindro debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso, en la forma aceptada por el interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deben llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el interventor, y sus cambios de dirección se deben hacer sobre la mezcla ya compactada.

La compactación se debe realizar, de manera continua durante la jornada de trabajo y se debe complementar con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Se debe cuidar que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si es preciso, húmedos.

En los lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, el proceso se debe efectuar mediante máquinas de tamaño y diseño adecuado para la labor por realizar.

Cuando la mezcla tenga por objeto servir como capa de rodadura, la textura del pavimento terminado debe ser uniforme y permitir la adecuada adherencia con las llantas de los vehículos en condición de superficie húmeda.

Normalmente, la compactación de las mezclas de tipo abierto comienza con una sola pasada del rodillo vibratorio liso, con el fin de obtener la adecuada orientación del agregado. A continuación, se debe extender manualmente una capa de arena, a razón de unos cuatro kilogramos por metro cuadrado (4 kg/m^2), con el fin de eliminar la consistencia viscosa de la mezcla y, posteriormente, se debe pasar el rodillo neumático el número de veces definido en la fase de experimentación, con el fin de que la mezcla alcance un grado de firmeza aprobado por el interventor.

Durante el proceso de compactación en las mezclas abiertas, se debe aplicar un sello de arena para evitar la adhesión de las llantas de los vehículos, debido a la presencia de fluidificantes en la emulsión asfáltica. La arena debe ser natural, proveniente de trituración o una mezcla de ambas; debe estar exenta de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras materias objetables. Sus características deben ser las mismas que se exigen a los agregados para el sello de arena-asfalto, según el artículo 432.

440.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deben cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar una capa uniforme y ligera de riego de liga antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

El borde de la capa extendida con anterioridad se debe cortar verticalmente, con el fin de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, que se debe pintar como se ha indicado en el párrafo anterior. La nueva mezcla se debe extender contra la junta y se debe compactar y alisar con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deben cortar para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se debe compactar mecánicamente.

Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales y de ciento cincuenta milímetros (150 mm), en el caso de las longitudinales.

440.4.12 Almacenamiento de mezclas asfálticas en frío

Cuando la mezcla no se vaya a emplear inmediatamente después de su fabricación, se debe

acopiar en un lugar apropiado, donde quede protegida contra la acción de lluvias que puedan lavar la película de ligante. Los acopios se deben realizar por capas de poca altura para evitar la segregación y con una disposición adecuada para prevenir su contaminación.

Si el tiempo de almacenamiento es muy largo y se forma una costra dura en la superficie del acopio, esta costra se debe retirar completamente y descartar en el momento en que se vaya a emplear la mezcla.

440.4.13 Pavimento sobre puentes y viaductos

Las losas de los puentes y los viaductos se deben pavimentar con mezcla densa en frío de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa la aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 440.4.3.

Durante la ejecución del riego y de la pavimentación, el constructor debe proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y viaductos que puedan ser afectadas por el ligante bituminoso. El constructor es responsable por todo daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza corren por su cuenta.

440.4.14 Bacheos

Al rellenar toda excavación para reparación del pavimento existente cuya profundidad haya sido superior a ciento cincuenta milímetros (150 mm), los últimos setenta y cinco milímetros (75 mm) hasta alcanzar el nivel de la rasante existente se deben rellenar con mezcla asfáltica, la cual se debe compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad especificada. El resto de la excavación se debe rellenar como se establece en los numerales correspondientes a bacheo de subbase y base granulares en los artículos 320 y 330, respectivamente.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), se debe rellenar en su totalidad con mezcla asfáltica, en capas de espesor compactado comprendido entre cincuenta y setenta y cinco milímetros (50 mm – 75 mm), hasta alcanzar la rasante existente.

Estos espesores pueden variar, si así lo establecen los documentos del proyecto o lo autoriza el interventor, en particular cuando se trate de labores de conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos antiguos con estructuras complejas.

Tanto la superficie que recibe las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, se deben pintar con un riego de liga, conforme a las instrucciones del interventor.

440.4.15 Apertura al tránsito

En el caso de las mezclas de tipo denso, no se debe permitir el tránsito público, hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, se debe limitar la velocidad a veinte kilómetros por hora (20 km/h), para impedir que se produzcan aceleraciones, frenadas o giros bruscos sobre la capa.

Por su parte, en las mezclas de tipo abierto, el tramo pavimentado se puede abrir al tránsito una vez que el grado de compactación alcanzado cuente con la aprobación del interventor. La velocidad de los vehículos se debe limitar a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las setenta y dos horas (72 h) siguientes a la apertura al tránsito.

En los casos en que la mezcla abierta en frío se construya como capa intermedia, se puede abrir al tránsito con las mismas limitaciones, mientras se construye la capa superior, la cual no se puede colocar hasta que la mezcla abierta se encuentre totalmente curada en cuanto a la eliminación del agua y del fluidificante de la emulsión.

440.4.16 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión y la compactación de mezclas densas en frío, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el constructor debe, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector afectado, hasta ser aprobado por el interventor.

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica en frío se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

440.4.17 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

440.4.18 Reparaciones

El constructor debe corregir, a su costa, todos los defectos no advertidos durante la colocación y la compactación, tales como: protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con su aprobación. El constructor debe proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

440.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

440.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

440.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

440.5.2.1 Calidad de la emulsión

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica son los establecidos en el artículo 411.

440.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el interventor tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada en la mezcla, debe verificar su pH y su contenido de sulfatos, cuyos valores deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 440.2.3, para permitir su empleo.

Si alguna mezcla ha sido elaborada con un agua calificada de inapropiada, se debe poner en observación, hasta el recibo definitivo de los trabajos y, en caso de que presente deterioros, se debe remover y reconstruir por cuenta exclusiva del constructor y hasta ser aprobada por el interventor. La mezcla removida es de propiedad del constructor.

Nota: los requisitos del numeral 440.5.2.2 no son aplicables a mezclas asfálticas en frío de tipo abierto, ya que estas normalmente no requieren la adición de agua.

440.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

440.5.2.3.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le debe realizar los ensayos indicados en la Tabla 440 — 2.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral cuando sea aplicable y para cualquier volumen previsto, se deben tomar dos (2) muestras y sobre ellas se debe determinar la densidad *bulk*, según la norma INV E-225.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 440.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

440.5.2.3.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las descargas a los acopios y debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. También, debe ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, debe efectuar las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 440 — 13 para los agregados grueso y fino, y en la Tabla 440 — 14 para el llenante mineral, si este se incorpora de manera independiente.

Tabla 440 — 13. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas asfálticas en frío

Característica	Norma de Ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría combinada	E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura	E -232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad (0)		
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%).	E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo.	E-774	
Gravedad específica		
Gravedad específica y absorción	E-222 y E-223	1 por mes y siempre que cambie la procedencia de agregados

Nota: los requisitos de los agregados referidos a Limpieza, gradación combinada (F) y Geometría de las partículas, agregado fino (F) no son aplicables a los agregados pétreos empleados en la preparación de mezclas asfálticas en frío de tipo abierto, en la medida que la fracción de agregado fino en este tipo de mezclas es limitada.

Tabla 440 — 14. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas asfálticas en frío

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-215	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

Nota: los requisitos de la Tabla 440 — 14 no son aplicables a mezclas asfálticas en frío de tipo abierto.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

El interventor puede autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 440 — 12, 440 — 13 y 440 — 14, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se debe permitir el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 440.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

440.5.2.4 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se debe controlar el aspecto de la mezcla. Se deben rechazar todas las mezclas segregadas, así como aquellas cuya envuelta no sea homogénea.

Cuantitativamente, se deben realizar los siguientes controles:

440.5.2.4.1 Contenido de asfalto

Para las mezclas asfálticas en frío, se debe determinar el contenido de asfalto residual (norma de ensayo INV E-732) sobre muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 440.5.2.6.1. Para las mezclas de tipo denso la determinación se debe hacer sobre tres (3) muestras y para las mezclas de granulometría abierta, se debe hacer la misma determinación sobre cinco (5) muestras.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (*ART* %) debe tener tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*ARF* %).

$$ARF\ \% - 0{,}3\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \% \quad [440.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (*ARI* %), no puede diferir del valor promedio (*ART* %), en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\ \% - 0{,}5\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}5\ \% \quad [440.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (*ART* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no van a existir problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla asfáltica en frío correspondiente al lote controlado debe ser retirada y repuesta hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material retirado es de propiedad del constructor.

440.5.2.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la

composición granulométrica de los agregados, según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica de cada ensayo individual debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 440 — 5, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Esta muestra se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 440.4.2 de esta especificación. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se debe rechazar el lote.

En caso de rechazo, la capa de mezcla asfáltica en frío correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

440.5.2.5 Calidad de la mezcla

Para las mezclas asfálticas en frío de tipo denso que se diseñan por resistencia a la compresión, la mezcla debe cumplir los requisitos de calidad expuestos en el numeral 440.5.2.5.1.

440.5.2.5.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben moldear probetas (tres (3) por muestra), para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (norma de ensayo INV E-622). Tres (3) de las probetas se deben curar en seco y tres (3) bajo condición húmeda.

Tanto la resistencia media tras curado seco como tras curado húmedo de las probetas elaboradas (R_m), deben superar, o al menos igualar, al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t)

$$R_m \geq 0{,}90 * R_t \quad [440.3]$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo, admitiéndose solo un valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0{,}80 * R_m \quad [440.4]$$

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) debe ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se acepte ninguna tolerancia.

$$R_{cm} \geq 75\ \% \quad [440.5]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote representado por estas muestras. En este caso, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

El incumplimiento de este requisito en dos (2) lotes consecutivos, implica la suspensión de los trabajos hasta que se estudie y apruebe

una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 440.4.2.

440.5.2.6 Calidad del producto terminado

440.5.2.6.1 Tamaño del lote

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en frío:

- Quinientos metros (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para determinar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), la definición de lote es la indicada en el numeral 440.5.2.6.8.

440.5.2.6.2 Aspectos generales

La capa terminada de mezcla asfáltica debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base no debe variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada, y la variación no puede exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, las debe corregir el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este, sin costo adicional para INVÍAS.

440.5.2.6.3 Compactación

Para el control de la compactación de una capa mezcla densa en frío, se debe calcular su grado de compactación. Los sitios para determinar de la densidad de la capa compactada se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

El grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y de los ensayos de densidad en el laboratorio, se debe calcular mediante la siguiente expresión:

$$\left(GC_i\right) = \frac{D_i}{D_e} * 100 \quad [440.6]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

D_i, valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas de ensayo INV E-733, INV E-734, INV E-746 o INV E-802.

D_e, valor promedio de los valores de densidad de las seis (6) probetas por lote, elaboradas en

el laboratorio, según la metodología de ensayo inmersión-compresión, como se indica en el numeral 440.5.2.5.1.

Solo se debe aceptar la determinación de la densidad de la capa compactada por medio del densímetro nuclear (norma de ensayo INV E-746) si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

Para el control de la compactación se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % se acepta el lote **[440.7]**

GC_l (90) < 95,0 % se rechaza el lote **[440.8]**

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se debe calcular según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las comprobaciones de la compactación se deben realizar en todo el espesor de la capa que se controla, cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación. La toma de testigos se debe hacer de acuerdo con lo que establece la norma de ensayo INV E-758.

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en frío correspondiente al lote controlado se debe levantar mediante fresado y debe ser repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

En el caso de las mezclas asfálticas de tipo abierto, las comprobaciones referidas a la compactación corresponden a la verificación de la actuación de los equipos de compactación, los cuales deben cumplir las disposiciones del numeral 440.3 del presente artículo.

440.5.2.6.4 Espesor

Las determinaciones de espesor de la capa compactada se deben realizar en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se deben elegir al azar, de acuerdo con la norma INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. En el caso de las mezclas de tipo denso, se debe determinar el espesor sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación.

Se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad \textbf{[440.9]}$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa y ocho por ciento (98 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}98 * e_d \quad \textbf{[440.10]}$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se debe proceder como se indica a continuación.

Todas las labores de corrección las debe ejecutar el constructor sin cargo adicional para INVÍAS.

440.5.2.6.4.1 Para capas de rodadura

El constructor debe proceder a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado o, alternativamente y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, a la colocación de una capa adicional del mismo tipo de mezcla de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, para cumplir todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas debe ejecutarlo, a su costa, en acuerdo con el artículo 421.

Si la capa adicional no cumple alguno de los requisitos de este artículo, debe ser fresada y repuesta con una nueva de calidad satisfactoria.

440.5.2.6.4.2 Para capas intermedias y de base

El constructor debe proceder a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado salvo que, tratándose de una capa de base o intermedia sobre la cual se va a colocar otra capa de mezcla asfáltica en frío, el constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa intermedia o de rodadura, respectivamente, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para INVÍAS.

440.5.2.6.5 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) según la norma de ensayo INV E-793. Se debe colocar la regla tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el interventor. Estos no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo se deben fresar y reponer por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, y hasta contar con la aprobación del interventor. El material fresado es de propiedad del constructor.

440.5.2.6.6 Textura

Las medidas de textura se deben realizar antes de la puesta en servicio de la capa de rodadura construida con mezcla asfáltica en frío, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote es de tres (3), que se deben ampliar a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se deben elegir al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

En el caso de las mezclas de tipo denso, la profundidad media de textura del lote no puede ser menor al mínimo admisible que se defina en los documentos del proyecto, el cual no puede ser inferior a cero coma treinta y cinco milímetros (0,35 mm). Ningún valor individual puede ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no pueden existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Por su parte, para las mezclas de tipo abierto, la profundidad media de textura debe ser,

cuando menos, igual a un milímetro (1,0 mm), sin que ningún valor individual sea inferior a cero coma ocho milímetros (0,8 mm) y sin que existan áreas con evidencias indudables de segregación.

Si estos requisitos no se cumplen, la capa de rodadura correspondiente al lote controlado se debe levantar mediante fresado y debe ser repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor. Alternativamente y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo que cumpla todos los requisitos de calidad de esta especificación y con el correspondiente riego de liga, sin costo adicional para INVÍAS. Esta capa adicional debe tener un espesor:

- Igual al espesor compacto que la capa anterior en el caso de una mezcla densa.
- Igual a cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto en el caso de una mezcla abierta.

El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se debe ejecutar en acuerdo con el artículo 421.

440.5.2.6.7 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta días (30 d) de la puesta en servicio, se deben hacer las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas asfálticas en frío construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se deben elegir al azar, sino que el interventor los debe ubicar en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular, en condición de superficie húmeda.

Las medidas se deben realizar con el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote. Ninguna de ellas puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 440 — 14, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual debe ser corregida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS. Para ello, la capa de mezcla asfáltica en frío, correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor. Alternativamente y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para INVÍAS, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, al cumplir todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas es también de cuenta del constructor, quien debe ejecutarlo de acuerdo con el artículo 421.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular debe indicar el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 440 — 15 para el péndulo británico.

Tabla 440 — 15. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

Tipo de capa	Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes ≥ 5 % en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente	50	55	60
Otras secciones	45	50	50

440.5.2.6.8 Regularidad superficial

El IRI se debe comprobar de manera continua, en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este artículo establece que la determinación del IRI se debe realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se pueden adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, este se debe validar previamente con uno de precisión, en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se debe operar de acuerdo con la norma ASTM E950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se deben hacer en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del IRI se deben presentar en metro por kilómetro (m/km), en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituye un lote.

No debe haber exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, donde se entiende por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales debe definir el interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del IRI.

Se debe entender que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 440 — 16.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados del IRI exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el interventor debe delimitar los sectores relevantes en el incumplimiento y ordenar su corrección mediante fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. El interventor debe establecer los espesores por fresar y reponer en cada tramo, y todos los costos que impliquen estas correcciones deben ser asumidos por el constructor. El material fresado es de propiedad del constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es más de veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de este se debe fresar y reponer en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente artículo, deben estar a cargo del constructor. El material demolido es de propiedad del constructor. Este, a su vez, no puede invocar las reparaciones o las reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Tabla 440 — 16. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

Porcentaje (%) de hectómetros	Pavimentos de construcción nueva y rehabilitados en espesor > 10 cm			Pavimentos rehabilitados en espesor ≤ 10 cm		
	NT1	NT2	NT3	NT1	NT2	NT3
40	2,4	1,9	1,4	2,9	2,4	1,9
80	3,0	2,5	2,0	3,5	3,0	2,5
100	3,5	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0

440.5.2.6.9 Construcción de capas de renivelación

Cuando la mezcla asfáltica en frío se emplee en la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente, dicha mezcla debe cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, debe cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

En el caso de las mezclas asfálticas de tipo abierto, se deben cumplir los requisitos exigidos para capas intermedias, en la medida que estas no se pueden emplear como capa de base asfáltica.

440.5.2.6.10 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de mezcla asfáltica en frío por

modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

440.5.2.6.11 Medidas de deflexión

El interventor debe verificar la homogeneidad de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla asfáltica en frío, realizando medidas de deflexión con alguno de los dispositivos presentados en la norma de ensayo INV E-797, de acuerdo con el procedimiento normal aplicable a este. Los resultados de las medidas, que se realizan en tresbolillo cada veinte metros (20 m), no constituyen base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que sirven a INVÍAS para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye, y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

En todo caso, se recomienda en la medida de lo posible, que no se emplee la Viga Benkelman para las mediciones de las deflexiones de la capa, especialmente en niveles de tránsito altos como el NT3.

440.6 Medida

Rige lo descrito en el artículo 400 y en particular en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se debe aplicar lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo artículo.

440.7 Forma de pago

Rige lo descrito en el artículo 400 y en particular en el numeral 400.7.3.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento de la emulsión para la mezcla, que se deben pagar de acuerdo con el artículo 411.

440.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
440.1	Mezcla densa en frío tipo MDF-38	Metro cúbico (m^3)
440.2	Mezcla densa en frío tipo MDF-25	Metro cúbico (m^3)
440.3	Mezcla densa en frío tipo MDF-19	Metro cúbico (m^3)
440.4	Mezcla densa en frío para bacheo	Metro cúbico (m^3)
440.5	Mezcla abierta en frío tipo MAF-19	Metro cúbico (m^3)
440.6	Mezcla abierta en frío tipo MAF-25	Metro cúbico (m^3)
440.7	Mezcla abierta en frío tipo MAF-38	Metro cúbico (m^3)
440.8	Mezcla abierta en frío tipo MAF-38 para bacheo	Metro cúbico (m^3)

Mezcla densa en frío con asfalto natural

Artículo 442 - 22

442.1 Descripción

Este trabajo consiste en la explotación, la elaboración, el transporte, la colocación y la compactación de una o más capas de mezcla asfáltica natural con agregados pétreos de aporte de gradación continua, preparada y colocada en frío en vías para un nivel de tránsito NT1, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, las cotas, las secciones y los espesores indicados en los documentos del proyecto.

Aunque en la generalidad de los proyectos de vías con niveles de tránsito NT1, las mezclas densas en frío con asfalto natural se utilizan para capa de rodadura, dentro de los documentos del proyecto debe quedar establecido el tipo de capa asfáltica a utilizar en función de su posición dentro de la estructura del pavimento, de conformidad con lo indicado en la Tabla 442 – 1, señalando si se requiere una o más capas construidas con este tipo de mezcla.

Tabla 442 – 1 Denominación de las capas asfálticas construidas con mezclas densa en frío con asfalto natural

Tipo	Descripción
Rodadura	Capa superior
Intermedia	Capa subyacente a la rodadura, en estructuras con 2 o más capas asfálticas
Base	Capa o capas subyacentes a la intermedia, en estructuras con 3 o más capas asfálticas

442.2 Materiales

442.2.1 Mezcla asfáltica natural

La mezcla asfáltica natural es un material compuesto esencialmente por arenas finas y conglomerado que están impregnados de ligante asfáltico, cuyo proceso se ha realizado en el interior de los depósitos naturales y de manera igualmente natural por muchos años, siendo este parámetro común para la mayoría de los depósitos que se encuentran en el territorio colombiano. El contenido de asfalto residual puede variar según el origen y la fuente de explotación. El material pétreo presente en la mezcla asfáltica natural deberá estar exento de materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial.

442.2.2 Material bituminoso

Corresponde al contenido de ligante asfáltico existente en la mezcla asfáltica natural. En

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

caso de que sea necesario se puede adicionar una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, de los tipos CRL-57 o CRL-57h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en el artículo 411, Suministro de emulsión asfáltica catiónica, (Tabla 411 – 1), y que sea compatible con los agregados pétreos de aporte por emplear.

442.2.3 Agregados pétreos

Cuando aplique, los agregados pétreos de aporte utilizados para el presente artículo deben satisfacer plenamente los requisitos establecidos en el numeral 400.2.1 del artículo 400, Disposiciones generales para la ejecución de riegos de imprimación, liga y curado, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto, lechadas asfálticas, mezclas asfálticas en frío y en caliente y reciclado de pavimentos asfálticos, de las presentes especificaciones.

De otra parte, la distribución granulométrica de los agregados pétreos que componen la mezcla asfáltica en su estado natural (tal como sale de la mina) debe tener un tamaño máximo de diecinueve milímetros (19 mm) (3/4") y únicamente se acepta si la mezcla asfáltica natural cumple con todos y cada uno de los requerimientos exigidos en la Tabla 442 – 8. De igual manera, la estructura de los agregados pétreos resultante de la combinación de las distintas fracciones del material de aporte con la mezcla asfáltica natural seleccionada (granulometría combinada) para la construcción de la capa asfáltica, deben presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 442 –2 y no exceder sus límites. El análisis granulométrico se debe efectuar de acuerdo con la norma de ensayo INV E–213.

La gradación por emplear se debe indicar en los documentos del proyecto. El constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa con las tolerancias que se indican en la Tabla 442 – 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Tabla 442 – 2 Franjas granulométricas de los agregados combinados para la construcción capas asfálticas con una mezcla densa en frío con asfalto natural

Tipo de mezcla	Tamiz (mm/ U.S Standard)								
	37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36	0,300	0,075
	1½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 50	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
MAN-38	100	80 – 95	–	62 – 77	–	45 – 60	35 – 50	13 – 23	3 – 8
MAN-25	–	100	80 – 95	–	60 – 75	47 – 62	35 – 50	13 – 23	3 – 8
MAN-19	–	–	100	80 – 95	–	50 – 65	35 – 50	13 – 23	3 – 8
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	4 %						3 %		1 %

Nota: Se pueden emplear franjas granulométricas con tamaños máximos menores a diecinueve milímetros (19 mm) (3/4"), empleando arenas de trituración con tamaños máximos de nueve coma cinco milímetros (9,5 mm) (3/8") provenientes de agregados que cumplan los requisitos de la Tabla 442 – 3, si se demuestra que la granulometría combinada es continua y cumple todos los requisitos de calidad de la presente especificación. Además, se indique en los documentos del proyecto que en la zona de los trabajos existe experiencia de su eficiencia y durabilidad.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Los agregados pétreos resultantes no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico - química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente puedan darse en la zona de empleo. Tampoco pueden dar origen a disoluciones cuando estos entren en contacto con el agua, que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua, y deben cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 442 – 3.

Tabla 442 – 3 Requisitos de agregados pétreos de aporte combinados para una mezcla densa en frío con asfalto natural

Característica	Norma de Ensayo INV	Requisito
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%) - Capa de: rodadura / intermedia / base	E-218	25 / 35 / -
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	45
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0,5
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%) - Una cara: rodadura / intermedia / base - Dos caras: rodadura / intermedia / base	E-227	 75 / 60 / - - / - / -
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%) - Capa de: rodadura / intermedia / base	E-239	40 / 35 / -
Adhesividad (O)		
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, (%)	E-757	Reportar
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo	E-774	4

Nota 1: El equivalente de arena es el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la tabla, el agregado se acepta si su equivalente de arena es superior a cuarenta por ciento (40%) y, simultáneamente, el valor de azul de metileno determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Independientemente de su procedencia, los agregados deben estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia perjudicial que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa asfáltica.

El constructor como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en las presentes especificaciones.

El tipo de gradación por emplear depende de la clase y espesor que vaya a tener la capa compactada y se define en los documentos del proyecto. Teniendo en cuenta que esta mezcla debe tener una distribución granulométrica densa, se recomienda seguir los criterios establecidos en la Tabla 442 – 4.

Tabla 442 – 4 Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo de capa y su espesor compacto

Tipo de capa	Espesor compacto (mm)	Tipo de mezcla
Rodadura	50 - 75 40 - 50	MAN-25 MAN-19
Intermedia	≥ 50	MAN-25
Base	≥ 75	MAN-38

442.2.4 Agua

El agua que se requiera debe ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales.

Puede ser agua potable; si no lo es, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 442 – 6.

Tabla 442-6 Requisitos del agua no potable para la construcción de subbase y base estabilizada con una mezcla asfáltica natural

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH	D1293	5,5 – 8,0
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

442.3 Equipo

Al respecto rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 400.3 del artículo 400. Para la construcción de las capas asfálticas con mezcla densa en frío con asfalto natural se requieren, además, equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora, equipos para mezclado y homogenización, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

compactación del material; equipos, para la elaboración, extensión, compactación y nivelación de la mezcla, así como herramientas menores.

Se deben utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. El equipo de compactación debe ser aprobado por el interventor de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación. Como mínimo se deben poner a disposición de los trabajos un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixto y uno (1) de llantas neumáticas. Todos los compactadores deben ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves; además, deben estar dotados de dispositivos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los compactadores de rodillos metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios deben disponer de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y disposición, tales que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, deben ser las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor sin producir roturas del agregado.

Se permite el uso de otros equipos de tamaño y diseño adecuados para la labor por realizar, para efectuar la compactación en lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación.

Todos los equipos deben ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requerir la aprobación previa del interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cabal cumplimiento de las exigencias de la presente especificación y a la respectiva partida de pago.

442.4 Ejecución de los trabajos

442.4.1 Explotación de materiales y elaboración de la mezcla densa en frío con asfalto natural

Rige lo establecido en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos, numeral 105.13.3. En la explotación de la mezcla asfáltica natural se debe hacer la respectiva clasificación del material con el fin de evitar sobretamaños, materiales fósiles u otros elementos nocivos o contaminantes para la capa a conformar o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la mezcla densa en frío con asfalto natural.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación y el sistema de almacenamiento, deben garantizar el suministro de un producto con características uniformes. El retiro de sobretamaños debe obligatoriamente realizarse en el lugar de explotación del material, con la utilización de los equipos necesarios para tal fin, al igual que los trabajos de clasificación de este.

Cuando se requiera adicionar material pétreo a la mezcla para mejorar sus características físico - mecánicas, dicho material debe proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas. El agregado fino debe proceder en su totalidad de la

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. Adicionalmente, los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deben garantizar el suministro de un producto de características uniformes, según sea exigido en los documentos del proyecto.

Los lugares que sean explotados en forma específica y exclusivamente para los trabajos en cuestión deben recuperarse en su totalidad con vegetación nativa de la zona y debe cumplirse con todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

442.4.2 Diseño de la mezcla densa en frío con asfalto natural y obtención de la fórmula de trabajo

442.4.2.1 Generalidades

Rige todo lo que resulte aplicable en el numeral 400.4.2 del artículo 400.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe suministrar, para verificación del interventor, muestras de los materiales que propone usar, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a juicio del interventor los materiales resultan objetables, el constructor debe efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales, el constructor debe definir la fórmula de trabajo para determinar las proporciones de los materiales utilizados y los parámetros de compactación que permitan cumplir con los requerimientos exigidos a la capa asfáltica construida. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, este solo puede ser modificado durante la ejecución de los trabajos si se presenta una variación inevitable en alguno de los componentes que intervienen en ella.

Las mezclas por utilizar en la construcción de las capas asfálticas se deben diseñar utilizando el método inmersión – compresión siguiendo el procedimiento definido por la norma de ensayo INV E-622 o por el método Marshall Modificado para asfaltos líquidos del Instituto Norteamericano del Asfalto indicado en el apéndice H del Manual MS-14, según la alternativa definida.

442.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas asfálticas naturales pueden utilizarse tal como salen de la mina sin necesidad de adicionar agregados pétreos de aporte y/o un ligante asfáltico tipo emulsión catiónica de rotura lenta, siempre y cuando cumpla con todos los requerimientos exigidos en la Tabla 442 – 8. En caso de que la mezcla asfáltica natural no cumpla con algunos de los requerimientos exigidos en la Tabla 442 – 8, se recomienda evaluar alguna de las siguientes dos (2) alternativas de mejoramiento (mezcla densa en frío con asfalto natural):

a) **Mezcla asfáltica natural con la adición de un agregado de aporte**. Es aplicable cuando se tengan mezclas asfálticas naturales con altos contenidos de ligante asfáltico (mayor al 10%) que por sí solas no cumplan alguno de los requerimientos especificados, siendo necesario mejorar la estructura interparticular mediante la adición de un agregado de aporte.

b) **Mezcla asfáltica natural adicionando un agregado de aporte y una emulsión asfáltica.** Aplicable a mezclas con bajos contenidos de ligante que no cumplan alguno de los requerimientos especificados, siendo necesario mejorar la estructura interparticular mediante la adición de un agregado de aporte e

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

incrementar la cohesión mediante la adición de un ligante asfáltico provisto por una emulsión asfáltica de rotura lenta.

442.4.2.2.1 Evaluación de las mezclas asfálticas en su estado natural (tal como sale de la mina)

La evaluación de las propiedades de la mezcla asfáltica resultante se debe realizar siguiendo el método Marshall modificado para asfaltos líquidos del Instituto Norteamericano del asfalto indicado en el apéndice H del Manual MS-14, siguiendo los pasos indicados en la Tabla 442 – 7 (ver Anexo A).

442.4.2.2.2 Evaluación de la mezcla asfáltica natural con la adición de un agregado de aporte (Mezcla densa en frío con asfalto natural)

Se debe aplicar todo lo referente al numeral anterior.

Tabla 442 – 7 Pasos para diseñar mezclas asfálticas en su estado natural o con la adición de un agregado de aporte.

Pasos	Descripción	Numeral
Diseño preliminar	- Selección de la mezcla asfáltica natural y/o contenido de material granular de aporte	442.4.2.2.2.1
	- Contenido de ligante asfáltico teórico de referencia en la mezcla asfáltica natural INV E-741	
Análisis volumétrico y Diseño por resistencia	- Análisis de densidad y vacíos (ver anexo A, numeral 4)	442.4.2.2.2.2
	- Estabilidad y flujo Marshall (ver anexo A, numeral 5)	
Verificación del diseño	- Susceptibilidad al agua Estabilidad Retenida (ver anexo A, numeral 6)	442.4.2.2.2.3

442.4.2.2.2.1 Diseño preliminar

La mezcla asfáltica natural y las proporciones de material granular de aporte, en caso de que sea necesario, se deben fijar basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos y/o mediante la determinación del contenido de ligante asfáltico necesario para satisfacer los requerimientos granulométricos, teniendo en cuenta que las partículas de agregado deben estar cubiertos de una película con un espesor tal, que garantice la cohesión, impermeabilidad y durabilidad de la mezcla asfáltica natural. Se recomienda utilizar el método de superficie específica del agregado, determinado mediante la norma INV E-741, para definir el contenido de asfalto teórico que debería estar presente en la mezcla asfáltica seleccionada.

442.4.2.2.2.2 Análisis volumétrico y diseño por resistencia

Seleccionados los materiales, se recomienda evaluar al menos cuatro mezclas con diferentes contenidos de ligante (dos por encima y dos por debajo del óptimo teórico de referencia) utilizando el método y criterios recomendados por el método Marshall Modificado del Instituto Norteamericano del asfalto indicado en el apéndice H del Manual MS-14.

En caso de que a la mezcla asfáltica seleccionada se le adicione un agregado de aporte, se debe realizar la mezcla de los dos materiales a la temperatura que garantice una viscosidad del ligante asfáltico entre cero coma quince y cero coma diecisiete pascales por segundo (0,15 Pa·s – 0,17 Pa·s) (1,5 – 1,7 poises), obtenida de la respectiva curva reológica del ligante asfáltico y preparar al

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

menos tres (3) muestras para cada mezcla seleccionada.

Una vez se alcance una viscosidad del ligante asfáltico natural entre cero coma veinticinco y cero coma treinta y un pascales por segundo (0,25 Pa·s – 0,31 Pa·s) (2,5 y 3,1 poises), se procede a compactar al menos tres (3) probetas, siguiendo la metodología definida por el método Marshall. Posteriormente se realiza el análisis de densidad y vacíos a cada briqueta, y se determina la estabilidad y el flujo Marshall a una temperatura de veinticinco grados Celsius (25 ºC) (ver anexo A).

442.4.2.2.2.3 Verificación del diseño

La(s) mezcla(s) asfáltica(s) seleccionada(s) que cumplan con los requerimientos volumétricos, estabilidad y flujo exigidos por el método Marshall modificado del Instituto Norteamericano del Asfalto, deben ser evaluadas mediante la medida de la susceptibilidad a la acción del agua, a través de la estabilidad conservada, según lo indicado en el método de diseño (ver anexo A, numeral A6).

La mezcla densa en frío con asfalto natural por utilizar debe ser aquella que permita cumplir con todos los requerimientos exigidos en la Tabla 442 – 8.

Tabla 442 – 8 Criterios Marshall del Instituto Norteamericano del Asfalto

Características	Mínimo	Promedio	Máximo
Grado de curado			
% solvente evaporado			
Para mantenimiento		25	
Para pavimentación		50	
Numero de golpes por capa		75	
% Vacíos en la mezcla	3	-	5
% Vacíos en los agregados (VAM)	Ver Tabla 442 – 9		
Estabilidad (25 ºC) (N)			
Para mantenimiento	2 224		
Para pavimentación	3 336		
Flujo (25 ºC) (mm)	2		4
Estabilidad residual después de inmersión durante 4 días a 25 ºC	75		

Tabla 442 – 9 Porcentaje mínimo de vacíos en los agregados (VAM), considerando su Tamaño Máximo

Tamiz	Mínimo % de vacíos
1 pulgada	13
3/4 pulgada	14
1/2 pulgada	15
3/8 pulgada	16
Nro. 4	18
Nro. 8	21
Nro. 16	23,5

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

442.4.2.2.3 Evaluación de una mezcla asfáltica natural adicionando un agregado de aporte y una emulsión asfáltica (Mezcla densa en frío con asfalto natural)

Las mezclas densas en frío con asfalto natural se deben diseñar por el método inmersión-compresión siguiendo el procedimiento definido por la norma de ensayo INV E-622 y los pasos descritos en la Tabla 442 – 10. El ligante asfáltico debe cumplir con los requerimientos definidos en el numeral 442.2.2 de esta especificación.

Tabla 442- 10 Pasos para el diseño de las mezclas asfálticas naturales con adición de agregado pétreo y ligante asfáltico

Pasos	Descripción	Numeral
Diseño preliminar	- Contenido de agua preenvuelta	442.4.2.2.3.1
	- Contenido de ligante	
	- Humedad de compactación	
Diseño por resistencia	Prueba de inmersión-compresión	442.4.2.2.3.2

442.4.2.2.3.1 Diseño preliminar

Los contenidos de agua de preenvuelta y de ligante se deben fijar en función de los materiales por emplear, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. Adicionalmente, se deben hacer las determinaciones indicadas en la Tabla 442 – 11.

442.4.2.2.3.2 Diseño por resistencia

Se deben elaborar mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos cuatro (4) contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se debe determinar aplicando los criterios mencionados en la Tabla 442 – 12.

Tabla 442 – 11 Determinaciones para el diseño preliminar de mezclas asfálticas, mezclas asfálticas naturales con adición de agregado pétreo y ligante asfáltico

Parámetro	Norma de ensayo INV	Comentarios
Humedad de compactación	E-142	Se determina la humedad óptima
Contenido óptimo teórico de ligante, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados	E-741	Con la norma se determina la superficie específica del agregado y se aplica una constante de riqueza apropiada.

Tabla 442 – 12 Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de ligante

Parámetro	Norma de ensayo INV	Valor
Resistencia seca Rs, mínimo (MPa)	E-622	2,5
Resistencia húmeda Rh, mínimo (MPa)		2,0
Resistencia conservada Rc = Rh/Rs, mínimo (%)		75

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

El porcentaje óptimo de ligante es aquel que permita cumplir con todos los requerimientos exigidos en la Tabla 442 – 12.

442.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el constructor, en el cual debe proponer la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo para consideración y eventual aprobación del interventor, debe contener cuando menos, la siguiente información:

- Porcentaje de ligante asfáltico en la dosificación de diseño, con relación a la masa seca del componente mineral
- Porcentaje de agua para compactación, con relación a la masa seca del componente mineral
- Resistencias a la compresión obtenidas en la prueba de inmersión - compresión
- Masa unitaria seca máxima y humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño
- Parámetros Marshall obtenidos
- Tipo de ligante asfáltico por adicionar
- Resultados de los ensayos complementarios que indiquen los documentos del proyecto

442.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no se pueden iniciar a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el interventor. La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del interventor no exime al constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este artículo.

442.4.3 Preparación de la superficie existente

La mezcla obtenida en la fórmula de trabajo no se debe extender hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar esta, tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Las irregularidades que presente el material sobre el cual se va a colocar la mezcla no pueden exceder las tolerancias establecidas en la especificación general correspondiente, de ser así, deben ser corregidas.

Si la extensión de la mezcla necesita riegos previos de imprimación o de liga, ellos se deben realizar conforme lo establecen los artículos 420, Riego de imprimación y 421, Riego de liga, respectivamente.

Antes de aplicar la mezcla se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego se debe comprobar que su capacidad de liga con la mezcla no se haya disminuido en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el constructor debe efectuar un riego adicional de adherencia en la cuantía analizada por este y aprobada por el interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al constructor, el nuevo riego debe realizarlo sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

adecuados para restablecer el nivel actual, se deben ejecutar de acuerdo con las indicaciones del artículo 465, Excavación para reparación de pavimento asfáltico existente, y de los artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de esta.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los documentos del proyecto requiera un fresado previo, este se debe realizar conforme se establece en el artículo 460, Fresado de pavimento asfáltico.

En todos los casos debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada de conformidad con los documentos del proyecto, previamente a la colocación de la mezcla.

442.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del artículo 400.

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de prueba cuya longitud, ancho y espesor deben quedar definidos en acuerdo con el interventor, para probar tanto el equipo como los materiales, y así establecer el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El interventor debe tomar muestras de la mezcla asfáltica para determinar su conformidad en relación con las condiciones específicas determinadas en la fórmula de trabajo.

En caso de que los ensayos indiquen que la mezcla asfáltica no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, debe modificar la fórmula de trabajo, repitiéndose las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones hasta que ellas sean aprobadas por el interventor.

442.4.5 Transporte y almacenamiento de los agregados pétreos de aporte y de la mezcla asfáltica natural

Todos los vehículos de transporte deben cumplir con las legislaciones vigentes referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos, a las condiciones técnico - mecánicas y a las de control de emisión de contaminantes. Para ello deben tener al día los respectivos certificados de revisión.

Tanto los agregados pétreos de aporte como la mezcla asfáltica natural se deben transportar a la planta de mezclado o a la vía en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin.

La mezcla asfáltica natural se puede acopiar, ya sea a lo largo de la vía a intervenir o en una zona aledaña a la misma, para después movilizarla en volquetas cuidando que no pierda sus condiciones de calidad. Si el material está expuesto a condiciones climáticas adversas deben tomarse las precauciones que se estimen convenientes para garantizar que la calidad de esta se afecte.

Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores de ellos. Los acopios se deben construir por capas de espesor no superior a uno coma cinco metros (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se deben colocar adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

En caso de que se detecten anomalías en el suministro, los agregados pétreos de aporte se deben acopiar por separado hasta confirmar su

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado pétreo de aporte o de una fuente de extracción de la mezcla asfáltica natural.

442.4.6 Fabricación de la mezcla densa en frío con asfalto natural

Al respecto se considera lo que resulte aplicable del artículo 440, Mezclas asfálticas en frío (densa y abierta) numeral 440.4.6.

Se recomienda elaborar la mezcla densa en frío con asfalto narutal en una planta mezcladora fija o móvil, de tipo continuo o discontinuo, teniendo en cuenta que su capacidad debe ser compatible con los procedimientos de construcción adoptados al programa de ejecución específico de las obras.

Las aberturas de salida de las tolvas se deben regular de forma que la mezcla de los agregados pétreos de aporte y la mezcla asfáltica natural se ajusten a la fórmula de trabajo definida con anterioridad. De igual manera, los dosificadores de ligante bituminoso deben estar sincronizados para que se pueda reproducir la cantidad aprobada en el diseño.

El interventor debe aprobar por escrito el sector sobre el cual se deben distribuir los materiales, cuando la mezcla entre el agregado pétreo de aporte y la mezcla asfáltica natural se realice en la vía o sobre una superficie previamente compactada e imprimada o habilitada para mezclar sobre ella los materiales y el ligante asfáltico, sin que exista algún riesgo de contaminación.

Cuando la mezcla entre el agregado pétreo de aporte y la mezcla asfáltica natural se realice en la vía, el interventor debe aprobar por escrito el sector sobre el cual se van a homogenizar los materiales mediante las siguientes opciones: planta de mezcla, maquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora. Sin los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una maquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente. Cualquiera que sea la forma utilizada, los materiales deben ser mezclados uniformemente y para ello debe distribuirse en dos cordones separados, verificando en cada uno de ellos la cantidad y la uniformidad de tal manera que garantice la obtención de la granulometría combinada definida en la fórmula de trabajo. Previa verificación de la humedad, se debe incorporar la cantidad debida de agua y ligante bituminoso, según sea necesario, y se efectúa la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente, aproximadamente, la sección indicada en los documentos del proyecto.

La mezcla en vía es ventajosa en aquellos casos en que no se disponga de plantas mezcladoras centrales, o en los que el tamaño del proyecto no justifique el empleo de las plantas, pero se debe usar únicamente si las condiciones de clima y de control de calidad son apropiadas.

La mezcla entre el agregado pétreo de aporte y la mezcla asfáltica natural se puede también elaborar en centros de acopio, utilizando un cargador o con un equipo capaz de homogenizar los materiales, en la proporción resultante del diseño. Para ello se deben tomar los materiales de los acopios correspondientes, los cuales deben cuidarse de que no propicien segregación ni contaminación alguna.

En caso de requerirse equipo diferente al mencionado y/o no contar con el equipo aquí indicado, este puede ser reemplazado por

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

aquel que el constructor considere apropiado y debe ser aprobado por el interventor.

Se pueden permitir instalaciones de diferente concepción a las descritas, siempre que se cuente con la aceptación del interventor y previos ensayos que demuestren la calidad de la mezcla producida. En caso de que se utilicen métodos de fabricación especiales, el interventor debe aprobar previamente los procedimientos de elaboración.

442.4.7 Transporte de la mezcla

Si la mezcla es elaborada en una zona aledaña, un patio de mezclado o en una planta, se debe transportar a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla se deben tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y garantizar la uniformidad de la granulometría. La mezcla elaborada en el patio se debe transportar a la vía en volquetas hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Solamente se debe permitir el trabajo en horas de la noche si, a juicio del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de la mezcla de manera adecuada. El trabajo en horas de la noche solo se debe permitir bajo las condiciones mencionadas en el numeral 442.4.14 de la presente especificación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deben limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deben mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos, y sus cargas por eje y totales se deben encontrar dentro de los límites fijados por la normativa vigente del Ministerio de Transporte.

442.4.8 Extensión de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla asfáltica se debe extender preferiblemente con la máquina pavimentadora, de modo que después de compactada, se ajuste a la sección transversal y espesores señalados en los documentos del proyecto. Dependiendo de la importancia del proyecto y en caso de no disponer de este equipo, se permite su extensión con una motoniveladora, previa autorización del interventor.

Una vez que se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de apisonado (en caso de la adición de una emulsión asfáltica) se debe realizar la compactación mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos.

A no ser que se indique algo contrario, la extensión debe comenzar a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior de las secciones peraltadas. La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas, con el fin de no tener que corregir la capa extendida. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. Tampoco se debe permitir la segregación de materiales. Si esto ocurre, la extensión de la mezcla debe ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación debe ser removida y reemplazada con material apropiado por parte del constructor, sin costo adicional para INVÍAS.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tras la pavimentadora se debe disponer un número suficiente de obreros debidamente capacitados, agregando mezcla y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones impuestas en esta especificación.

La mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en la operación de extendido, teniendo en cuenta el ancho y las pendientes de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

442.4.9 Compactación

La compactación de la mezcla se debe realizar de acuerdo con el plan aprobado por el interventor como resultado de la fase de experimentación. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso, en la forma aprobada por el interventor, hasta que la superficie total se haya compactado. Los rodillos deben llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el interventor y sus cambios de dirección se deben hacer sobre la mezcla ya compactada.

La compactación se debe realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se debe complementar con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

Se debe tener cuidado que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si es preciso, húmedos. En los lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, el proceso se debe efectuar mediante máquinas de tamaño y diseño adecuados para la labor por realizar. En las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se debe extender y compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

Cuando la mezcla tenga por objeto servir como capa de rodadura, la textura del pavimento terminado debe ser uniforme y permitir una adecuada adherencia con las llantas de los vehículos en condición de superficie húmeda.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo neumático para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora.

442.4.10 Juntas de trabajo

Al respecto, rige todo lo que resulte aplicable del numeral 440.4.11 del artículo 440. Todas las juntas de trabajo se deben disponer de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se les debe aplicar una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva, de acuerdo con lo previsto en el artículo 421. La nueva mezcla se debe extender contra la junta y se debe compactar y alisar con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Si se trabaja por franjas, se deben disponer

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas. En lo posible, la mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la terminadora y la producción del material. Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deben cortar para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa.

Donde el interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se debe compactar mecánicamente.

La junta longitudinal se debe calentar luego de la rotura de la emulsión del riego de liga, previamente a la extensión de la siguiente franja contra ella. Las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Cuando se emplee la pavimentadora, opción recomendada, se debe regular de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los documentos del proyecto con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se debe permitir la segregación de la mezcla. Si ello ocurre, la extensión de la mezcla se debe suspender inmediatamente hasta que se determine y corrija su causa.

Toda área segregada que no se corrija antes de la compactación se debe remover y reemplazar con material apropiado, a expensas del constructor.

La extensión de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando dejar la superficie a las cotas previstas, con el objeto de no tener que corregir la capa colocada.

442.4.11 Pavimento sobre puentes y viaductos

Siempre y cuando se garantice una buena adherencia entre la mezcla asfáltica y la losa de concreto de un puente o pontón, se puede pavimentar con la mezcla asfáltica de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 442.4.3.

Durante la ejecución del riego y de la pavimentación el constructor debe proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y pontones que puedan ser afectadas por el ligante bituminoso.

El constructor es responsable por todo daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza corren por su cuenta.

442.4.12 Bacheos

Al rellenar toda excavación para reparación del pavimento existente cuya profundidad haya sido superior a ciento cincuenta milímetros (150 mm), los últimos setenta y cinco milímetros (75 mm), hasta alcanzar el nivel de la rasante existente, se deben rellenar con mezcla asfáltica, la cual se debe compactar con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad especificada. El resto de la excavación se debe rellenar como se establece en los numerales correspondientes a bacheo de subbase y base

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

granular en los artículos 320, Subbase granular y 330, Base granular, respectivamente.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), se debe rellenar en su totalidad con mezcla asfáltica, en capas de espesor compactado comprendido entre cincuenta y setenta y cinco milímetros (50 – 75 mm) hasta alcanzar la rasante existente. Estos espesores pueden variar especialmente, si así lo establecen los documentos del proyecto, cuando se trate de labores de conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos antiguos con estructuras complejas.

Tanto la superficie que recibe las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, se deben pintar con un riego de liga, conforme lo establecen los documentos del proyecto.

442.4.13 Apertura al tránsito

No se debe permitir el tránsito público hasta que la mezcla haya adquirido la densidad especificada y la capa compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, se debe limitar la velocidad a veinte kilómetros por hora (20 km/h) para impedir que se produzcan aceleraciones, frenadas o giros bruscos sobre la capa. Si esto no es posible, el tránsito que necesariamente deba circular sobre ella se debe distribuir de manera que no se concentren las huellas de su circulación sobre la superficie.

Los daños producidos por esta causa deben ser reparados por el constructor sin costo adicional para INVÍAS y a satisfacción plena del interventor.

442.4.14 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión y compactación de mezclas cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5°C), esté lloviendo o exista alta probabilidad de lluvia. En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua de lluvia, el constructor debe, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del interventor.

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica densa natural se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en jornada nocturna, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial adecuado. Si el constructor no ofrece esta garantía debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicional para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

442.4.15 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

442.4.16 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y la compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, los debe corregir el constructor, sin costo adicional para INVÍAS y con la aprobación del interventor. El constructor debe proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

442.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

442.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

442.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

442.5.2.1 Calidad de la emulsión

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica son los establecidos en el artículo 411.

442.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el interventor tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada en la mezcla, debe verificar su pH y su contenido de sulfatos, cuyos valores deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 442.2.4, para permitir su empleo. Si alguna mezcla ha sido elaborada con un agua calificada de inapropiada, se debe poner en observación, hasta el recibo definitivo de los trabajos y, en caso de que presente deterioros, se debe remover y reconstruir por cuenta exclusiva del constructor y hasta ser aprobada por el interventor. La mezcla removida es de propiedad del constructor.

442.5.2.3 Calidad de los agregados pétreos de aporte

Se deben realizar los siguientes controles:

442.5.2.3.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos de aporte, y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le debe realizar los ensayos indicados en la Tabla 442 – 3. Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 442.2.3, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

442.5.2.3.2 Control de producción

Durante la etapa de producción se deben examinar las descargas de los agregados pétreos de aporte a los acopios y se debe ordenar el retiro del material que, a simple vista, contenga tierra vegetal, presente restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. También, se debe ordenar el acopio por separado de aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad y debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 442 – 13.

En ningún caso se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos del numeral 442.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Tabla 442 – 13 Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos de aporte

Característica	Norma de Ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría combinada	E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura	E -232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina	E-239 Método A	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, (%)	E-757	1 por mes
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo	E-774	1 por mes

Nota 1: En caso de que se requiera, según la nota 1 de la Tabla 442 – 3.

El interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 442 – 13, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada haya aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

442.5.2.4 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador, en el cordón de mezcla en obra, en el depósito de almacenamiento o sobre cada vehículo de

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

transporte, según sea el caso, se debe controlar el aspecto de la mezcla. Se deben rechazar todas las mezclas segregadas, así como aquellas cuya envuelta no sea homogénea.

Cuantitativamente, se deben realizar los siguientes controles:

442.5.2.4.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un (1) lote, definido como se indica en el numeral 442.5.2.6.1, se debe determinar el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) debe tener una tolerancia de uno por ciento (1,0 %) para mezclas realizadas en vía y de cero coma tres por ciento (0,3 %) para mezclas elaboradas en planta respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

(mezcla en vía) **[442.1]**

$$RF\% - 1{,}0\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 1{,}0\ \%$$

(mezcla en planta) **[442.2]**

$$ARF\% - 0{,}3\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %) no puede diferir del valor promedio (ART %) en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

[442.3]

$$ART\ \% - 0{,}5\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}5\ \%$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART%) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no existen problemas de comportamiento de la mezcla ni de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de la mezcla asfáltica correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

442.5.2.4.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados, según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica de cada ensayo individual debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 442 – 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Esta mezcla se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 442.4.3. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se debe rechazar el lote.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

442.5.2.5 Calidad de la mezcla

442.5.2.5.1 Control de la resistencia para mezclas asfálticas con adición de emulsión asfáltica

Con un mínimo de dos (2) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se deben moldear probetas (tres (3) por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión - compresión (norma de ensayo INV E–622). Una muestra se debe curar en seco y otra en condición húmeda.

Tanto la resistencia media tras curado seco como tras curado húmedo de las probetas elaboradas (R_m), deben superar o al menos igualar al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t):

$$R_m \geq 0{,}90\ R_t \qquad [442.4]$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio de su respectivo grupo, admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0{,}80\ R_m \qquad [442.5]$$

La resistencia conservada promedio (R_{cm}) debe ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %) sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

$$R_{cm} \geq 75\ \% \qquad [442.6]$$

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos se deben suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 3.

442.5.2.5.2 Control de las características Marshall para mezclas asfálticas sin adición de emulsión Asfáltica

Para la evaluación de las propiedades Marshall y con un mínimo de dos (2) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se deben compactar probetas con los mismos parámetros utilizados en el diseño a nivel de laboratorio (al menos tres (3) por muestra).

442.5.2.5.2.1 Estabilidad

La estabilidad media de las seis (6) probetas (E_m) debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (E_t).

$$E_m \geq 0{,}90\ E_t \qquad [442.7]$$

Ningún valor individual (E_i) puede exceder en más de veinticinco por ciento (25 %) el valor de estabilidad de la fórmula de trabajo (E_t), ni encontrarse por debajo del valor mínimo establecido en la Tabla 442 – 8.

$$25\ E_t > E_i > \text{valor mínimo Tabla 442 – 8} \qquad [442.8]$$

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de estabilidad (E_m), admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite.

$$E_i \geq 0{,}80 \qquad [442.9]$$

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

capa de mezcla asfáltica natural correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

442.5.2.5.2.2 Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m) se debe encontrar entre el ochenta por ciento (80 %) y el ciento veinte por ciento (120 %) del valor obtenido en (F_t), pero no se debe permitir que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en la Tabla 442 – 8.

$$0{,}80\ F_t \le F_m \le 1{,}20\ F_t \qquad [442.10]$$

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido en la Tabla 442 – 8, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el interventor debe decidir y establecer, al compararlo con las estabilidades, si el lote debe ser rechazado o aceptado.

442.5.2.5.2.3 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el interventor lo considere necesario, de acuerdo con el aspecto y el comportamiento de la mezcla colocada, se debe verificar en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua según la metodología de diseño del Instituto Norteamericano del Asfalto.

Al efecto se deben moldear seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se deben curar en seco y tres (3) bajo condición húmeda, para determinar la estabilidad Marshall promedio de cada grupo como lo establece la norma de ensayo (ver el numeral A6 del Anexo A). La estabilidad Marshall del grupo curado en húmedo debe ser, cuando menos, setenta y cinco por ciento (75%) de la estabilidad Marshall del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad, sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

El incumplimiento de este requisito implica la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes, cuya mezcla considere el interventor que puede presentar este problema (seis (6) núcleos por lote, tres (3) curados en seco y tres (3) bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito se deben rechazar.

Además, los trabajos se deben suspender hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo, hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

442.5.2.5.2.4 Contenido de agua

Siempre que la apariencia de la mezcla indique la posible presencia de agua en ella, se debe determinar el contenido de agua en la mezcla asfáltica, según las normas de ensayo INV E-755 o INV E–783.

El contenido de agua en cualquier mezcla asfáltica no puede ser mayor del uno por ciento (1 %). Los volúmenes de mezcla que no cumplan con este requisito deben ser rechazados.

442.5.2.6 Calidad del producto terminado

442.5.2.6.1 Tamaño del lote

Se debe considerar como lote, que se acepta o se rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

asfáltica:

- Quinientos metros (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

Específicamente para la determinación del índice Internacional de Rugosidad (IRI), la definición de lote es como se indica en el numeral 442.5.2.6.9.

442.5.2.6.2 Aspectos generales

La capa terminada de mezcla asfáltica debe presentar una superficie uniforme y se debe ajustar a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base no debe variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada y la variación no puede exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedias y de rodadura.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deben ser corregidas por el constructor y aprobadas por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

Además, se deben realizar las siguientes verificaciones.

442.5.2.6.3 Compactación

La determinación de la densidad de la capa compactada se debe realizar, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Los sitios para la toma de muestras o las mediciones in situ se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

Para el control de la compactación de una capa de mezcla asfáltica se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno (D_i) y de los ensayos de densidad (D_e) en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{Di}{De} \times 100 \qquad [442.11]$$

Donde:

GC_i: Valor individual del grado de compactación en porcentaje;

D_i: Valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas de ensayo INV E-733, E-734, E-746 o E-802;

D_e: Valor promedio de los valores de densidad de las seis (6) probetas por lote elaboradas en el laboratorio según la metodología de ensayo inmersión - compresión como se indica en el numeral 440.5.2.5.1 del artículo 440, o Marshall Modificado del Instituto Norteamericano del Asfalto.

Sólo se debe aceptar la determinación de la densidad de la capa compactada por medio del densímetro nuclear (norma de ensayo INV E-746) si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca única y exclusivamente el espesor total de la capa que se está verificando.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Para el control de la compactación se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % se acepta el lote **[442.12]**

GC_l (90) < 95,0 % se rechaza el lote **[442.13]**

Siendo:

GC_l (90): Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i.

Las comprobaciones de la compactación se deben realizar en todo el espesor de la capa que se controla cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado durante la etapa de diseño de la mezcla y/o en la fase de experimentación. La toma de muestras testigos se debe realizar de acuerdo con la norma INV E-758.

En caso de rechazo, la capa de mezcla asfáltica correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

442.5.2.6.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad \textbf{[442.14]}$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85%) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90\ e_d \quad \textbf{[442.15]}$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se debe proceder como se indica a continuación.

Todas las labores de corrección las debe ejecutar el constructor, sin cargo adicional para INVÍAS.

442.5.2.6.4.1 Para capas de rodadura

El constructor debe fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado o, alternativamente y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, colocar una capa adicional del mismo tipo de mezcla de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se debe ejecutar en acuerdo con el artículo 421.

Si la capa adicional no cumple alguno de los requisitos de este artículo, esta se debe fresar y reponer con una nueva de calidad satisfactoria, sin costo alguno para INVÍAS.

442.5.2.6.4.2 Para capas intermedias y de base

El constructor debe fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado salvo que, tratándose de una capa de base o intermedia sobre la cual se va a colocar otra capa de mezcla asfáltica, el constructor se comprometa

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa intermedia o de rodadura respectivamente, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para INVÍAS.

442.5.2.6.5 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o de quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que el interventor escoja al azar, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

Las zonas que presenten deficiencias de este tipo se deben retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuestas por el constructor colocando otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

442.5.2.6.6 Textura

Las medidas de textura se deben realizar antes de la puesta en servicio de la capa de rodadura construida con una mezcla asfáltica natural empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E–791.

El número mínimo de puntos por controlar por lote debe ser de tres (3), que se deben ampliar a cinco (5), si la textura obtenida en uno (1) de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se deben elegir al azar, de acuerdo con la norma INV E–730. La profundidad media de textura del lote no puede ser menor al mínimo admisible, que se defina en los documentos del proyecto, el cual no puede ser inferior a cero coma treinta y cinco milímetros (0,35 mm). Ningún valor individual puede ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no pueden existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de rodadura correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Alternativamente, y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo con el correspondiente riego de liga, sin costo adicional para INVÍAS, del mismo espesor compacto que la anterior, para cumplir todos los requisitos de calidad de esta especificación.

442.5.2.6.7 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo treinta (30) días de la puesta en servicio, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre las mezclas asfálticas construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se deben elegir al azar, sino que el interventor los debe ubicar en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

superficie húmeda.

Las medidas se deben realizar con el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas puede presentar un valor inferior a cero coma cinco (0,5).

En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual debe ser corregida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS. Para ello, la capa de mezcla asfáltica correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Alternativamente, y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para INVÍAS, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, que cumpla todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga usado para adherir las capas debe ser aplicado de acuerdo con el artículo 421, sin costo adicional para INVÍAS.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, el constructor debe proponer el equipo y ser aprobado por el interventor, al igual que los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a cero coma cinco (0,5) para el péndulo británico.

442.5.2.6.8 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a las capas asfálticas por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y debe ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar el pago al constructor, con el consentimiento previo de INVÍAS, al respectivo precio unitario del contrato.

442.5.2.6.9 Regularidad superficial

El Indice de Rugosidad Internacional (IRI) se debe comprobar de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este artículo establece que la determinación del IRI se debe realizar únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial. Las medidas de precisión se pueden adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, este se debe validar previamente con uno de precisión, en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se debe operar de acuerdo con la norma ASTM E950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se deben hacer en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del IRI se deben presentar en metro por kilómetro (m/km), en tramos consecutivos

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituye un lote.

No debe haber exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales debe definir el interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del IRI.

Se entiende que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 442 – 14. Si la proporción de hectómetros donde los resultados del IRI exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el interventor debe delimitar los sectores relevantes en el incumplimiento y debe ordenar su corrección mediante fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. El interventor debe establecer los espesores por fresar y reponer en cada tramo, y todos los costos que impliquen estas correcciones, deben ser asumidos por el constructor. El material fresado es de propiedad del constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados del IRI exceden los límites especificados es mayor a veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de este debe ser fresada y repuesta en el mismo espesor.

El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa con la calidad exigida por el presente artículo, están a cargo del constructor. El material demolido es de propiedad del constructor. Este, a su vez, no puede invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial como causal para incumplir el programa de trabajo.

Tabla 442-14 Valores máximos admisibles del IRI (m/km) para tránsito NT

Porcentaje (%) de hectómetros	Pavimentos de construcción nueva y rehabilitados en espesor > 10 cm	Pavimentos rehabilitados en espesor ≤ 10 cm
40	2,4	2,9
80	3,0	3,5
100	3,5	4,0

442.5.2.6.10 Construcción de capas de renivelación

La mezcla asfáltica que se emplee para la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente debe cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, debe cumplir los requisitos exigidos para la capa intermedia.

442.5.2.6.11 Medidas de deflexión

El interventor debe verificar la homogeneidad de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla asfáltica, realizando medidas de deflexión con alguno de los dispositivos presentados en la norma de ensayo INV E-797,

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

de acuerdo con el procedimiento normal aplicable a este. Los resultados de las medidas, que se deben realizar en tresbolillo cada veinte metros (20 m), no deben constituir base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que sirven a INVÍAS para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

442.6 Medida

Rige lo descrito en el artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se debe aplicar lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo artículo.

442.7 Forma de pago

Rige lo descrito en el artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.7.3 del mismo artículo.

Se excluyen del precio unitario, el suministro y el almacenamiento de la emulsión para la mezcla, los cuales se deben pagar de acuerdo con el artículo 411, siempre que ello sea requerido.

442.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
442.1	Mezcla asfáltica natural tipo MAN-38	Metro cúbico (m^3)
442.2	Mezcla asfáltica natural tipo MAN-25	Metro cúbico (m^3)
442.3	Mezcla asfáltica natural tipo MAN-19	Metro cúbico (m^3)
442.4	Mezcla asfáltica natural para bacheo	Metro cúbico (m^3)

Nota: Se debe elaborar un nuevo ítem de pago diferente para cada tipo de mezcla y capa que haga parte del contrato. Por ejemplo, si el contrato considera dos mezclas del tipo MAN-25, una para capa de rodadura y otra para capa intermedia, se pueden identificar así:

Ítem	Descripción	Unidad
442.2.1	Mezcla asfáltica natural tipo MAN-25 para capa de rodadura	Metro cúbico (m^3)
442.2.2	Mezcla asfáltica natural tipo MAN-25 para capa intermedia	Metro cúbico (m^3)

De igual manera se debe elaborar un nuevo ítem si a las mezclas asfálticas naturales se les adiciona una emulsión asfáltica. En este caso se podría identificar así:

Ítem	Descripción	Unidad
442.2.3	Mezcla asfáltica natural tipo MAN-25 para capa de rodadura con adición de emulsión asfáltica	Metro cúbico (m^3)

Anexo A

(Informativo)

Evaluación de mezclas asfálticas mediante la aplicación del Método Marshall modificado del Instituto Norteamericano del Asfalto

A.1 GENERALIDADES

A.1.1 Justificación y ámbito de aplicación del método de evaluación

Las mezclas asfálticas naturales son consideradas mezclas asfálticas no convencionales. Su origen es natural mediante un proceso de impregnación del agregado (arena o conglomerado) por un crudo pesado a través del tiempo. Se considera como una mezcla de un agregado y un asfalto líquido natural de curado lento (solventes pesados) conformado por un cemento asfáltico de consistencia baja y una variedad de solventes con una alta viscosidad, difícil de evaporar en su totalidad durante el proceso de colocación y compactación pero que pueden ir variando su composición química por fenómenos de

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

oxidación con el oxígeno proveniente del aire y agua, por lo cual se espera un incremento de su resistencia con el transcurso del tiempo

En Estados Unidos a comienzos de siglo pasado (1900), era muy común la utilización de los denominados Cut Back o asfaltos rebajados para elaborar mezclas asfálticas para la construcción de superficies de rodadura en vías con bajo nivel de tránsito. Es por eso por lo que instituciones reconocidas como el Instituto Norteamericano del Asfalto lideró una serie de investigaciones a nivel de laboratorio y en obra que generó en un método de diseño de las mezclas con asfalto líquido y unos criterios de diseño, basados ambos en el método de diseño de mezclas en caliente Bruce Marshall. Esta metodología y criterios de diseño se encuentran publicados en el manual de diseño del Instituto Norteamericano del Asfalto MS-14 de 1989 en el apéndice H y en los métodos de diseños de mezclas para concreto asfáltico, MS-2. Con la proliferación de la tecnología de mezclas en caliente y la coyuntural crisis energética de los años 80´s su uso se redujo considerablemente.

El método y criterios de diseño del instituto del Asfalto son aplicables en las tareas de mantenimiento y pavimentación cuando se utilizan los asfaltos líquidos, en especial los del tipo curado medio (MC) y curado lento (SC) y agregados minerales bien gradados con un tamaño máximo de partículas de veinticinco milímetros (25 mm) (1 pulgada) o menores. Por esta razón, el método seleccionado para caracterizar estas mezclas asfálticas no convencionales, dadas las características del ligante natural y los criterios de diseño para evaluar su comportamiento, es el recomendado por Instituto Norteamericano del Asfalto. Es de anotar que este método de diseño puede ser realizado por cualquier laboratorio dedicado a la evaluación de materiales viales de manera rápida y económica. Incluye mezclas elaboradas en vía, preparadas a la temperatura ambiente, así como también mezclas en planta que requieran una alta temperatura de mezclado. El método puede ser usado únicamente para diseños a nivel de laboratorio.

Teniendo en cuenta que esta metodología de diseño no se volvió a utilizar debido a disposiciones de tipo ambiental y energético, lo cual favoreció el desplazamiento de los asfaltos líquidos por las emulsiones asfálticas, se considera necesario precisar nuevamente estos aspectos a los laboratorios actuales, presentando a continuación una adaptación y aplicación del método de diseño Marshall modificado para asfaltos líquidos en la evaluación de las mezclas asfálticas naturales con o sin adición de agregado de aporte.

Nota 1: Este instructivo no reemplaza al documento recomendado por el Instituto Norteamericano del Asfalto, por lo que se debería tener como referencia directa en el laboratorio el documento original.

A1.2 Procedimiento general

Antes de elaborar las mezclas de prueba para ajustar las dimensiones de las briquetas se requiere:

a) Que los materiales cumplan con las especificaciones requeridas.

b) Que la combinación a evaluar de mezcla asfáltica natural y agregado pétreo de aporte se encuentre dentro de las especificaciones granulométricas exigidas.

c) Que se determine la gravedad específica bulk de los agregados que conforman la mezcla asfáltica natural, del agregado pétreo de aporte y la gravedad específica del ligante asfáltico, con el fin de realizar el análisis de densidad y vacíos.

d) Que se elabore la curva reológica del ligante asfáltico que conforma la mezcla asfáltica natural. Para ello se debe

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

separar el agregado del ligante asfáltico natural mediante el procedimiento definido por la norma INV E-759 y determinar la viscosidad a distintas temperaturas.

El método Marshall utiliza muestras de prueba normalizada de sesenta y tres coma cinco milímetros (63,5 mm) (2,5 pulgadas) de espesor por ciento uno coma seis milímetros (101,6 mm) (4 pulgadas) de diámetro, que se preparan de acuerdo con especificaciones bien definidas de espesor, mezclado y compactación de las mezclas.

Los dos datos más importantes del diseño de la mezcla por el método Marshall son: Un análisis de densidad y vacíos y una prueba estabilidad – flujo sobre las muestras compactadas.

La estabilidad de la muestra es la máxima resistencia a la carga en newtons (N), que una muestra ensayada a una temperatura controlada de veinticinco grados Celsius (25 ^{o}C) (77 ^{o}F) soportaría siguiendo el procedimiento que más adelante se enuncia. El flujo es el total de deformación medido en unidades cero coma veinticinco milímetros (0,25 mm) (0,01 pulgada), que sufre la muestra (briqueta), mientras se carga al máximo durante la prueba de estabilidad.

El proceso de evaluación consiste en los siguientes pasos.

- Se selecciona la mezcla asfáltica natural y en caso de ser necesario, el agregado pétreo de aporte, los cuales deben cumplir con las especificaciones requeridas.
- Se preparan y compactan muestras de prueba con los materiales seleccionados teniendo en cuenta que las temperaturas de mezclado y compactación se deben determinar mediante la curva de susceptibilidad térmica (curva reológica) del ligante asfáltico natural que conforma la mezcla asfáltica.
- Con la mezcla asfáltica seleccionada en su estado natural, tal como sale de la mina, o con la adición de agregado pétreo de aporte se prepara una serie de muestras de prueba (briquetas). Se recomienda evaluar mínimo dos porcentajes por encima y por debajo del óptimo teórico de referencia que debería estar presente en la mezcla asfáltica seleccionada definido por algún método. Se recomienda utilizar el método de superficie específica del agregado determinado mediante la norma Invias E-741.
- Para establecer la idoneidad de los datos estimados se deben elaborar tres (3) muestras (briquetas) por cada contenido de asfalto que se vaya a usar. Así, para un estudio de diseño se deben evaluar al menos cuatro (4) mezclas asfálticas con porcentajes de asfalto diferentes, por lo cual se van a requerir al menos doce (12) briquetas. Adicionalmente se deben utilizar seis (6) briquetas para determinar los efectos del agua en la estabilidad. Para la elaboración de cada muestra de ensayo (briqueta), se necesitan aproximadamente mil doscientos gramos (1 200 g) de mezcla asfáltica. Es por esto por lo que la cantidad mínima de material representativo y de composición homogénea que se requiere para la preparación de las briquetas y realizar los demás ensayos de caracterización necesarios: análisis granulométrico y determinación de las gravedades específicas, es aproximadamente 30 kg.
- Las muestras se evalúan para determinar la relación de vacíos en la mezcla y relación de vacíos en el agregado y la estabilidad y el flujo Marshall a veinticinco grados Celsius (25 °C) (77 oF).
- El efecto del agua en la estabilidad y el flujo se determinan de acuerdo con los

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

resultados de someter la muestra (briqueta), a una prueba de inmersión por un período de cuatro (4) días en un baño de agua a veinticinco grados Celsius (25 °C) (77 oF).

- Se debe seleccionar la mezcla asfáltica que cumpla con los criterios de diseño establecidos por el Instituto Norteamericano del Asfalto.

A.2 EQUIPO

Al respecto se considera lo que resulte aplicable de la norma de ensayo INV E-748, numeral A4.

El equipo necesario para la elaboración de las briquetas o muestras es el siguiente:

a) Horno y palanca calentadora eléctrica para calentar los agregados pétreos de aporte, el asfalto y materiales necesarios.

b) Cuchara para manejar los agregados y la mezcla.

c) Recipientes graduados, bandeja y pinzas para el calentamiento del asfalto.

d) Termómetro blindado de vidrio o dial con varilla para lecturas entre diez y doscientos treinta y dos grados Celsius (10 °C – 232 °C) (50 °F – 450 °F), de la temperatura de los agregados, del asfalto y de la mezcla asfáltica.

e) Balanza de dos kilogramos (2 kg) de capacidad, con aproximación a cero coma un gramos (0,1 g), para pesar las muestras compactadas.

f) Palustre.

g) Espátula.

h) Mezclador mecánico (opcional) de cuatro litros (4 L) de capacidad o más, equipo con dos compartimientos de metal para mezclado y dos agitadores.

i) Baño de agua hirviendo que consiste en el plato calentador y cubeta de agua para calentar el martillo y el molde de compactación.

j) Pedestal para compactación que consta de soporte de madera de doscientos por doscientos por cuatrocientos sesenta milímetros (200 mm x 200 mm x 460 mm) (8 pulgadas x 8 pulgadas x 18 pulgadas), sobre el cual descansa una placa de acero de trescientos cinco por trescientos cinco por veinticinco milímetros (305 mm x 305 mm x 25 mm) (12” x 12” x 1”). El soporte puede ser de roble, pino o cualquier otra madera resistente que tenga un peso seco de seiscientos setenta y tres a setecientos sesenta y nueve kilogramos por metro cúbico (673 kg/m^3 a 769 kg/m^3) (42 lb/pie^3 a 48 lb/pie^3). El soporte se debe asegurar mediante cuatro (4) esquineras a una placa sólida de concreto. Los bordes de la placa de acero se fijan firmemente al soporte. El pedestal puede instalarse de tal manera que el soporte quede nivelado y que se presente un perfecto ajuste durante el proceso de la compactación.

k) Molde de compactación que consta de: una base, un molde encofrado y un collar de extensión. El molde tiene un diámetro interior de ciento uno coma seis milímetros (101,6 mm) (4 pulgadas) y una altura aproximadamente de setenta y seis milímetros (76 mm) (3 pulgadas). La base y el collar están diseñados para intercambiarse ya sea a uno u otro lado del molde.

l) Martillo de compactación que consta de una barra achatada que cae deslizándose sobre una guía y un pisón de cara circular de noventa y ocho coma cuatro milímetros (98,4 mm) (3-7/8 de pulgada). La barra pesa cuatro coma cinco kilogramos (4,5 kg) (10 lb) y tiene una caída (guía) de cuatrocientos cincuenta y siete coma dos milímetros (457,2 mm) (18 pulgadas) de altura.

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

m) Soporte del molde que consta de un dispositivo de tensión elástica, diseñado para acoplar el molde sobre el pedestal de compactación.

n) Extractor de muestras o prensa para extraer la muestra (briqueta) ya compactada.

o) Guantes de soldadura para el manejo del equipo calentado.

p) Guantes de caucho para el manejo de las muestras en el baño de agua caliente.

q) Crayolas para marcar las muestras.

r) Bandeja de metal para vaciar los agregados, mezclarlos con el asfalto líquido y curado de la mezcla.

s) Horno aireador para el curado de las mezclas.

t) Balanza de cuatro kilogramos (4 kg) de capacidad con aproximación a cero coma dos gramos (0,2 g), para pesar los agregados y el asfalto.

u) Máquina de ensayo Marshall con dispositivo eléctrico, diseñada para aplicar las cargas a las muestras por medio de pesas de ensayo semicirculares a una rata de deformación constante de cincuenta coma ocho milímetros por minuto (50,8 mm/min) (2 pulgadas/min). Está equipada, además, con un calibrador provisto de anillo para determinar la carga de ensayo aplicada, marco de carga para el ensayo de estabilidad Marshall y un medidor de flujo Marshall para establecer la deformación bajo la carga máxima de ensayo. En lugar del marco de ensayo Marshall puede emplearse una maquina universal de ensayo equipado con indicadores adecuados de carga y deformación.

v) Aireador o baño de aire. El baño de aire debe estar equipado con un control automático o manual de mantenimiento de la temperatura en veinticinco, más o menos cero coma seis, grados Celsius (25 °C ± 0,6 °C) (77 °F ± 1 °F).

A.3 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA ENSAYO

Al respecto se considera lo que resulte aplicable de la norma de ensayo INV E-748, numeral A5.

A.3.1 Número de muestras

Se deben preparar por lo menos tres (3) muestras y preferiblemente cinco (5) muestras para cada contenido de asfalto en la mezcla seleccionada para evaluar, ya sea en su estado natural o con aporte de agregados pétreos.

A.3.2 Determinación de la temperatura de mezclado y de compactación

La temperatura a la cual debe realizarse la mezcla entre el agregado pétreo de aporte y la mezcla asfáltica natural debe ser la que permita alcanzar en el ligante asfáltico una viscosidad de ciento setenta más o menos veinte centistokes (170 ± 20 cSt). La temperatura a la cual el ligante asfáltico puede llegar a tener una viscosidad de doscientos ochenta más o menos treinta centistokes (280 ± 30 cSt) se denomina la temperatura de compactación.

Para su determinación debe construirse la curva de viscosidad versus temperatura del ligante asfáltico recuperado mediante el procedimiento definido por las normas de ensayo INV E-759 e INV E-717.

Nota 2: Teniendo en cuenta que las mezclas asfálticas naturales están conformadas por arenas o conglomerados impregnados de una película de ligante asfáltico natural (cemento asfáltico y solvente de bajo grado de volatilización), no es necesario someter a un proceso de curado a la mezcla antes

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

de proceder a su compactación. En este caso se estaría evaluando a las mezclas asfálticas naturales de una manera conservadora, dado que con el tiempo en servicio se presenta un endurecimiento del ligante haciendo que la mezcla vaya incrementando su resistencia a las deformaciones plásticas. Esta es una diferencia respecto al método original en donde se hace evaporar un veinticinco por ciento (25 %) o un cincuenta por ciento (50 %) de los solventes incluidos durante la elaboración del asfalto líquido.

A.3.3 Preparación del molde y el martillo

Cuando se encuentra completamente limpio el conjunto del molde, al igual que la cara del martillo, se someten a un baño de agua caliente o se colocan sobre el plato calentador a una temperatura entre noventa y tres coma tres y ciento cuarenta y ocho coma nueve grados Celsius (93,3 °C - 148,9 °C) (200 °F – 300 °F). Se debe colocar un pedazo de papel de filtro recortado de acuerdo con el tamaño del fondo del molde y luego se coloca la muestra en el molde.

A.3.4 Preparación de las mezclas

Al respecto, se debe considerar lo que resulte aplicable de la norma de ensayo E-748, numeral A5.5.

- Pesar por separado en bandejas para cada muestra de ensayo la cantidad adecuada de cada fracción que produzca una cochada que dé como resultado una muestra compactada de sesenta y tres coma cinco, más o menos uno coma tres, milímetros (63,5 ± 1,3 mm) (2,5 ± 0,1 pulgadas) de espesor.
- Colocar las bandejas con la mezcla asfáltica natural y material de aporte (en caso necesario) en el horno y calentar a una temperatura aproximada de diez grados Celsius (10 °C), por encima de la temperatura de mezclado.
- Colocar en la bandeja de mezclado cada uno de los materiales a mezclar, previamente pesados, en las cantidades definidas. En este punto, la temperatura de la mezcla asfáltica natural y agregados pétreos de aporte debe estar cercana a los límites de la temperatura de mezclado establecida anteriormente. Se mezclan enérgicamente los materiales de manera uniforme con el palustre hasta obtener una mezcla homogénea. Debe evitarse la pérdida de material durante el mezclado y luego durante su manejo.

A.3.5 Compactación de las muestras (briquetas).

Al respecto se debe considerar lo que resulte aplicable de la norma de ensayo E-748, numeral A5.6.

3.5.1. Colocar toda la cochada preparada dentro del molde, emparejando la mezcla con la espátula unas quince (15) veces alrededor del perímetro y diez (10) veces en la parte central. Se quita el collar y se alisa suavemente la superficie hasta obtener una forma ligeramente redondeada. Inmediatamente antes del proceso de compactación, la temperatura de la mezcla debe estar muy cercana a los límites de la temperatura de compactación establecida, o de lo contrario debe descartarse.

3.5.2. Colocar nuevamente el collar de extensión, colocar el molde en el sostenedor y ubicarlo en el pedestal de compactación. Se aplican setenta y cinco (75) golpes con el martillo. Se quita la base y el collar, se le da vuelta y se vuelve a armar el conjunto. Se aplica el mismo número de golpes (75) a la cara opuesta de la muestra. Después de la compactación se quita la base del molde y se expone la muestra a la temperatura ambiente

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

dentro del molde. Se saca la muestra del molde por medio de un extractor o de cualquier otro aparato de compresión. Se coloca en una superficie lisa y se enrasa la superficie antes de llevarla al ensayo. Las muestras que presenten una variación de más o menos dos coma cinco milímetros (± 2,5 mm) (± 0,1 pulgada), en relación con el espesor especificado de sesenta y tres milímetros (63 mm) (2,5 pulgadas), se deben rechazar.

Nota 3: El ensayo de estabilidad y flujo se debe efectuar pasadas dieciséis horas (16 h) después de la compactación. Si la muestra debe ser almacenada por más de veinticuatro horas (24 h), antes del ensayo, se debe proteger de la exposición al aire mediante sellado en un recipiente cerrado a prueba de aire.

A.4 ANÁLISIS DE DENSIDAD Y VACÍOS

Al respecto se debe considerar lo que resulte aplicable de las normas de ensayo INV E-736 e INV E-799.

Para realizar la determinación del volumen de vacíos con aire Vv y vacíos en el agregado mineral VAM, es necesario determinar los siguientes parámetros a las mezclas asfálticas en estado suelto y compactado:

- La gravedad específica bulk de la mezcla asfáltica compactada mediante el procedimiento descrito en algunas de las normas INV E-733 e INV E-734.
- Se determina la gravedad específica máxima de cada una de las mezclas asfálticas evaluadas siguiendo el procedimiento definido en la norma INV E-735.

A.5 ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

Al respecto se debe considerar lo que resulte aplicable de la norma de ensayo INV E- 748, numeral A6.

Después de determinada la gravedad específica bulk de la mezcla asfáltica compactada se deben garantizar los siguientes requisitos para los ensayos de estabilidad y flujo:

- Permanencia de la muestra durante dos horas (2 h), antes de ensayarse, en el baño de aire a veinticinco, más o menos cero coma siete, grados Celsius (25 °C ± 0,7 °C) (77 °F ± 1 °F).
- Establecer la limpieza de las guías y de la superficie interior del anillo de prueba y lubricar las guías para garantizar que el segmento superior del anillo se deslice libremente sobre ellas. La temperatura del anillo de prueba debe mantenerse entre veintiuno coma uno y veintiséis coma siete grados Celsius (21,1 °C - 26,7 °C) (70 °F – 80 °F), utilizando el baño de agua, si ello fuere necesario. Verifíquese el ajuste en cero (0) del medidor de flujo (deformímetro) y el dispositivo de medición de la carga (anillo).
- Se saca la muestra del baño de aire, se coloca en la parte inferior del anillo de prueba, luego se ajusta la parte superior de dicho anillo y se centra el conjunto en el dispositivo de carga. Se coloca el medidor de flujo (deformímetro) sobre la barra guía marcada.
- Aplicar la carga de ensayo a la muestra a una rata de deformación constante de cincuenta coma ocho milímetros por minuto (50,8 mm/min) (2 pulgadas/min) hasta que ocurra la falla. El punto de falla está definido por la lectura obtenida en la carga máxima. El número total de Newtons (N) o libras (Lb) que sea necesario para producir la falla de la muestra a veinticinco coma seis grados Celsius (25,6 °C) (77 °F), se considera como valor de su estabilidad Marshall.
- Mientras se hace el ensayo de estabilidad

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

manténgase el medidor de flujo fuertemente en posición sobre la barra guía y retírese en el instante en que empiece a decrecer, o sea, bajo la carga máxima. Se debe anotar el valor de flujo indicado, cuyas unidades son cero coma veinticinco milímetros (0,25 mm) (0,01 pulgadas).

- Promediar los valores de estabilidad y flujo para todas las muestras con cada contenido de ligante. Los valores que obviamente no estén cercanos entre sí deben obedecer a errores y por lo tanto no se consideran dentro del promedio.

A.6 EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL AGUA

- Se deben seleccionar las mezclas asfálticas que cumplan con todos los requerimientos de diseño exigidos en la tabla A1.
- Se debe preparar un grupo de por lo menos seis (6) muestras de ensayo con las mezclas seleccionadas siguiendo el procedimiento descrito en el numeral A3.
- Se determina la gravedad específica bulk de cada mezcla asfáltica compactada y se obtiene el valor promedio. Se dividen las muestras en dos grupos de tal manera que la gravedad específica bulk de cada uno de los dos grupos sea, en lo posible, cercano al promedio general.
- Colocar un grupo de las muestras de ensayo a temperatura ambiente en un baño de aire (aireador) a veinticinco, más o menos cero coma seis, grados Celsius (25 °C ± 0,6 °C) (77 °F ± 1 °F), durante dos horas (2 h) antes de ensayarlas para estabilidad y flujo a la misma temperatura.
- Colocar el otro grupo de muestras de ensayo en otros recipientes y mantenerlas a temperatura ambiente por un periodo de dieciséis a veinticuatro horas (16 h – 24 h). Posteriormente se sumergen durante cuatro días (4 d) en un baño de agua a una temperatura de veinticinco, más o menos cero coma seis, grados Celsius (25 °C ± 0,6 °C) (77 °F ± 1 °F), antes de ensayarlas para flujo y estabilidad a la misma temperatura.
- Calcular el porcentaje de estabilidad retenida después de la inmersión, en relación con el promedio de estabilidad Marshall de cada grupo de muestras de ensayo.

A.7 CRITERIO PARA ELEGIR UNA MEZCLA SATISFACTORIA

El criterio de diseño recomendado para la determinación de la confiabilidad de los diseños de mezclas asfálticas, ver tabla A1.

Tabla A1. Criterios de diseño Marshall

Características	Mínimo	Promedio	Máximo
Grado de curado			
% solvente evaporado			
Para mantenimiento		25 (no aplica)	
Para pavimentación		50 (no aplica)	
Numero de golpes por capa		75	
% Vacíos en la mezcla	3	-	5
% Vacíos en los agregados (VAM)	Ver Tabla A2		
Estabilidad (25 ºC) (N)			
Para mantenimiento	2 224		
Para pavimentación	3 336		
Flujo (25 ºC) (mm)	2		4
Estabilidad residual después de inmersión durante 4 días a 25 ºC	75		

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

A.8 SELECCIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL SATISFACTORIA

Comúnmente la mezcla asfáltica satisfactoria se determina por la comparación de las propiedades dadas por los ensayos y el criterio de diseño de mezclas de la tabla A1, si alguno de los criterios no se cumple o es muy estrecho, se deben seleccionar otras mezclas naturales, corregir la proporción del agregado pétreo de aporte, sustituir una de las fuentes de agregado, entre otras soluciones posibles.

Tabla A2. Porcentaje mínimo de vacíos en los agregados (VAM), considerando su Tamaño Máximo

Tamiz	Mínimo % de vacíos
1 pulgada	13
3/4 pulgada	14
1/2 pulgada	15
3/8 pulgada	16
Nro. 4	18
Nro. 8	21
Nro. 16	23,5

A.9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Normas de ensayos de Materiales 2013, Instituto Nacional de Vías.
- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras 2022, InstitutoNacional de Vías.
- Manual MS-14: Manual de Mezclas Asfálticas en Frío, del Instituto Norteamericano del Asfalto, apéndice H, 1989.
- Manual MS-2: Los métodos de diseños de mezclas para concreto asfáltico.
- Instituto Norteamericano del Asfalto, Tecnología del asfalto y prácticas de construcción, 1985

ESPECIFICACIONES INVÍAS 2022

Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto asfáltico)

Artículo 450 – 22

450.1 Descripción

Este trabajo consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y la compactación de una o más capas de mezcla asfáltica de gradación continua, preparada y colocada en caliente (concreto asfáltico), de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, las cotas, las secciones y los espesores indicados en los documentos del proyecto.

La Tabla 450 — 1 relaciona tres tipos de mezclas asfálticas de gradación continua, en función del tipo de granulometría.

Tabla 450 — 1. Tipos de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Tipo	Denominación
Por tipo de granulometría	
Mezclas densas	MDC
Mezclas semidensas	MSC
Mezclas gruesas	MGC
Mezclas especiales	
Mezclas de alto módulo	MAM

Nota: las mezclas de alto módulo, deben cumplir los mínimos de calidad establecidos en la Tabla 450 – 10 sobre las propiedades de módulo de rigidez y resistencia a la fatiga.

En todo caso el valor del módulo de rigidez por adoptar en el diseño debe ser acorde a las condiciones de temperatura y frecuencia del proyecto.

Las mezclas de reciclado en planta y en caliente deben seguir lo especificado en el artículo 462.

450.2 Materiales

450.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

450.2.1.1 Requisitos generales

Los requisitos que se exigen en esta sección son de tipo prescriptivo, para evaluar la calidad de los materiales que componen la mezcla asfáltica. En caso de no cumplirse alguno(s) de ellos, la aceptación o rechazo respectivos deben ser evaluados según las premisas

de desempeño indicadas en el diseño, y según sean las condiciones de las fuentes locales. La aprobación debe ser sustentada mediante un informe técnico detallado, desarrollado por el especialista en pavimentos y/o geotecnia, donde se consigne cuál debe ser el desempeño y la durabilidad, proponiendo las estrategias necesarias para garantizar el cumplimiento del diseño. El interventor debe aprobar o rechazar los materiales en función de los requisitos establecidos en esta sección y en los establecidos en el informe de desempeño del especialista.

Los agregados pétreos y el llenante mineral deben satisfacer los requisitos del numeral 400.2.1 del artículo 400. Así mismo, deben cumplir los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 450 — 2.

Tabla 450 — 2. Requisitos de los agregados para mezclas asfálticas en caliente de gradación continúa

Característica	Norma de ensayo	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%). (Nota 1): - Capa de: rodadura/intermedia/base, 500 revoluciones - Capa de: rodadura/intermedia/base, 100 revoluciones	INV E-218	 25/35/- 5/7/-	 25/35/35 5/7/7	 25/35/35 5/7/7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%): - Capa de: rodadura/intermedia/base	INV E-238	 -	 25/30/30	 20/25/25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos, capa de: rodadura/intermedia/base - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínima (%)	INV E-224	 - -	 - -	 110/90/75 75/75/75
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo.	INV E-232	45	45	45
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregados fino y grueso, máximo (%).	INV E-220	18	18	18
Análisis petrográfico				
Cuantifica los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado (Nota 2).	ASTM C295	-	-	Reportar
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%).	INV E-237	0,5	0,5	0,5
Limpieza, gradación combinada (F)				
Índice de Plasticidad, máximo (%).	INV E-125 e INV E-126	NP	NP	NP
Equivalente de arena, mínimo (%).	INV E-133	50	50	50
Valor de azul de metileno, máximo.	INV E-235	10	10	10

Característica	Norma de ensayo	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%).	INV E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): - Una cara: rodadura/intermedia/base - Dos caras: rodadura/intermedia/base	INV E-227	75/60/- -/-/-	75/75/60 60/-/-	85/75/60 70/-/-
Geometría de las partículas, agregado fino (F)				
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%): - Capa de: rodadura/intermedia/base	INV E-239	40/35/-	45/40/35	45/40/35
Adhesividad (O)				
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo (%).	INV E-757	Reportar		
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo.	INV E-774	4		

Nota 1: se aceptan valores superiores de desgaste siempre y cuando el valor de Micro-Deval se cumpla; esta nota no resulta aplicable para tránsito NT1.

Nota 2: este ensayo es aplicable únicamente para transito NT3. El informe debe cuantificar los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado, debe incluir advertencia sobre la presencia de minerales contaminantes, deletéreos, con posibles reactividades químicas, inestables o susceptibles a cambios volumétricos. Debe indicar el grado de meteorización o de alteración del agregado, y la porosidad. También debe incluir valores de acidez y carga de partícula con un concepto sobre la adherencia con el asfalto y las emulsiones.

450.2.1.2 Agregado fino

La proporción de arena natural no puede exceder los valores indicados en la Tabla 450 — 3.

Tabla 450 — 3. Proporción máxima de arena natural en el agregado para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Característica	Nivel de tránsito		
	NT1	NT2	NT3
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado combinado.	≤ 25	≤ 25	≤ 15
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado fino.	≤ 50		

450.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral puede provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o puede ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada (ver requisitos en la NTC 4019) o cemento hidráulico (ver requisitos en el numeral 501.2.1 del artículo 501). La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deben cumplir lo establecido en la Tabla 450 — 4.

Tabla 450 — 4. Proporción y requisitos del llenante mineral

Característica	Norma de ensayo INV	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (porcentaje (%) en masa del llenante total) - Capa de rodadura - Capa intermedia - Capa de base	-	 - - -	 ≥ 25 ≥ 25 -	 ≥ 50 ≥ 50 ≥ 25
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz de 1,18 mm (nro. 16) - % que pasa tamiz de 0,600 mm (nro. 30) - % que pasa tamiz de 0,150 mm (nro. 100) - % que pasa tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	E-215	 100 97 — 100 95 — 100 70 — 100		
Densidad *bulk* (g/cm^3).	E-225	0,5 — 0,8		
Vacíos del llenante seco compactado (%).	E-229	-	≥ 38	

450.2.1.4 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, debe estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 450 — 5. El análisis granulométrico se debe efectuar de acuerdo con la norma INV E-213.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

Tabla 450 — 5. Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Tipo de mezcla		Tamiz (mm / U.S. *Standard*)									
		37,5	25,0	19,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075
		1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	3/4 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 80	Nro. 200
		Pasa tamiz (%)									
Densa	MDC-25	-	100	80 — 95	67 — 85	60 — 77	43 — 59	29 — 45	14 — 25	8 — 17	4 — 8
	MDC-19	-	-	100	80 — 95	70 — 88	49 — 65	29 — 45	14 — 25	8 — 17	4 — 8
	MDC-10	-	-	-	-	100	65 — 87	43 — 61	16 — 29	9 — 19	5 — 10
Semidensa	MSC-25	-	100	80 — 95	65 — 80	55 — 70	40 — 55	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
	MSC-19	-		100	80 — 95	65 — 80	40 — 55	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
Gruesa	MGC-38	100	75 — 95	65 — 85	47 — 67	40 — 60	28 — 46	17 — 32	7 — 17	4 — 11	2 — 6
	MGC-25	-	100	75 — 95	55 — 75	40 — 60	28 — 46	17 — 32	7 — 17	4 — 11	2 — 6
Alto módulo	MAM -25	-	100	80 — 95	65 — 80	55 — 70	40 — 55	24 — 38	10 — 20	8 — 14	6 — 9
	MAM-19	-	-	100	80 — 95	65 — 80	40 — 55	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		-	4 %					3 %			2 %

El tipo de mezcla asfáltica en caliente por emplear depende del tipo y del espesor compacto de la capa asfáltica y se define en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 450 — 6.

Tabla 450 — 6. Tipo de mezcla por utilizar en función del tipo y espesor compacto de la capa

Tipo de capa	Espesor de capas de compactación (mm)	Tipo de mezcla
Rodadura	30 — 40	MDC-10
	40 — 60	MDC-19, MSC-19
	> 60	MDC-25, MDC-19, MSC-19, MAM-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
	60 — 130	MAM-25
Bacheos	50 — 75	MSC-25, MGC-25
	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

450.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla en caliente se debe seleccionar en función de:

- Características climáticas de la zona.
- Tipo de capa.
- Condiciones de operación de la carretera.

Los documentos del proyecto deben indicar el tipo de asfalto por utilizar en cada capa del pavimento. El tipo de asfalto puede ser:

- Asfalto convencional, con denominaciones 40 — 50, 60 — 70 u 80 — 100 según se definen en el artículo 410.
- Cemento asfáltico modificado con polímeros de tipo CAM-2, CAM-3, CAM-5 y CAM-1 según se definen en el artículo 414.

En términos generales, se pueden tomar como guía para la selección del tipo de asfalto las indicaciones de la Tabla 450 — 7. Los asfaltos deben cumplir los requisitos de calidad establecidos en los artículos 410 o 414, según corresponda.

Tabla 450 — 7. Tipo de asfalto por emplear en mezclas asfálticas en caliente de gradación continua

Tipo de capa	NT1			NT2			NT3		
	Temperatura media anual de la región (°C)								
	> 24	15 – 24	< 15	> 24	15 – 24	< 15	> 24	15 – 24	< 15
Rodadura e Intermedia	60 — 70	60 — 70 u 80 – 100	80 — 100	60 — 70	60 — 70 u 80 – 100	80 — 100	40 — 50 60 — 70 o 40/70 — 58 o 55/70 — 58 o 55/70 — 65	40 — 50 60 — 70 o 40/70 — 58 o 55/70 — 58	60 — 70 80 — 100 o 55/70 — 58
Base	NA			60 — 70 u 80 — 100	60 — 70 u 80 — 100	80 — 100	60 — 70	60 — 70 u 80 — 100	80 — 100
Alto Módulo	NA			NA			15/40 — 65		

Nota: para una temperatura menor de quince grados Celsius (15 °C) y tránsito NT3, los documentos del proyecto pueden recomendar un cemento asfáltico de grado de penetración 60 — 70, si se considera que el tránsito es extremadamente agresivo. Bajo una consideración similar, se puede emplear el cemento asfáltico modificado con polímeros de tipo CAM-5 para el mismo nivel de tránsito y temperaturas de veinticuatro grados Celsius (24 °C) o menores.

450.2.3 Aditivos mejoradores de la adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deben cumplir con los requisitos del artículo 412. Los aditivos por emplear deben ser recomendados y suministrados por el constructor, y su dosificación y dispersión homogénea deben tener la aprobación del interventor.

El constructor debe garantizar que su incorporación no produce ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, es de responsabilidad exclusiva del constructor, quien debe efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las indicaciones del interventor y hasta ser aprobado por este.

450.2.4 Aditivos para modificar la reología

Se permite la incorporación de productos o tecnologías que modifiquen la reología de una mezcla asfáltica elaborada con asfalto convencional o métodos tradicionales. Se permite el uso de fibras, aditivos para mezclas tibias, asfalto espumado o cualquier otra tecnología o modificador de las propiedades del concreto asfáltico, siempre y cuando se presenten informes técnicos que determinen su dosificación y se muestre evidencia de un comportamiento favorable en campo. Dichos informes deben ilustrar las mejoras obtenidas en el desempeño, en los procesos productivos, en los procesos constructivos, en la durabilidad o en las prestaciones mecánicas, al ser comparada la mezcla modificada respecto a la mezcla patrón sin incorporación de dichos productos. Además, el uso de estos productos o tecnologías debe ser respaldado con las respectivas fichas técnicas y hojas de seguridad proporcionadas por el fabricante para contar con la aprobación del interventor.

450.3 Equipo

Al respecto, se debe considerar lo que resulte aplicable de lo indicado en el artículo 400. Para la compactación, se deben poner a disposición de los trabajos, como mínimo, un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos o mixtos y uno (1) de llantas neumáticas.

450.4 Ejecución de los trabajos

450.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

450.4.2 Diseño de la mezcla y la obtención de la fórmula de trabajo

450.4.2.1 Generalidades

Rige todo lo que resulte aplicable en el numeral 400.4.2 del artículo 400.

450.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas en caliente objeto del presente artículo, se deben diseñar por el método Marshall, de acuerdo con los pasos descritos en la Tabla 450 — 8.

Tabla 450 — 8. Pasos por seguir para el diseño de mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.

Pasos	Descripción	Numeral
Diseño preliminar	- Estabilidad y flujo Marshall - Propiedades volumétricas	450.4.2.2.1
Verificación del diseño preliminar	- Susceptibilidad al agua - Resistencia al ahuellamiento - Módulo de rigidez - Resistencia a la fatiga	450.4.2.2.2

450.4.2.2.1 Diseño preliminar

Los criterios para la definición preliminar del porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla son los indicados en la Tabla 450 — 9.

450.4.2.2.2 Verificación del diseño preliminar

El diseño preliminar que cumpla los requisitos de la Tabla 450 — 9 se debe someter a las pruebas de verificación relacionadas en la Tabla 450 — 10 y cumplir los requisitos allí establecidos. La verificación se debe adelantar en la secuencia indicada en esta tabla; las probetas se deben elaborar con la mezcla definida como óptima en el diseño preliminar mencionado en el numeral anterior.

Tabla 450 — 9. Criterios para el diseño preliminar de la mezcla asfáltica en caliente de gradación continua por el método Marshall

Característica		Norma de Ensayo INV	Mezclas densas, semidensas y gruesas			Mezcla de alto módulo
			Categoría de tránsito			
			NT1	NT2	NT3	
Compactación (golpes/cara)		E-748 (E-800) (Nota 1)	50	75 (112)	75 (112)	75
Estabilidad mínima (N)			5 000	7 500 (16 875)	9 000 (20 250)	15 000
Flujo (mm). (Nota 2)			2,0 — 4,0	2,0 — 4,0 (3,0 — 6,0)	2,0 — 3,5 (3,0 — 5,3)	2,0 — 3,0
Relación Estabilidad/Flujo (kN/mm)			2,0 — 4,0	3,0 — 5,0 (4,5 — 7,5)	3,0 — 6,0 (4,5 — 9,0)	-
Vacíos con aire (Va) (%). (Nota 3)	Rodadura	E-736 E-799	3,0 — 5,0	3,0 — 5,0	3,0 — 5,0	4,0 — 6,0
	Intermedia		4,0 — 8,0	4,0 — 7,0	4,0 — 7,0	4,0 — 6,0
	Base		NA	5,0 — 8,0	5,0 — 8,0	4,0 — 6,0

Característica		Norma Ensayo INV	Mezclas densas, semidensas y gruesas			Mezcla de alto módulo
			Categoría de tránsito			
			NT1	NT2	NT3	
Vacíos en los agregados minerales (VAM), mínimo (%)	T. Máx. 38 mm	E-799	13,0			-
	T. Máx. 25 mm		14,0			14,0
	T. Máx. 19 mm		15,0			-
	T. Máx. 10 mm		16,0			-
Vacíos llenos de asfalto (VFA) (%)		E-799	65 — 80	65 — 78	65 — 75	63 — 75
Relación Llenante/Ligante efectivo, en peso		E-799	0,8 — 1,2			1,2 — 1,4
Concentración de llenante, valor máximo		E-745	Valor crítico			
Evaluación de propiedades de empaquetamiento por el método Bailey		-	Reportar			
Espesor promedio de película de asfalto, mínimo (µm)		E-741	7,5			

Nota 1: se debe usar la norma de ensayo INV E-800, en lugar de la INV E-748 cuando los agregados tengan un tamaño máximo superior a veinticinco milímetros (25 mm) (1 pulgada). Los valores entre paréntesis corresponden a ensayos efectuados, de acuerdo con la norma INV E-800.

Nota 2: para mezclas elaboradas con asfaltos modificados con polímeros, se puede aceptar un valor de flujo hasta de cinco milímetros (5,0 mm). En cualquier caso, se debe cumplir el requisito establecido en la respectiva columna de la tabla para la relación Estabilidad/Flujo.

Nota 3: para bacheos en capas de cincuenta a setenta y cinco milímetros (50 mm – 75 mm) de espesor, se deben exigir los requisitos de vacíos con aire de «intermedia» y para los de capas de más de setenta y cinco milímetros (75 mm) se deben exigir los requisitos para «base». Si se llegase a efectuar un bacheo con mezcla asfáltica en caliente en espesor mayor de setenta y cinco milímetros (75 mm) en una vía cuyo tránsito de proyecto es NT1, se debe aplicar el criterio de vacíos con aire para las capas de «base» con tránsito NT2 (5 % – 8 %).

La verificación de los parámetros del comportamiento de las mezclas asfálticas en caliente de gradación continua se designa teniendo en cuenta cuatro niveles de comportamiento:

- Nivel 1: Compactación: Marshall + sensibilidad al agua.
- Nivel 2: Nivel 1 + Ahuellamiento: Resistencia a la deformación plástica o Resistencia al ahuellamiento.
- Nivel 3: Nivel 2 + Módulos de rigidez: Módulo complejo y/o Módulo resiliente.
- Nivel 4: Nivel 3 + Fatiga: Leyes de fatiga.

El constructor debe reportar el nivel de comportamiento de cada mezcla asfáltica del proyecto.

Las probetas se deben elaborar con la mezcla definida como óptima, con las mismas

condiciones de compactación. Se recomienda que, para los niveles de exigencia 2, 3 y 4, las probetas a utilizar en los ensayos de verificación de mezclas asfálticas, sean extraídas de placas compactadas. Se permite la elaboración de probetas con compactador de placa según lo estipulado en la norma UNE-EN 12697-33. Se da la posibilidad de fabricar placas compactadas usando otros métodos alternos de compactación, siempre que representen las condiciones reales de la mezcla según las condiciones del lugar de ejecución del trabajo.

Tabla 450 — 10. Verificación de los parámetros de comportamiento de mezclas asfálticas

Propiedad	Norma de ensayo	Criterio	Condiciones recomendadas del ensayo	Unidades	Valor	Aplicabilidad obligatoria
Sensibilidad al agua						
Susceptibilidad al agua	INV E-725	Resistencia retenida	25 °C, condición seca y húmeda	%	≥ 80	Todos los tipos de mezclas
Ahuellamiento (Nota 1)						
Resistencia a la deformación plástica	INV E-756	Resistencia a la deformación plástica	Velocidad de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos, a la temperatura media anual del aire > 24 °C	µm/min	≤ 15	Tránsito NT3: para capas de rodadura e intermedia
						MAM-25
						MAM 19
						Todas las mezclas (Opcional)
			Velocidad de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos, a la temperatura media anual del aire ≤ 24 °C	µm/min	≤ 20	Tránsito NT3: para capas de rodadura e intermedia
						MAM-25
						MAM 19
						Todas las mezclas (Opcional)
Módulos de rigidez						
Módulo resiliente	INV E-749	Módulo resiliente	Mezclas compactadas con 75 golpes por cara, a 20 °C a 10 Hz	MPa	≥ 10 000	MAM-25
					≥ 8 000	MAM-19
					Reportar (Nota 2)	Todas las mezclas (Opcional)

Propiedad	Norma de ensayo	Criterio	Condiciones recomendadas del ensayo	Unidades	Valor	Aplicabilidad obligatoria
Módulo complejo	UNE-EN 12697-26 (Anexo D: de tracción/ compresión directa)	Valor absoluto del módulo complejo |*E**|	20 °C, 10 Hz	MPa	Reportar (Nota 2)	Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						MAM-25
						MAM-19
						Todas las mezclas (Opcional)
			Temperatura y frecuencia según la Nota 3 y la Nota 4	MPa	Reportar (Nota 2)	Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						MAM-25
						MAM-19
						Todas las mezclas (Opcional)
Fatiga						
Leyes de fatiga	INV E-808 INV E-784 UNE-EN 12697-24	Deformación a un millón de ciclos ε_6	20 °C, frecuencia entre 10 Hz y 20 Hz	µm	≥ 130	MAM-25
					≥ 100	MAM-19
					Reportar (Nota 2)	Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						Todas las mezclas (Opcional)
			Temperatura y frecuencia según la Nota 3 y la Nota 4	µm	Reportar (Nota 2)	MAM-25
						MAM-19
						Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						Todas las mezclas (Opcional)

Propiedad	Norma de ensayo	Criterio	Condiciones recomendadas del ensayo	Unidades	Valor	Aplicabilidad obligatoria
Leyes de fatiga	INV E-808 INV E-784 UNE-EN 12697-24	Pendiente -1/b de la recta de fatiga	20 °C, frecuencia entre 10 Hz y 20 Hz	-	Reportar (Nota 2)	MAM-25
						MAM-19
						Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						Todas las mezclas (Opcional)
			Temperatura y frecuencia según la Nota 3 y la Nota 4	-	Reportar (Nota 2)	MAM-25
						MAM-19
						Tránsito NT3: Todos los tipos de mezclas
						Todas las mezclas (Opcional)

Nota 1: para el control de ahuellamiento se puede emplear el «ensayo de rodadura» según la norma UNE-EN 12697-22 (ver numeral 450.4.2.2.2.2).

Nota 2: los documentos del proyecto deben establecer los valores mínimos que se deben cumplir.

Nota 3: la temperatura de ejecución del ensayo debe estar en función de la temperatura promedio del lugar de ejecución del trabajo.

Nota 4: la frecuencia de ejecución del ensayo debe estar en función de la velocidad de operación promedio del lugar de ejecución del trabajo.

450.4.2.2.2.1 Resistencia retenida

Si la mezcla no cumple el requisito de resistencia retenida, se debe incrementar su adhesividad hasta que cumpla con el mismo, empleando un llenante mineral apropiado y/o aditivo mejorador de adherencia.

450.4.2.2.2.2 Resistencia a la deformación plástica

Para el control de la resistencia de la mezcla a la deformación plástica, se puede emplear el método de ensayo INV E-756 o el ensayo de rodadura según la norma UNE-EN 12697-22, caso en el cual los criterios de aceptación se deben definir con base en especificaciones internacionales de comprobada aceptación.

450.4.2.2.2.3 Módulo de rigidez

450.4.2.2.2.3.1 Módulo resiliente

El módulo resiliente puede ser determinado mediante el procedimiento de ensayo definido en la norma INV E-749 o de forma alternativa,

empleando alguno de los procedimientos de ensayo definidos en normas internacionalmente comprobadas, cuyo resultado debe ser equivalente al definido para la norma INV E-749.

Los ensayos se deben realizar bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia representativas de las condiciones reales de operación del pavimento, las cuales deben estar estipuladas en los documentos del proyecto.

La determinación del módulo resiliente es obligatoria para las mezclas de alto módulo. El valor del módulo a veinte grados Celsius (20 °C) y a una frecuencia de diez Hertz (10 Hz) de estas mezclas, debe ser mínimo de diez mil megapascales (10 000 MPa) para capas de base (MAM-25) y de ocho mil megapascales (8 000 MPa) para capas de rodadura (MAM-19). Las probetas que se sometan a este ensayo deben ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo, según la norma de ensayo AASHTO R-30. Si este valor de módulo no se cumple, es necesario rediseñar la mezcla hasta lograr su cumplimiento.

450.4.2.2.2.3.2 Módulo complejo

El valor absoluto del módulo complejo puede ser determinado mediante el procedimiento de ensayo definido en la norma UNE-EN 12697-26 (Anexo D).

Se deben realizar ensayos de tracción/compresión directa sobre probetas cilíndricas, las cuales deben tener características de densidad representativas de las condiciones reales de operación del pavimento. Se deben reportar:

- Valor absoluto del módulo complejo $|E^*|$ a veinte grados Celsius (20 °C), diez Hertz (10 Hz).
- Valor absoluto del módulo complejo $|E^*|$ a una temperatura y una frecuencia representativa de las condiciones reales de operación del pavimento. Estas condiciones deben estar estipuladas en los documentos del proyecto.

Para tránsito del tipo NT3, se deben reportar los valores absolutos del módulo complejo obtenidos para todos los tipos de mezclas. Los documentos del proyecto pueden fijar valores mínimos o máximos del valor absoluto del módulo complejo correspondiente a estos tipos de mezclas.

450.4.2.2.2.4 Leyes de fatiga

Las leyes de fatiga se pueden determinar aplicando alguno de los procedimientos de ensayo de las normas INV E-784 o INV E-808 o de forma alternativa, empleando alguno de los procedimientos de ensayo definidos en normas internacionalmente comprobadas. Los ensayos se deben realizar bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia representativas de las condiciones reales de operación del pavimento, las cuales deben estar estipuladas en los documentos del proyecto.

La determinación de la ley de fatiga es obligatoria para las mezclas de alto módulo según lo estipulado en la Tabla 450 – 10. Las probetas que se sometan a este ensayo deben ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo según la norma de ensayo AASHTO R-30.

Para tránsito del tipo NT3, se deben determinar y reportar las leyes de fatiga obtenidas para mezclas densas, semidensas y gruesas. Las probetas que se empleen en este ensayo no tienen que ser sometidas a envejecimiento

previo. Igualmente, los documentos del proyecto pueden fijar valores mínimos o máximos para las leyes de fatiga correspondiente a estos tipos de mezclas.

Los resultados de los ensayos de fatiga para mezclas de alto módulo (MAM-25 y MAM-19) deben cumplir con lo establecido en la Tabla 450 — 10. El constructor debe asegurar que las leyes de fatiga de los otros tipos de mezclas que elabore sean adecuadas para las necesidades de tránsito del proyecto donde se debe utilizar, por cuanto debe ser de su entera y única responsabilidad cualquier deterioro prematuro atribuible exclusivamente a la fatiga de las capas asfálticas, durante el período de garantía de estabilidad de la obra.

450.4.2.2.3 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se debe ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varían la procedencia o las características de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este artículo, se requiere el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

450.4.3 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se debe extender hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva deben ser corregidas, de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla necesita riegos previos de imprimación o de liga, ellos se deben realizar conforme lo establecen los artículos 420 y 421, respectivamente.

Antes de aplicar la mezcla, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego previo y no deben quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se debe comprobar que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial. Si ello sucede, el constructor debe efectuar un riego adicional de adherencia. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al constructor, el nuevo riego debe realizarlo sin costo adicional para INVÍAS.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel actual, se deben ejecutar de acuerdo con las indicaciones del artículo 465, para la excavación, y de los artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de tal excavación. Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios y documentos del proyecto, requiere un fresado previo, este se debe realizar conforme se establece en el artículo 460.

450.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del artículo 400.

450.4.5 Aprovisionamiento de los agregados

Los agregados se deben suministrar fraccionados y se deben manejar separados

hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones debe ser tal, que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar, sin peligro de segregación, al observar las precauciones que se detallan a continuación. Cuando la mezcla asfáltica se vaya a elaborar en una planta del tipo tambor secador-mezclador, no se debe permitir, por ningún motivo, realizar una predosificación de las fracciones de los agregados pétreos, antes de su vertimiento en las tolvas de agregados en frío de la planta.

Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se deben construir por capas de espesor no superior a uno coma cinco metros (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se deben colocar adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se deben acopiar por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

450.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se debe realizar de forma que estas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se deben tomar las precauciones necesarias, para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se debe realizar en dos (2) tolvas, así este sea de un tipo único.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se deben regular en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se debe regular, de acuerdo con la producción prevista y se debe mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se deben calentar antes de su mezcla con el asfalto. El secador se debe regular de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre combustión incompleta o se advierte alguna contaminación por combustible, en los agregados o en la mezcla, se debe detener la producción hasta que se identifiquen y se corrijan las causas del problema.

Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se puede introducir en la mezcla. En caso contrario, se debe eliminar. El tiro de aire en el secador se debe regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se debe hacer de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se debe comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione agregados homogéneos

a las tolvas en caliente. En caso contrario, se deben tomar las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se deben pesar exactamente y se deben transportar al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se debe agregar automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se debe encontrar a la temperatura adecuada, y se debe continuar la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura del material bituminoso en el instante de la mezcla depende de la relación viscosidad – temperatura. La temperatura conveniente es aquella a la cual el ligante presenta una viscosidad entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150 cSt – 300 cSt). Es preferible que se encuentre entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt – 190 cSt).

El volumen de materiales en el mezclador no debe ser tan grande, que sobrepase los extremos de las paletas, cuando estas se encuentren en posición vertical. Es recomendable que no supere los dos tercios (2/3) de su altura, de forma que logre ser envuelta completa y uniformemente, para los tiempos de mezclado establecidos en la fórmula de trabajo.

Todos los tamaños del agregado deben estar uniformemente distribuidos en la mezcla recién elaborada y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no debe exceder la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se debe cuidar su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se deben rechazar todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma o las que presenten indicios de contaminación o humedad. En este último caso, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También, se deben rechazar aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

Siempre que se emplee un silo para el almacenamiento de la mezcla elaborada, esta se debe verter dentro del silo, tomando las precauciones necesarias para que no se ocasione segregación. En el instante de la descarga del silo a las volquetas, se debe procurar realizarla con la mayor rapidez, con el fin de disminuir la posibilidad de segregación en los platones de las volquetas, ya que de esta manera se reduce la acción de rodamiento de la mezcla cuando fluye hacia ellos. En ese momento se debe verificar la temperatura, con el fin de impedir el despacho a la obra de mezclas, con temperaturas inferiores a las definidas como apropiadas para la extensión y para la compactación durante la fase de experimentación.

450.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se debe transportar a la obra, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar

correctamente con luz solar. Solo se debe permitir el trabajo en horas de la noche si, por instrucción y verificación del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla, se deben tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deben limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deben mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos, y sus cargas por eje y totales se deben encontrar dentro de los límites fijados por la normativa vigente del Ministerio de Transporte.

450.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta debe descargar la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se deben encargar de alimentar la pavimentadora, sin que esta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

450.4.9 Extensión de la mezcla

La máquina pavimentadora debe extender la mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia, de modo que se cumplan los alineamientos, los anchos y los espesores señalados en los documentos del proyecto.

A menos que el interventor expida una instrucción contraria, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales y debe comenzar a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en las operaciones de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

Siempre que resulte posible, después de haber extendido y compactado una franja, la adyacente se debe extender, mientras el borde de la anterior aún se encuentre caliente y en condiciones de ser compactado, con el fin de evitar la ejecución de una junta longitudinal.

La pavimentadora se debe regular de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones y con un espesor tal, que luego de compactada, se ajuste a la rasante y a la sección transversal indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella. Tampoco se debe permitir la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, la extensión de la mezcla se debe suspender inmediatamente, hasta que se determine y corrija su causa. Toda área segregada que no se corrija antes de la compactación, se debe remover y reemplazar con material apropiado, a expensas del constructor.

La extensión de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta de fabricación, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones. Toda imperfección superficial debe ser corregida antes de compactar. Se debe vigilar de manera especial esta condición en los inicios de la jornada, en los relevos de vehículos de suministro y al finalizar la jornada. De ser necesario se debe reservar parte de la mezcla para corregir y nivelar con herramienta menor todas aquellas áreas de difícil ejecución para la pavimentadora.

En caso de trabajo intermitente, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora, no disminuya de la especificada para el inicio de la compactación. De lo contrario, dicha mezcla se debe descartar y ejecutar una junta transversal. Tras la pavimentadora se debe disponer de un número suficiente de obreros especializados, agregando mezcla caliente y enrasándola, según se precise, con el fin de obtener una capa que, una vez compactada, se ajuste enteramente a las condiciones impuestas en esta especificación.

En los sitios en los que no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se puede extender a mano. La mezcla se debe descargar fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se debe distribuir en los lugares correspondientes, por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal, que una vez compactada, se ajuste a los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

Se debe verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de extensión.

450.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se debe realizar según el plan aprobado por el interventor como resultado de la fase de experimentación. Debe comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos.

La compactación se debe realizar longitudinalmente, de manera continua y sistemática, y no se debe efectuar hasta que los defectos en la fase de extensión hayan sido corregidos. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso, en la forma aprobada por el interventor, hasta que la superficie total se haya compactado. Si la extensión de la mezcla se realiza por franjas, al compactar una de ellas, se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deben llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el interventor y sus cambios de dirección se deben hacer sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. Sin embargo, no se deben permitir excesos de agua.

Se debe tener cuidado al compactar, para no desplazar los bordes de la mezcla extendida.

Se debe chaflanar ligeramente los bordes exteriores del pavimento terminado.

La compactación se debe realizar de manera continua, durante la jornada de trabajo y se debe complementar con el trabajo manual mínimo necesario para corregir todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se debe continuar mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada, hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en este artículo y se debe concluir con un apisonado final usando un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

Se debe verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

450.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas deben presentar la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deben cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les debe aplicar una capa uniforme y ligera de riego de liga, antes de colocar la mezcla nueva, para dejarla curar suficientemente.
El borde de la capa extendida previamente se debe cortar de manera vertical con cortadora de disco o con herramienta manual que permita una superficie relativamente plana y vertical, sobre la cual se debe efectuar riego de liga en todo su espesor según los especificado en el artículo 421. La junta se debe nivelar y pulir con elementos adecuados antes de permitir el paso de equipos de compactación sobre ella.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deben cortar con disco o herramientas adecuadas, para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el interventor lo considere necesario, se debe añadir mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se debe compactar mecánicamente.

Se debe procurar que las juntas de capas superpuestas guarden una separación mínima de cinco metros (5 m) en el caso de las transversales y de ciento cincuenta milímetros (150 mm) en el caso de las longitudinales.

La junta longitudinal de construcción entre franjas continúas conformadas por un pavimento viejo y uno nuevo, deben ser tratadas con riego de liga según lo especificado en el artículo 421, y precalentadas entre noventa y ciento cincuenta grados Celsius (90 °C — 150 °C). Si ambas franjas son de pavimentos nuevos y registran temperaturas por debajo de noventa grados Celsius (90 °C), también deben ser precalentadas pero no requieren riego de liga.

Para lograr alta densificación en las juntas se debe iniciar la compactación desde el borde de la franja recién extendida hasta quince centímetros (15 cm) antes del llegar a la junta. Posteriormente desde la franja compacta y con el uso de herramienta manual se debe llevar hacia la junta el material fresco que esté sobre la superficie de tal forma que no queden

rebabas. Seguidamente, el centro del rodillo se debe hacer coincidir con el cordón de mezcla fresca situado entre el pavimento recién extendido y el de la franja adyacente, para proceder con la respectiva compactación. Al finalizar la operación se deben verificar condiciones de planicidad. El interventor no debe permitir juntas con acabados de mezcla remontada, acordonada o con segregación. El incumplimiento de este requisito puede dar lugar al rechazo del lote de la jornada.

450.4.12 Pavimento sobre puentes, viaductos, obras de urbanismo y estructuras de redes de servicios

Las losas de los puentes y los viaductos se deben pavimentar con una mezcla en caliente de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa la aplicación del riego de liga mencionado en el numeral 450.4.3.

Las pavimentadoras y los equipos de compactación deben conservar distancias de diez a quince centímetros (10 cm — 15 cm) respecto a elementos de redes de servicio para evitar ser golpeados, manchados o desportillados durante la ejecución de los trabajos. En el perímetro de estos elementos, los ajustes deben ser con apisonadores y herramienta manual, conservando los niveles y acabados respectivos, de tal forma que se eviten zonas de encharcamiento o protuberancias que excedan las tolerancias del presente artículo. Durante la ejecución del riego de liga y la extensión de la mezcla asfáltica, el constructor debe proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de las obras de urbanismo que puedan ser alcanzadas por el material bituminoso. El constructor es responsable por cualquier daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza deben correr por su cuenta.

450.4.13 Bacheos

Cuando se haya efectuado una excavación para la reparación de un pavimento asfáltico convencional (constituido por capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), con una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm), y se tenga contemplado en el proyecto emplear las mezclas asfálticas en caliente del presente artículo para efectuar parte del relleno de la excavación, los setenta y cinco milímetros (75 mm) superiores, hasta alcanzar el nivel de rasante del pavimento que se repara, se deben rellenar con una mezcla asfáltica en caliente de uno de los tipos señalados en la Tabla 450 — 6.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), se debe rellenar en su totalidad con mezcla asfáltica en caliente, en capas de espesor compacto de no menos de cincuenta milímetros (50 mm), empleando las mezclas señaladas en la Tabla 450 — 7, según el espesor elegido para la capa compactada. De todas maneras, la capa superior del bacheo no puede tener un espesor superior a setenta y cinco milímetros (75 mm).

En todos los casos, las capas se deben compactar con equipos adecuados, hasta lograr los niveles de densidad prescritos en este artículo.

Tanto la superficie que recibe las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, se deben pintar con un riego de liga con emulsión asfáltica, conforme a las instrucciones del interventor.

El tipo y espesor de las mezclas asfálticas en caliente para operación de bacheo sobre pavimentos muy gruesos y complejos (múltiples intervenciones de rehabilitación), se deben definir en los documentos del respectivo proyecto o, en su defecto, deben ser aprobados por el interventor, de acuerdo con las circunstancias específicas de cada obra.

450.4.14 Apertura al tránsito

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado se puede abrir al tránsito tan pronto la capa extendida alcance en todo su espesor una temperatura menor de cuarenta y cinco grados Celsius (45 °C). Por ningún motivo se debe permitir la acción de cualquier tipo de tránsito sobre las capas en ejecución.

450.4.15 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de mezcla asfáltica en caliente, mientras no se haya realizado la nivelación y se haya comprobado y aprobado el grado de compactación de la capa precedente.

Tampoco se debe permitir la extensión ni la compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor de que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C). Si el espesor de la capa por extender, ya compactada, es menor de cincuenta milímetros (50 mm), dichas temperaturas no pueden ser inferiores a ocho grados Celsius (8 °C).

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica en caliente se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

450.4.16 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

450.4.17 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y la compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, los debe corregir el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con la aprobación de este. El constructor debe proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

450.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

450.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

450.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

450.5.2.1 Calidad del cemento asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico deben ser los establecidos en los artículos 410 o 414, según corresponda.

450.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

450.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deben realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 450 — 2.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se deben tomar dos (2) muestras y sobre ellas se debe determinar la densidad *bulk*, según la norma INV E-225.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en numeral 450.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

450.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. También, se debe ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y se debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 450 — 11 para los agregados grueso y fino, y en la Tabla 450 — 12 para el llenante mineral de aporte.

Tabla 450 — 11. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas en caliente de gradación continua

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	INV E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	INV E-224	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado para rodadura	INV E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados

Característica	Norma deEnsayo	Frecuencia
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220	1 por mes
Análisis petrográfico (Nota 1)		
Porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado	ASTM C295/UNE 932	1 por año
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	INV E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	INV E-125 y INV E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	INV E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno	INV E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Índices de alargamiento y aplanamiento	INV E-230	1 por semana
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	INV E-240	1 por semana
Caras fracturadas	INV E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	INV E-239	1 por jornada
Adhesividad, gradación (O)		
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo.	INV E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber).	INV E-739	
Gravedad específica		
Gravedad específica y absorción	INV E-222 y INV E-223	1 por mes y siempre que cambie la procedencia de agregados

Nota 1: este ensayo es aplicable únicamente para transito NT3.

Nota 2: en caso de que se requiera, según se indica en el numeral 450.2.1.

Tabla 450 — 12. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas en caliente de gradación continua

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-215	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

El interventor puede autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 450 — 11 y 450 — 12, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se debe permitir el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 450.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

450.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se debe controlar el aspecto de la mezcla y se debe medir su temperatura. Se deben rechazar todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustibles. En este último caso y cuando la planta sea del tipo discontinuo, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Se deben realizar los siguientes controles cuantitativamente:

450.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un (1) lote, definido como se indica en el numeral 450.5.2.5.1, se debe determinar el contenido de asfalto residual (norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (*ART* %) debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*ARF* %).

$$ARF\ \% - 0{,}3\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \% \quad [450.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (*ARI* %), no puede diferir del valor promedio (*ART* %) en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\ \% - 0{,}5\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}5\ \% \quad [450.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (*ART* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no existen problemas de comportamiento de la mezcla ni, en el caso de la capa de rodadura, problemas de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados, según la norma de ensayo INV E-782.

La curva granulométrica de cada ensayo individual debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 450 — 5, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Esta mezcla se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 450.4.2. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se debe rechazar el lote.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.4 Calidad de la mezcla

450.5.2.4.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se deben compactar probetas (dos (2) por muestra) para verificar en el laboratorio su gravedad específica *bulk* (normas INV E-733 o INV E-802), y su estabilidad y flujo en el ensayo Marshall (normas INV E-748 o INV E-800, según corresponda). La compactación se debe hacer aplicando el número de golpes indicado en la Tabla 450 — 9, de acuerdo con el nivel de tránsito de diseño.

Así mismo, sobre una muestra representativa de la mezcla del lote, se debe determinar la gravedad específica máxima (G_{mm}), mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803.

Para cada una de las probetas se debe calcular los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica *bulk* y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote.
El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas se debe encontrar en el rango establecido en la Tabla 450 – 9, sin que ningún valor individual se pueda alejar en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %) de los límites del rango.
El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de estabilidad y flujo. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Si el requisito de vacíos con aire se cumple, se debe proceder a determinar la estabilidad y el flujo de las cuatro (4) probetas.

450.5.2.4.2 Estabilidad

La estabilidad media de las cuatro (4) probetas (E_m) debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (E_t).

$$E_m \geq 0{,}90 * E_t \quad [450.3]$$

Ningún valor individual (E_i) puede exceder en más de veinticinco por ciento (25 %) el valor de estabilidad de la fórmula de trabajo (E_t), ni encontrarse por debajo del valor mínimo establecido en la Tabla 450 — 9.

$$1{,}25 * E_t \geq E_i \geq \text{valor mínimo de la Tabla 450 — 9} \quad [450.4]$$

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de estabilidad (E_m), admitiéndose solo un (1) valor individual por debajo de ese límite.

$$E_i \geq 0{,}80 * E_m \quad [450.5]$$

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.4.3 Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m), se debe encontrar entre el ochenta por ciento (80 %) y el ciento veinte por ciento (120 %) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (F_t), pero no se debe permitir que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en la Tabla 450 — 9.

$$0{,}80 * F_t \leq F_m \leq 1{,}20 * F_t \quad [450.6]$$

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido en la Tabla 450 — 9, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el interventor debe decidir y establecer, al compararlo con las estabilidades, si el lote debe ser rechazado o aceptado.

450.5.2.4.4 Relación estabilidad/flujo

Se debe calcular esta relación para las cuatro (4) probetas elaboradas para el control de estabilidad y flujo en cada lote.

Los valores obtenidos se deben encontrar dentro de los límites establecidos en la Tabla 450 — 9, según el tránsito de diseño de la vía para la cual se está elaborando la mezcla. Si al menos uno de los valores calculados queda por fuera de dichos límites, se debe rechazar el lote, así los valores individuales de estabilidad y de flujo sean satisfactorios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.4.5 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el interventor lo considere necesario, de acuerdo con el aspecto y el comportamiento de la mezcla colocada, se debe verificar en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción

del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725.

Al efecto, se deben moldear seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se deben curar en seco y tres (3) bajo condición húmeda, para determinar la resistencia promedio de cada grupo, como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo debe ser, cuando menos, ochenta por ciento (80 %) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

El incumplimiento de este requisito implica la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes, cuya mezcla considere el interventor que puede presentar este problema (seis (6) núcleos por lote, tres (3) curados en seco y tres (3) bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito se deben rechazar. Además, los trabajos se deben suspender, hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo, hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

450.5.2.4.6 Contenido de agua

Siempre que la apariencia de la mezcla indique la posible presencia de agua en ella, se debe determinar el contenido de agua en la mezcla asfáltica, según las normas de ensayo INV E-755 o INV E-783.

El contenido de agua en cualquier mezcla asfáltica en caliente no puede ser mayor de cero coma cinco por ciento (0,5 %). Los volúmenes de mezcla que no cumplan con este requisito deben ser rechazados.

450.5.2.4.7 Módulo de rigidez

450.5.2.4.7.1 Módulo resiliente

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo (MAM) se debe determinar el módulo resiliente, en condición laboratorio, según la norma de ensayo INV E-749, o de forma alternativa, empleando alguno de los procedimientos de ensayo definidos en normas internacionalmente comprobadas. La prueba se debe realizar por duplicado a la temperatura y la frecuencia indicadas en el numeral 450.4.2.2.2.3.1., es decir, un mínimo de dos (2) muestras a veinte grados Celsius (20 °C) y diez Hertz (10 Hz). El valor obtenido para la condición de veinte grados Celsius (20 °C) y diez Hertz (10 Hz) debe ser como mínimo de diez mil megapascales (10 000 MPa) para capas de base (MAM-25) y de ocho mil megapascales (8 000 MPa) para capas de rodadura (MAM-19).

En caso de aplicar algún procedimiento de ensayo alternativo a la norma de ensayo INV E-749, se deben conservar las condiciones de elaboración de probetas, la frecuencia y la temperatura de ensayo. El valor de módulo obtenido para la condición de veinte grados Celsius (20 °C) y diez Hertz (10 Hz) debe ser equivalente al de diez mil megapascales (10 000 MPa) para capa de base (MAM-25) y de ocho mil megapascales (8 000 MPa) para capas de rodadura (MAM-19). En este caso, se deben utilizar ecuaciones de equivalencia debidamente comprobadas entre los resultados de los ensayos. Las pruebas deben ser conformes, antes de cualquier puesta en obra.

Con respecto al control en obra del módulo resiliente de mezclas del tipo MAM, se debe realizar un muestreo con extracción de nú-

cleos de la capa compactada cada cinco mil metros cúbicos (5000 m3) o por el volumen total compactado, si la obra contempla la construcción de un volumen total inferior a dicha cantidad. En este caso, el interventor debe conservar suficientes probetas adicionales para posteriores ensayos de contraste.

Los ensayos de contraste deben presentar un valor promedio del módulo resiliente mayor de diez mil megapascales (10 000 MPa) para capa de base (MAM-25) y de ocho mil megapascales (8 000 MPa) para capas de rodadura (MAM-19). Si este valor mínimo no se cumple, el volumen de mezcla objeto del control se debe rechazar y el constructor lo debe fresar y retirar, sin costo adicional para INVÍAS, y reemplazarlo por otro de calidad satisfactoria. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Si las especificaciones particulares establecen requisitos sobre módulos resilientes para otras mezclas del proyecto, se debe seguir un proceso de verificación similar al mencionado para las mezclas de alto módulo según lo estipulado en la Tabla 450 — 10.

450.5.2.4.7.2 Módulo complejo

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo (MAM) se debe determinar el módulo complejo, en condición laboratorio, según la norma de ensayo UNE-EN 12697-26 (Anexo D). La prueba se debe realizar por duplicado a la temperatura y la frecuencia indicadas en el numeral 450.4.2.2.2.3.2., es decir, un mínimo de cuatro (4) muestras, dos (2) a condición de temperatura y frecuencia del proyecto, y dos (2) a veinte grados Celsius (20 °C) y diez Hertz (10 Hz). La prueba debe ser conforme, antes de cualquier puesta en obra de la mezcla, según los parámetros establecidos en los documentos del proyecto y se deben reportar los valores del valor absoluto del módulo complejo.

Con respecto al control en obra del módulo complejo, se asume válido, si:

• Las formulaciones en condición de laboratorio anteriormente indicadas son conformes.
• El control de contenido de asfalto en obra (450.5.2.3.1) es conforme.
• El control de la granulometría de los agregados en obra (450.5.2.3.2) es conforme.
• El control de la compactación en obra (450.5.2.5.3) es conforme.

Si las especificaciones particulares establecen requisitos sobre módulos complejos para otras mezclas del proyecto, se debe seguir un proceso de verificación similar al mencionado para las mezclas de alto módulo según lo estipulado en la Tabla 450 – 10.

450.5.2.4.8 Leyes de Fatiga

Sobre las mezclas asfálticas de alto módulo (MAM) se deben determinar las leyes de fatiga, en condición laboratorio, aplicando alguno de los procedimientos de ensayo de las normas INV E-784 o INV E-808 o de forma alternativa, empleando alguno de los procedimientos de ensayo definidos en normas internacionalmente comprobadas. Las pruebas deben ser realizadas por duplicado, sobre probetas preparadas de acuerdo con lo definido en la norma correspondiente, a la temperatura y frecuencia indicadas en el numeral 450.4.2.2.2.4., es decir, un mínimo de dos (2) muestras, una (1) en condición de temperatura y frecuencia del proyecto, y una (1) a veinte grados Celsius (20 ° C) y una frecuencia entre diez Hertz (10 Hz) y veinte Hertz (20 Hz). Los valores obtenidos de deformación a un (1) mion de ciclos (ε_6) y pendiente (-1/b) de la recta de fatiga debe cumplir con los valores mínimos establecidos en la Tabla 450 – 10. Las pruebas deben ser conformes, antes de cualquier puesta en obra.

Con respecto al control en obras de leyes de fatiga, se asume válido, si:

• Las formulaciones en condición de laboratorio anteriormente indicadas son conformes.
• El control de contenido de asfalto en obra (450.5.2.3.1) es conforme.
• El control de la granulometría de los agregados en obra (450.5.2.3.2) es conforme.
• El control de la compactación en obra (450.5.2.5.3) es conforme.

En el caso eventual de evidencia de degradación a corto plazo de la capa asfáltica o de la estructura de pavimento, el interventor debe exigir la extracción

de muestras para la evaluación respectiva de leyes de fátiga. En dicho caso, se debe realizar un muestreo con extracción de n½cleos de la capa compactada cada cinco mil metros cúbicos (5000 m3) o por el volumen total compactado, si la obra contempla la construcción de un volumen total inferior a dicha cantidad. En este caso, el interventor debe conservar suficientes probetas adicionales para posteriores ensayos de contraste.

En caso de no conformidad de estos ensayos de contraste, con respecto a los par§metros exigidos en la Tabla 450 — 10. Si este valor mínimo no se cumple, el volumen de mezcla objeto del control debe ser rechazado y el constructor debe fresarlo y retirarlo, sin costo adicional para INVÍAS, y reemplazarlo por otro de calidad satisfactoria. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

Si las especificaciones particulares estable-cen requisitos sobre leyes de fatiga para otras mezclas del proyecto, se debe seguir un proceso de verificación La cota similar de al cualquier mencionado punto de la para mezcla las asfáltica mezclas de alto módulo.

450.5.2.5 Calidad del producto terminado

450.5.2.5.1 Tamaño del lote

Se debe considerar como lote, que se acepta o se rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en caliente:

- Quinientos metros (500 m) de mezcla en caliente colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de mezcla en caliente colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para la determinación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), la definición de lote es como se indica en el numeral 450.5.2.5.9.

450.5.2.5.2 Aspectos generales

La capa terminada de mezcla asfáltica en caliente debe presentar una superficie uniforme y se debe ajustar a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base no debe variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada, y la variación no puede exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Todas las áreas donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deben ser corregidas por el constructor de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobado por este, sin costo adicional para INVÍAS.

Además, se deben realizar las siguientes verificaciones.

450.5.2.5.3 Compactación

La determinación de la densidad de la capa compactada se debe realizar, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Los sitios para la toma de muestras o las mediciones *in situ* se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

Para el control de la compactación de una capa de mezcla en caliente de gradación continua, se debe calcular su grado de com-pactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno (ρ_i) y de los ensayos de gravedad específica máxima (G_{mm}) de laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\rho_i}{G_{mm} * \rho_w} * 100 \quad [450.7]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

ρ_i, valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas INV E-733, INV E-734, INV E- 746, INV E-787 o INV E-802.

G_{mm}, valor de la gravedad específica máxima de la mezcla, determinada mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803 sobre una muestra representativa del lote, según el numeral 450.5.2.4.1.

ρ_w, densidad del agua a veinticinco grados Celsius (25 °C) (77 °F), expresada en las mismas unidades que ρ_i (997,0 kg/m^3 o 0,997 g/cm^3).

Para el control de la compactación se deben aplicar los siguientes criterios:

$GC_l\ (90) \geq GC_{mín}$ se acepta el lote **[450.8]**

$GC_l\ (90) < GC_{mín}$ se rechaza el lote **[450.9]**

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se debe calcular según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_l).

$GC_{mín}$, grado de compactación mínimo, en porcentaje, según la Tabla 450 — 13.

Para los fines de determinar la conformidad con los valores indicados en la Tabla 450 — 13, el valor calculado del grado de compactación, expresado en porcentaje, se debe redondear al primer decimal, de acuerdo con el método del redondeo de la norma INV E-823.

La toma de muestras testigo se debe realizar de acuerdo con la norma INV E-758.

Solo se debe aceptar la determinación de la densidad de la capa compactada por medio de densímetros nucleares (norma de ensayo INV E-746) si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

Tabla 450 — 13. Grado de compactación mínimo ($GC_{mín}$)

Tipo de capa	Grado de compactación mínimo ($GC_{mín}$) (%)		
	Nivel de tránsito		
	NT1	NT2	NT3
Rodadura	94,0	94,0	93,0
Intermedia	92,0	92,0	92,0
Base	-	91,0	91,0
Alto módulo	-	-	93,0

En caso de rechazo, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.5.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [450.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa y ocho por ciento (98 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}98 * e_d \quad [450.11]$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se debe proceder como se indica a continuación. Todas las labores de corrección las debe ejecutar el constructor, sin cargo adicional para INVÍAS.

450.5.2.5.4.1 Para capas de rodadura

El constructor debe proceder a fresar y remover la capa y reponerla en el espesor adecuado o, alternativamente y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, a colocar una capa adicional del mismo tipo de mezcla de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se debe ejecutar en acuerdo con el artículo 421.

Si la capa adicional no cumple alguno de los requisitos de este artículo, esta se debe fresar y reponer con una nueva de calidad satisfactoria, sin costo alguno para INVÍAS.

450.5.2.5.4.2 Para capas intermedias

Si el espesor promedio del lote es inferior al noventa y ocho por ciento del espesor de diseño ($e_m < 0{,}98 * e_d$), la capa que constituye el lote se debe rechazar y se debe levantar mediante fresado, y debe ser repuesta en el espesor adecuado, hasta ser aprobada por el interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al noventa y ocho por ciento del espesor de diseño ($e_m \geq 0{,}98 * e_d$) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se debe autorizar compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa de rodadura, sin costo adicional para INVÍAS.

Si la deficiencia ocurre en una capa elaborada con una mezcla de alto módulo, la compensación a que se hace referencia en el párrafo anterior no se debe realizar en un espesor igual al de la misma, sino el que resulte al verificar el dimensionamiento de la estructura, con el mismo método empleado en el diseño original. Si el constructor no acoge por escrito estas determinaciones, la capa que constituye el lote se debe rechazar y se debe levantar mediante fresado, y debe ser repuesta en el espesor adecuado, hasta ser aprobada por el interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

450.5.2.5.4.3 Para capas de base

Si el espesor promedio del lote es inferior al noventa y ocho por ciento del espesor de diseño ($e_m < 0{,}98 * e_d$), la capa que constituye el lote se debe rechazar y se debe levantar mediante fresado, y se debe reponer con el espesor adecuado, hasta ser aprobada por el interventor, sin costo alguno para INVÍAS.
Si el espesor promedio del lote es igual o mayor al noventa y ocho por ciento del espesor de diseño ($e_m < 0{,}98 * e_d$) y no existen deficiencias de lisura en la capa terminada, se debe autorizar compensar la deficiencia de espesor con el espesor adicional correspondiente en la capa superior, sin costo adicional para INVÍAS.

Si la deficiencia ocurre en una capa de base elaborada con una mezcla de alto módulo y la capa intermedia no debe ser elaborada con una mezcla de alto módulo, la compensación a que se hace referencia en el párrafo anterior no se debe realizar con un espesor igual al de la misma, sino el que resulte al verificar el dimensionamiento de la estructura, con el mismo método empleado en el diseño original. Si el constructor no acoge por escrito estas determinaciones, la capa que constituye el lote se rechaza y debe ser levantada mediante fresado y repuesta con el espesor adecuado, hasta ser aprobada por el interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

En todos los casos en que la mezcla se debe fresar y reponer por presentar deficiencias en relación con el espesor, el material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.5.5 Segregación térmica

En el caso de vías que presenten niveles de tránsito NT3, el constructor debe entregar al interventor un registro termográfico, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciado (norma INV E-788). Estos registros deben ser entregados al interventor a más tardar una semana después de la pavimentación del sector fotografiado y antes de la toma de núcleos para verificar la densidad. Estas fotografías tienen dos usos:

- Durante la construcción, el interventor puede ordenar la toma de núcleos en los sitios donde las imágenes muestren la presencia de sitios de menor temperatura, para verificar el porcentaje de vacíos de la mezcla colocada.
- Al final de la obra, las imágenes deben ser incluidas en el informe final de interventoría y deben servir a INVÍAS como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de las capas asfálticas.

450.5.2.5.6 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura o quince milímetros (15 mm) en capas de base o intermedias y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que el interventor escoja al azar, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo se deben retirar preferiblemente mediante fresado, y

ser repuestas por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor.

450.5.2.5.7 Textura

Las medidas de textura se deben realizar en los treinta días (30 d) de compactación de la capa, mediante el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos por controlar por lote debe ser de tres (3), que se deben ampliar a cinco (5), si la textura obtenida en uno (1) de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se deben elegir al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no puede ser menor al mínimo admisible, que se defina en los documentos del proyecto, el cual no puede ser inferior a cero coma nueve milímetros (0,9 mm). Ningún valor individual puede ser inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y no pueden existir áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de rodadura correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor. Alternativamente y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo con el correspondiente riego de liga, sin costo adicional para INVÍAS, del mismo espesor compacto que la anterior, para cumplir todos los requisitos de calidad de esta especificación.

450.5.2.5.8 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta días (30 d) de la puesta en servicio, se deben hacer las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en caliente construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se deben elegir al azar, sino que el interventor los debe ubicar en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se deben realizar con el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 450 — 14, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales, para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual debe ser corregida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS. Para ello, la capa de mezcla densa en caliente correspondiente al lote controlado se debe retirar preferiblemente mediante fresado, y

ser repuesta por otra de calidad satisfactoria hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado en caso de rechazo es de propiedad del constructor. Alternativamente y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para INVÍAS, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, que cumpla todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas debe ejecutarlo de acuerdo con el artículo 421, sin costo adicional para INVÍAS.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo INV E-815). En tal caso, la especificación particular debe indicar el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 450 — 14 para el péndulo británico.

Tabla 450 — 14. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

Tipo de capa	Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores 200 m; pendientes ≥ 5 % en longitudes de 100 m o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente	50	55	60
Otras secciones	45	50	50

450.5.2.5.9 Regularidad superficial

El IRI se debe comprobar de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este artículo establece que la determinación del IRI se debe realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial. Las medidas de precisión se pueden adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de ensayo INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma de ensayo INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, este se debe validar previamente con uno de precisión, en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se debe operar, de acuerdo con la norma ASTM E950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se deben hacer en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del IRI se deben presentar en metro por kilómetro (m/km), en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituye un lote.

No debe haber exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos

que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales debe definir el interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del IRI.

Se entiende que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 450 — 15.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de la regularidad superficial (IRI) exceden los límites especificados no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el interventor debe delimitar los sectores relevantes en el incumplimiento y debe ordenar su corrección, mediante el fresado y la colocación de una nueva capa de mezcla asfáltica. El interventor debe establecer los espesores por fresar y reponer en cada tramo, y todos los costos que impliquen estas correcciones, deben ser asumidos por el constructor. El material fresado es de propiedad del constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor del veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de este debe ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente artículo, están a cargo del constructor. El material demolido es de propiedad del constructor. Este, a su vez, no puede invocar las reparaciones o reconstrucciones debidas a deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

Tabla 450 — 15. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

Porcentaje (%) de hectómetros	Pavimentos de construcción nueva y rehabilitados en espesor > 10 cm			Pavimentos rehabilitados en espesor ≤ 10 cm		
	NT1	NT2	NT3	NT1	NT2	NT3
40	2,4	1,9	1,4	2,9	2,4	1,9
80	3,0	2,5	2,0	3,5	3,0	2,5
100	3,5	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0

450.5.2.5.10 Construcción de capas de renivelación

Las mezclas para la construcción de capas de renivelación de un pavimento existente deben cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su espesor compacto es mayor o igual a setenta y cinco milímetros (75 mm). En caso contrario, deben cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

450.5.2.5.11 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a las capas asfálticas por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y debe ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar el pago al constructor, con el consentimiento previo de INVÍAS, al respectivo precio unitario del contrato.

450.5.2.5.12 Medidas de deflexión

El interventor debe verificar la homogeneidad de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla asfáltica en caliente, realizando medidas de deflexión con alguno de los dispositivos presentados en la norma de ensayo INV E-797, de acuerdo con el procedimiento normal aplicable a este. Los resultados de las medidas, que se deben realizar en tresbolillo cada veinte metros (20 m), no deben constituir base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que sirven a INVÍAS para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios para el diseño estructural del pavimento.

En todo caso, se recomienda en la medida de lo posible que no se emplee la Viga Benkelman para las mediciones de las deflexiones de la capa, especialmente en niveles de tránsito altos como el NT3.

450.6 Medida

Rige lo descrito en el artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplica lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo artículo.

450.7 Forma de pago

Rige lo descrito en el artículo 400 y en particular en el numeral 400.7.3 del mismo artículo.

450.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
450.1	Mezcla densa en caliente tipo MDC-25	Metro cúbico (m^3)
450.2	Mezcla densa en caliente tipo MDC-19	Metro cúbico (m^3)
450.3	Mezcla densa en caliente tipo MDC-10	Metro cúbico (m^3)
450.4	Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-25	Metro cúbico (m^3)
450.5	Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-19	Metro cúbico (m^3)
450.6	Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-38	Metro cúbico (m^3)
450.7	Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-25	Metro cúbico (m^3)
450.8	Mezcla de alto módulo MAM-25	Metro cúbico (m^3)
450.10	Mezcla en caliente para bacheo MSC-25	Metro cúbico (m^3)
450.11	Mezcla en caliente para bacheo MGC-25	Metro cúbico (m^3)
450.12	Mezcla en caliente para bacheo MGC-38	Metro cúbico (m^3)
450.13	Mezcla de alto módulo MAM-19	Metro cúbico (m^3)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago diferente, para cada tipo de mezcla y capa que forme parte del contrato. Ellos se deben identificar agregando cifras al esquema numerado del ítem. Por ejemplo, si el contrato considera dos mezclas del tipo MDC-25, una para capa de rodadura y otra para capa intermedia, se puede identificar así:

450.1.1 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25 para capa de rodadura.
450.1.2 Mezcla densa en caliente tipo MDC-25 para capa intermedia.

Mezcla abierta en caliente

Artículo 451 – 22

451.1 Descripción

Este trabajo consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y la compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo abierto, preparada y colocada en caliente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, las cotas, las secciones y los espesores indicados en los documentos del proyecto.

451.2 Materiales

451.2.1 Agregados pétreos

Los requisitos que se exigen en esta sección son de tipo prescriptivo, para evaluar la calidad de los materiales que componen la mezcla asfáltica. En caso de no cumplirse alguno(s) de ellos, la aceptación o rechazo respectivos deben ser evaluados según las premisas de desempeño indicadas en el diseño, y según sean las condiciones de las fuentes locales. La aprobación debe ser sustentada mediante un informe técnico detallado, desarrollado por el especialista en pavimentos y/o geotecnia, donde se consigne cuál debe ser el desempeño y la durabilidad, proponiendo las estrategias necesarias para garantizar el cumplimiento del diseño. El interventor debe aprobar o rechazar los materiales en función de los requisitos establecidos en esta sección y en los establecidos en el informe de desempeño del especialista.

Los agregados pétreos deben satisfacer los requisitos del numeral 400.2.1 del artículo 400. Además, deben cumplir los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 451 — 1.

Tabla 451 — 1. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en caliente

Característica	Norma de ensayo	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Dureza, agregado grueso (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%). (Nota 1): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	INV E-218	 35 7	 35 7	 35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	INV E-238	-	30	25
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	INV E-224	 - -	 - -	 90 75

Característica	Norma de ensayo	Nivel de tránsito		
		NT1	NT2	NT3
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio del agregado grueso, máximo (%).	INV E-220	18	18	18
Análisis petrográfico				
Cuantifica los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado (Nota 2).	ASTM C295	-	-	Reportar
Limpieza, agregado grueso (F)				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%).	INV E-237	0,5	0,5	0,5
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%).	INV E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara/dos caras.	INV E-227	60/-	75/-	75/-
Adhesividad (O)				
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%).	INV E-757	Reportar		

Nota 1: se aceptan valores superiores de desgaste siempre y cuando el valor de Micro-Deval se cumpla; esta nota no resulta aplicable para tránsito NT1.

Nota 2: este ensayo es aplicable únicamente para tránsito NT3. El informe debe cuantificar los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado, debe incluir advertencia sobre la presencia de minerales contaminantes, deletéreos, con posibles reactividades químicas, inestables o susceptibles a cambios volumétricos. Debe indicar el grado de meteorización o de alteración del agregado, y la porosidad. También debe incluir valores de acidez y carga de partícula con un concepto sobre la adherencia con el asfalto y las emulsiones.

El conjunto de agregado grueso y agregado fino se debe ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 451 — 2.

Tabla 451 — 2. Franjas granulométricas para la mezcla abierta en caliente

Tipo de mezcla	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	75	63	50	37,5	19,0	9,5	4,75	2,36	0,150
	3 Pulgadas	2 ½ Pulgadas	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	3/4 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 100
	Pasa tamiz (%)								
MAC-75	100	95 — 100	-	30 — 70	3 — 20	0 — 5	-	-	-
MAC-63	-	100	-	35 — 70	5 — 20	-	-	0 — 5	-
MAC-50	-	-	100	75 — 90	50 — 70	-	8 — 20	-	0 — 5
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	5 %							3 %	

Salvo que los documentos del proyecto indiquen lo contrario, se debe emplear la gradación tipo MAC-50.

451.2.2 Material bituminoso

Debe ser cemento asfáltico del tipo especificado en los documentos del proyecto. Si estos no lo especifican, debe ser cemento asfáltico de penetración 60 — 70, que cumpla los requisitos indicados en el artículo 410.

451.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deben cumplir los requisitos del artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deben tener la aprobación del interventor.

El constructor debe garantizar que su incorporación no produce ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento, que se derive del empleo del aditivo, es de responsabilidad exclusiva del constructor, quien debe efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobada por este.

451.3 Equipo

Al respecto, se debe considerar lo que resulte aplicable de lo indicado en el numeral 400.3 del artículo 400. En relación con el detalle del equipo necesario para la ejecución de los trabajos, se debe tener en cuenta lo que se indica a continuación:

- La extensión de la mezcla se puede efectuar también con motoniveladora, si así lo aprueba el interventor.
- El equipo de compactación debe consistir tan solo de rodillos metálicos lisos, preferiblemente entre ocho y diez toneladas (8 t – 10 t) de peso.

451.4 Ejecución de los trabajos

451.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

451.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del artículo 400.

Considerando que no existen métodos idóneos para el diseño de estas mezclas, se debe elegir un porcentaje preliminar de asfalto, con respecto a la masa de la mezcla, el cual se debe ajustar como resultado de las pruebas que se realicen durante la fase de experimentación. Dicho porcentaje suele oscilar entre uno coma cinco y tres por ciento (1,5 % – 3,0 %).

451.4.3 Preparación de la superficie existente

Antes de extender la mezcla, se debe limpiar y acondicionar la superficie que la va a recibir, con el fin de que no presente polvo u otros elementos extraños, ni queden fragmentos sueltos del pavimento sobre el cual se va a colocar la mezcla.

También, se deben efectuar los bacheos y las nivelaciones que, por instrucción del interventor, se requieran para mejorar la estructura y el perfil del pavimento existente.

Si la extensión de la mezcla requiere un riego de liga previo, este se debe realizar conforme lo establece el artículo 421, con una emulsión asfáltica catiónica de los tipos CRR-60 o CRR-65 que cumpla los requisitos indicados en el artículo 411.

Antes de extender la mezcla, se debe verificar que haya ocurrido el curado del riego de liga. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación de este, se debe comprobar que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el constructor debe efectuar un riego de liga adicional, en la cuantía que fije el interventor. Si la pérdida de efectividad del riego previo es imputable al constructor, el nuevo riego lo debe realizar sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

En el momento de la extensión de la mezcla, la superficie debe estar seca.

451.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del artículo 400.

451.4.5 Aprovisionamiento de los agregados

Rige lo descrito en el numeral 450.4.5 del artículo 450.

451.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se debe realizar de forma que estas contengan entre el cincuenta y el cien por ciento (50 % – 100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se deben tomar las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se deben regular en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se debe regular de acuerdo con la producción prevista, y se debe mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se deben calentar antes de su mezcla con el asfalto. El secador se debe regular de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten síntomas de avería en el sistema de combustión, si la combustión es incompleta o si se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados pétreos o en la mezcla, se debe detener la producción hasta que se identifiquen y se corrijan las causas del problema.

En las plantas de tipo discontinuo, se debe comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos. En caso contrario, se deben tomar las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados, como se ha indicado anteriormente, se deben pesar o medir exactamente y se deben transportar al mezclador, en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Después de haber introducido en el mezclador los agregados, se debe agregar automáticamente

el material bituminoso calculado para cada bachada. Este se debe encontrar a la temperatura adecuada y se debe continuar la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura de elaboración de la mezcla se debe definir durante la fase de experimentación y suele variar entre ciento diez y ciento veinte grados Celsius (110 °C – 120 °C). El tiempo de mezcla no debe exceder de treinta segundos (30 s).

En ningún caso se debe introducir en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior, en más de quince grados Celsius (15 °C), a la temperatura del asfalto.

En el momento de la mezcla, la temperatura del asfalto debe ser tal, que se consiga la envuelta satisfactoria de los agregados, sin que se produzcan escurrimientos del ligante. El volumen de materiales en el mezclador no debe ser tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando estas se encuentren en posición vertical. Es recomendable que no superen los dos tercios (2/3) de su altura. Todos los tamaños del agregado deben estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas deben quedar cubiertas de ligante, de manera satisfactoria, para aprobación del interventor. La temperatura de la mezcla recién elaborada no debe exceder de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se debe cuidar su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se deben rechazar todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de contaminación o de humedad. En este último caso, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente de las plantas de tipo discontinuo. También, se deben rechazar aquellas mezclas en las que la envuelta no sea satisfactoria.

451.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se debe transportar a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Solo se debe permitir el trabajo en horas de la noche si, a criterio del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla se deben tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deben limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deben mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos, y sus cargas por eje y totales se deben encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

451.4.8 Transferencia de la mezcla

Rige lo descrito en el numeral 450.4.8 del artículo 450.

451.4.9 Extensión de la mezcla

Rige, en general, lo descrito en el numeral 450.4.9 del artículo 450. En este caso no se requieren obreros que agreguen y enrasen la mezcla tras la pavimentadora.

Se debe permitir la extensión de la mezcla con motoniveladora, en las circunstancias en que el interventor considere aconsejable el empleo de este procedimiento.

451.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación debe comenzar, una vez extendida la mezcla, empleando rodillos metálicos lisos estáticos que no produzcan fracturación de las partículas del agregado pétreo. El número de pasadas debe ser el establecido durante la fase de experimentación, y debe ser lo suficientemente bajo para prevenir sobrecompactaciones que reduzcan el volumen de aire en la mezcla.

La compactación debe comenzar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas, donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma fijada por el interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deben llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el interventor, y sus cambios de dirección se deben hacer sobre la mezcla ya compactada.

A causa de la aspereza de la mezcla, se deben evitar al máximo las correcciones mediante procedimientos manuales.

451.4.11 Juntas de trabajo

Rige lo descrito en el numeral 450.4.11 del artículo 450.

451.4.12 Bacheos

La mezcla abierta en caliente puede ser utilizada en el relleno de excavaciones, únicamente para la reparación de pavimentos existentes, que contengan capas inferiores asfálticas agrietadas y estas vayan a constituir el fondo de la excavación.

El espesor que se puede rellenar con mezcla abierta en caliente es el indicado en los documentos del proyecto o el establecido por el interventor, de acuerdo con las circunstancias de la obra.

451.4.13 Apertura al tránsito

Debido a su bajo contenido de asfalto y a la posibilidad de desintegración bajo la acción de las cargas del tránsito, no se debe permitir que la mezcla compactada sea sometida a la circulación de vehículos.

El constructor debe tomar las disposiciones necesarias para que se cumpla esta instrucción y debe organizar su plan de trabajo, de manera que la capa superior, de gradación densa, semidensa o gruesa, según lo establezcan los documentos del proyecto, se construya a la mayor brevedad.

451.4.14 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión y la compactación de mezclas abiertas en caliente, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción de la mezcla abierta en caliente se deben efectuar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

451.4.15 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

451.4.16 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y la compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel deben ser corregidos por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor. El constructor debe proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

451.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

451.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

451.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

451.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico

Los requisitos de calidad, los controles y los criterios de aceptación para el cemento asfáltico deben ser los establecidos en el artículo 410.

451.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos

451.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deben realizar los ensayos indicados en la Tabla 451 — 1.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

451.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. También, se debe ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y se debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 451 — 3.

Tabla 451 — 3. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezcla abierta en caliente

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Adhesividad (O)		
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo	E-757	Cuando cambie la procedencia de los agregados

El interventor puede autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 451 — 3, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se debe permitir el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 451.2.1 del presente artículo. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la

prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

451.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el interventor debe controlar el aspecto de la mezcla y debe medir su temperatura. El interventor debe rechazar todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustible. En este último caso y cuando la planta sea de tipo discontinuo, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se deben realizar los siguientes controles:

451.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 451.5.2.4.1, se debe determinar el contenido de asfalto residual (norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (*ART* %) debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*ARF* %).

$$ARF\ \% - 0{,}3\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \% \quad [451.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (*ARI* %), no puede diferir del valor promedio (*ART* %) en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\ \% - 0{,}5\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}5\ \% \quad [451.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (*ART* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote. En este caso, la capa de mezcla en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

451.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 451 — 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Si la curva granulométrica queda dentro de la franja, pero los valores incumplen los requisitos recién indicados, el interventor debe rechazar el lote representado por dicha curva. En subsidio, el interventor puede aceptarlo provisionalmente bajo el compromiso escrito del constructor de que, sin costo adicional para INVÍAS, garantiza realizar todas las

reparaciones que se requieran a satisfacción de INVÍAS, si en la capa que se va a colocar sobre la mezcla abierta en caliente se producen, dentro del término del contrato y de la garantía de estabilidad de las obras, reflejos de fallas de capas inferiores, atribuibles a las deficiencias granulométricas de la mezcla abierta en caliente.

451.5.2.4 Calidad del producto terminado

451.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

451.5.2.4.2 Aspectos generales

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y las pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota de cualquier punto de la mezcla compactada no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deben hacer las siguientes verificaciones.

451.5.2.4.3 Espesor

Las determinaciones de espesor de la capa compactada se deben realizar en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se deben elegir al azar, de acuerdo con la norma INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. El espesor promedio de la capa compactada (e_m) no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [451.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa y ocho por ciento (98 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}98 * e_d \quad [451.11]$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote. En tal caso, la capa de mezcla abierta en caliente correspondiente al lote controlado, se debe levantar mediante fresado y reponer hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

451.5.2.4.4 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no deben estar afectados por cambios de pendiente.

Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deben ser reparadas por el constructor, hasta ser aprobadas por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

451.5.2.4.5 Medidas de deflexión

El interventor debe verificar la solidez de la estructura construida, al nivel de la capa de mezcla abierta en caliente, realizando medidas de deflexión con alguno de los dispositivos presentados en la norma de ensayo INV E-797, de acuerdo con el procedimiento normal aplicable a este. Los resultados de las medidas, que se deben realizar en tresbolillo cada veinte metros (20 m), no constituyen base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que sirven a INVÍAS para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye, y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas de mezcla abierta en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y de terminación excedan las tolerancias indicadas en esta especificación, deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

En todo caso, se recomienda en la medida de lo posible que no se emplee la Viga Benkelman para las mediciones de las deflexiones de la capa, especialmente en niveles de tránsito altos como el NT3.

451.6 Medida

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del artículo 400, y en particular lo indicado en los numerales 400.6.2 y 400.6.3.

451.7 Forma de pago

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.3.

451.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
451.1	Mezcla abierta en caliente tipo MAC-75	Metro cúbico (m^3)
451.2	Mezcla abierta en caliente tipo MAC-63	Metro cúbico (m^3)
451.3	Mezcla abierta en caliente tipo MAC-50	Metro cúbico (m^3)
451.4	Mezcla abierta en caliente tipo MAC-50 para bacheo	Metro cúbico (m^3)

Mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura (microaglomerado en caliente)

Artículo 452 – 22

452.1 Descripción

Este trabajo consiste en la elaboración, el transporte, la colocación y la compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo discontinuo para capa de rodadura, preparada y colocada en caliente sobre un pavimento existente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, las cotas, las secciones y los espesores indicados en los documentos del proyecto.

452.2 Materiales

452.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

452.2.1.1 Requisitos generales

Los requisitos que se exigen en esta sección son de tipo prescriptivo, para evaluar la calidad de los materiales que componen la mezcla asfáltica. En caso de no cumplirse alguno(s) de ellos, la aceptación o rechazo respectivos deben ser evaluados según las premisas de desempeño indicadas en el diseño, y según sean las condiciones de las fuentes locales. La aprobación debe ser sustentada mediante un informe técnico detallado, desarrollado por el especialista en pavimentos y/o geotecnia, donde se consigne cuál debe ser el desempeño y la durabilidad, proponiendo las estrategias necesarias para garantizar el cumplimiento del diseño. El interventor debe aprobar o rechazar los materiales en función de los requisitos establecidos en esta sección y en los establecidos en el informe de desempeño del especialista.

Los agregados pétreos y el llenante mineral deben satisfacer los requisitos del numeral 400.2.1 del artículo 400. Adicionalmente, deben cumplir los requisitos de calidad mencionados en la Tabla 452 — 1.

Tabla 452 — 1. Requisitos de los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

Característica	Norma de ensayo	NT2 y NT3
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%). (Nota 1): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	INV E-218	 25 5
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	INV E-238	20

Característica	Norma de ensayo	NT2 y NT3
Dureza, agregado grueso (O)		
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10% de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	INV E-224	 110 75
Coeficiente de pulimiento acelerado, mínimo (CPA).	INV E-232	50
Durabilidad (F)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%).	INV E-220	18
Análisis petrográfico		
Cuantifica los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado (Nota 2).	ASTM C295	Reportar para NT3
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%).	INV E-237	0,5
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de Plasticidad, máximo (%).	INV E-125 e INV E-126	NP
Equivalente de arena, mínimo (%).	INV E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo.	INV E-235	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%).	INV E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%): una cara/dos caras.	INV E-227	100/100
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A, mínimo (%).	INV E-239	45
Adhesividad (O)		
Agregado grueso: cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%).	INV E-757	Reportar
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo.	INV E-774	Reportar

Nota 1: se aceptan valores superiores de desgaste siempre y cuando el valor de Micro-Deval se cumpla; esta nota no resulta aplicable para tránsito NT1.

Nota 2: este ensayo es aplicable únicamente para tránsito NT3. El informe debe cuantificar los porcentajes relativos de los diferentes minerales y las tipologías de rocas que componen el agregado, debe incluir advertencia sobre la presencia de minerales contaminantes, deletéreos, con posibles reactividades químicas, inestables o susceptibles a cambios volumétricos. Debe indicar el grado de meteorización o de alteración del agregado, y la porosidad. También debe incluir valores de acidez y carga de partícula con un concepto sobre la adherencia con el asfalto y las emulsiones.

452.2.1.2 Agregado fino

El agregado fino debe proceder, en su totalidad, de la trituración de roca de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no puede exceder los valores de la Tabla 452 — 2.

El material que se triture para obtener el agregado fino debe cumplir los requisitos de resistencia establecidos para el agregado grueso en la Tabla 452 — 1.

Tabla 452 — 2. Proporción máxima de arena natural en el agregado

Característica	NT2	NT3
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado combinado.	≤ 20	≤ 10
Proporción de arena natural: porcentaje (%) de la masa total del agregado fino.	≤ 50	

452.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral puede provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o puede ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada (ver requisitos en la NTC 4019) o cemento hidráulico (ver requisitos en el numeral 501.2.1 del artículo 501). La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deben cumplir con lo mencionado en la Tabla 452 — 3.

Tabla 452 — 3. Proporción y requisitos del llenante mineral

Composición	Norma de ensayo INV	NT2 y NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (porcentaje (%) en masa del llenante total).	-	≥ 50
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz de 1,18 mm (nro. 16) - % que pasa tamiz de 0,600 mm (nro. 30) - % que pasa tamiz de 0,150 mm (nro. 100) - % que pasa tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	E-215	 100 97 — 100 95 — 100 70 — 100
Densidad *bulk* (g/cm^3).	E-225	0,5 – 0,8
Vacíos del llenante seco compactado (%).	E-229	≥ 38

452.2.1.4 Granulometría

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el llenante mineral, debe estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 452 — 4. El análisis granulométrico se debe efectuar, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-213.

Tabla 452 — 4. Franjas granulométricas para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

Tipo de mezcla		Tamiz (mm / U.S. *Standard*)						
		12,5	9,5	8	4,75	2,00	0,425	0,075
		1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	5/16 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
		Pasa tamiz (%)						
Tipo M	**M-13**	100	75 — 97	-	15 — 28	11 — 22	8 — 16	5 — 8
	M-10	-	100	75 — 97	15 — 28	11 — 22	8 — 16	5 — 8
Tipo F	**F-13**	100	75 — 97	-	25 — 40	18 — 32	10 — 20	7 — 10
	F-10	-	100	75 — 97	25 — 40	18 — 32	10 — 20	7 — 10
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)		4 %			3 %			1 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

El tipo de mezcla y la franja granulométrica por emplear deben ser los indicados en los documentos del proyecto.

452.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla discontinua en caliente debe ser cemento asfáltico modificado con polímeros, que corresponda a los tipos CAM-2, CAM-3 y/o CAM-5 de la Tabla 414 — 1 del artículo 414; también, puede ser cemento asfáltico modificado con grano de caucho reciclado que cumpla los requisitos establecidos en el artículo 413. El tipo por utilizar debe ser definido en los documentos del proyecto.

452.2.3 Aditivos mejoradores de la adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deben cumplir con los requisitos del artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deben tener la aprobación del interventor.

El constructor debe garantizar que su incorporación no va a producir ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo, es de responsabilidad exclusiva del constructor, quien debe efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

452.2.4 Productos y tecnologías para modificar la reología o mitigar el escurrimiento

Se permite el uso de fibras, o cualquier otra tecnología o modificador de las propiedades del concreto asfáltico, siempre y cuando se presenten informes técnicos que determinen su dosificación y se muestre evidencia de un comportamiento favorable en campo. Dichos informes deben ilustrar las mejoras obtenidas en el desempeño, en los procesos productivos, en los procesos constructivos, en la durabilidad o en las prestaciones mecánicas, al ser comparada la mezcla modificada respecto a la mezcla patrón sin incorporación de dichos productos. Además, el uso de dichos productos o tecnologías debe ser respaldado con las respectivas fichas técnicas y hojas de seguridad del fabricante, y contar con la aprobación del interventor.

452.3 Equipo

Al respecto, se aplica lo que resulte pertinente de lo indicado en el artículo 400.

Adicionalmente, se debe considerar que para la compactación se deben utilizar compactadores de rodillos metálicos autopropulsados y sin vibración.

Dada la importancia que tiene el riego de liga en la construcción de este tipo de capa de rodadura, es altamente recomendable que la máquina pavimentadora esté provista, también, de un sistema de riego incorporado a ella, que garantice una aplicación continua y uniforme del mismo.

452.4 Ejecución de los trabajos

452.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el numeral 105.13.3. del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

452.4.2 Obtención de la fórmula de trabajo

452.4.2.1 Generalidades

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del artículo 400.

452.4.2.2 Diseño de la mezcla

Las mezclas discontinuas en caliente se deben diseñar en función del tipo de granulometría del agregado, siguiendo los métodos indicados en la Tabla 452 — 5.

Tabla 452 — 5. Método de diseño para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

Tipo de mezcla	Norma de ensayo INV	Método
Tipo M	E-760	Ensayo Cántabro
		Comprobación: - Verificación de adherencia mediante el ensayo Cántabro con inmersión
Tipo F	E-748	Método Marshall
	E-725 E-756	Comprobación: - Verificación de adherencia por tracción indirecta - Verificación de resistencia a la deformación plástica

452.4.2.2.1 Diseño de mezclas discontinuas tipo M

452.4.2.2.1.1 Diseño mediante el ensayo Cántabro

Los criterios de dosificación de estas mezclas son los indicados en la Tabla 452 — 6. La temperatura de elaboración de la mezcla debe corresponder, en principio, a una viscosidad del ligante asfáltico comprendida entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt – 190 cSt), debiendo verificarse que no se produzca escurrimiento del ligante a dicha temperatura.

Las mezclas en caliente objeto del presente artículo se orientan principalmente al método Cántabro. Alternativamente, si los documentos del proyecto lo consideran, son válidos diseños por otros métodos de reconocida aceptación internacional, en los cuales se deben seguir los requisitos y controles del respectivo método, así como los requisitos del presente artículo que resulten aplicables. En todos los casos las fórmulas de trabajo no deben tener una antigüedad mayor de un año.

Tabla 452 — 6. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo M

Característica	Norma de ensayo INV	Valor
Contenido de ligante: porcentaje (%) en masa sobre el agregado seco, mínimo (Nota).	-	5,0
Compactación: número de golpes por cara.	E-760	50
Pérdida por abrasión en seco, máximo (%).	E-760	15
Vacíos con aire en la mezcla compactada, mínimo (%).	E-736	12
Relación llenante/ligante efectivo, en peso.	-	1,2 – 1,4

Nota: realizar la corrección por densidad de áridos y validar con métodos internacionales y nuevas tecnologías.

452.4.2.2.1.2 Verificación de adherencia

La mezcla que cumpla los requisitos de diseño de la Tabla 452 — 6, debe ser sometida a la prueba de verificación de la adherencia, según el criterio señalado en la Tabla 452 — 7.

Tabla 452 — 7. Verificación de adherencia para mezclas discontinuas tipo M

Característica	Norma de ensayo INV	Valor
Pérdida de abrasión en probetas después de inmersión en agua durante 24 horas a 60 °C, máximo (%). (Nota).	E-760	25

Nota: si la pérdida de abrasión tras inmersión supera el valor especificado, se debe mejorar la adhesividad mediante un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

452.4.2.2.2 Diseño de mezclas discontinuas tipo F

452.4.2.2.2.1 Diseño Marshall

Los criterios de dosificación de estas mezclas son los indicados en la Tabla 452 – 8.

Tabla 452 — 8. Criterios de dosificación para mezclas discontinuas tipo F

Característica	Norma de ensayo INV	Valor
Contenido de ligante: porcentaje (%) en masa sobre el agregado seco, mínimo (Nota).	-	5,5
Compactación: número de golpes por cara.	E-748	50
Estabilidad, mínimo (N).	E-748	7 500
Vacíos con aire, mínimo (%).	E-736	4
Relación llenante/ligante efectivo, en peso.	-	1,4 – 1,8

Nota: realizar la corrección por densidad de áridos y validar con métodos internacionales y nuevas tecnologías.

452.4.2.2.2.2 Verificación de adherencia y resistencia a la deformación plástica

El diseño Marshall que cumpla los requisitos de la Tabla 452 — 8, se debe someter a las pruebas de verificación relacionadas en la Tabla 452 — 9. La verificación se debe adelantar en la secuencia indicada en la tabla.

Tabla 452 — 9. Verificación de adherencia y resistencia a la deformación plástica para mezclas discontinuas tipo F

Propiedad	Norma de ensayo INV	Valor
Adherencia: resistencia retenida a la tracción indirecta, mínimo (%).	E-725	80
Resistencia a la deformación plástica: velocidad máxima de deformación en el intervalo de 105 a 120 minutos (µm/min): - Temperatura media anual del aire > 24 °C - Temperatura media anual del aire ≤ 24 °C	E-756	 12 15

Si la mezcla no cumple con el requisito de adherencia, se debe incrementar su adhesividad hasta que cumpla con el mismo, empleando un aditivo mejorador de adherencia y/o un llenante mineral apropiado.

452.4.2.2.3 Composición de la mezcla

La composición de la mezcla discontinua en caliente se debe ajustar a lo establecido en la Tabla 452 — 10.

Tabla 452 — 10. Composición de las mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

Composición		Tipo de mezcla			
		M-13	M-10	F-13	F-10
Cantidad de mezcla (kg/m^2)		55 — 70	35 — 50	65 — 80	40 — 55
Ligante residual en el riego de liga, mínimo (kg/m^2)	Pavimento nuevo	0,30		0,25	
	Pavimento antiguo	0,40		0,35	

452.4.2.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura no se puede fabricar a escala industrial, mientras el interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones y ajustes correspondientes en la fase de experimentación, en particular respecto de la cantidad media de mezcla por aplicar para obtener el espesor compacto establecido en los documentos del proyecto. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en el presente artículo, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

452.4.3 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se debe extender hasta que se compruebe que la capa sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y su

superficie presente las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deben ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

No se debe permitir la colocación de la mezcla discontinua en caliente mientras el interventor no compruebe que la capa sobre la cual se va a colocar es estructuralmente sana y presenta una regularidad superficial aceptable.

Las áreas de la superficie existente donde se formen charcos en instantes de lluvia, requieren una capa de mezcla densa de nivelación antes de que se permita la extensión de la mezcla discontinua.

Debido al pequeño espesor en que son puestas en obra las mezclas discontinuas en caliente, ellas resultan propensas a despegues por los esfuerzos tangenciales del tránsito. Por tal razón, la extensión de la mezcla exige la aplicación cuidadosa de un riego previo de liga, el cual se debe realizar conforme lo establece el artículo 421, empleando una emulsión asfáltica modificada con polímeros del tipo CRR-65m, de las características establecidas en el artículo 415 y con la dosificación indicada en el numeral 452.4.2.2.3.

Para garantizar la efectividad del riego de liga, es recomendable que la máquina pavimentadora esté provista de un sistema de riego incorporado a ella. Si no se dispone de dicho equipo, el riego se puede aplicar con un carrotanque, cuidando que no se degrade antes de la extensión de la mezcla. En caso de que el riego pierda efectividad, el constructor debe efectuar un riego adicional, en la cuantía que fije el interventor. Si la pérdida de efectividad del primer riego es imputable al constructor, el nuevo riego debe realizarlo a su costa.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer el nivel requerido, se deben ejecutar de acuerdo con las indicaciones del artículo 465 para la excavación y de los artículos que correspondan a los materiales empleados en su relleno.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con los estudios y documentos del proyecto, requiere un fresado previo, este se debe realizar conforme se establece en el artículo 460.

452.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del artículo 400.

452.4.5 Aprovisionamiento de los agregados

Los agregados se deben suministrar fraccionados y se deben manejar separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones debe ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. Cuando la mezcla asfáltica se vaya a elaborar en una planta del tipo tambor secador-mezclador no se debe permitir, por ningún motivo, realizar una predosificación

de las fracciones de los agregados pétreos, antes de su vertimiento en las tolvas de agregados en frío de la planta.

Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se deben construir por capas de espesor no superior a uno coma cinco metros (1,5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se deben colocar adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se deben acopiar por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

452.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se debe realizar de forma que estas contengan más del cincuenta por ciento (50 %) de su capacidad, pero sin rebosar. En las operaciones de carga se deben tomar las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se deben regular en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se debe regular de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se deben calentar antes de su mezcla con el asfalto. El secador se debe regular de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten signos de avería en el sistema de combustión, si ocurre combustión incompleta o se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados o en la mezcla, se debe detener la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema.

Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se puede introducir en la mezcla; en caso contrario, se debe eliminar. El tiro de aire en el secador se debe regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del llenante de recuperación y/o el de aporte se debe hacer de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se debe comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se deben tomar las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se deben pesar exactamente y se deben transportar al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se debe agregar automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se debe encontrar a la temperatura

adecuada, y se debe continuar la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

La temperatura del material bituminoso en el instante de la mezcla depende de la relación viscosidad – temperatura, siendo una temperatura conveniente aquella a la cual el ligante presenta una viscosidad entre ciento cincuenta y trescientos centistokes (150 cSt – 300 cSt), siendo preferible que se encuentre entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150 cSt – 190 cSt).

En ningún caso se debe introducir en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior, en más de quince grados Celsius (15 °C), a la temperatura del asfalto. La temperatura de elaboración de la mezcla se debe fijar dentro del rango recomendado por el fabricante del cemento asfáltico modificado con polímeros.

El volumen de materiales en el mezclador no debe ser tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando estas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios (2/3) de su altura. Todos los tamaños del agregado deben estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no debe exceder de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se debe cuidar su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se deben rechazar todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de contaminación o humedad. En este último caso, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También, se deben rechazar aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

452.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se debe transportar a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Solo se debe permitir el trabajo en horas de la noche si, por instrucción del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla se deben tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deben limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deben mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales se deben encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

452.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (*shuttle buggy*), la volqueta debe descargar

la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se deben encargar de alimentar la pavimentadora, sin que esta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

452.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia debe ser extendida por la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, los anchos y los espesores señalados en los documentos del proyecto.

A menos que el interventor expida una instrucción en contrario, la extensión se debe realizar en franjas longitudinales y debe comenzar a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. Siempre que resulte posible, se deben evitar las juntas longitudinales realizando la extensión en ancho completo, trabajando si es necesario con dos (2) o más pavimentadoras ligeramente desfasadas. Si por razones prácticas de la obra ello no resulta posible, después de haber extendido y compactado una franja, se debe extender la siguiente mientras el borde de la anterior aún se encuentre caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se debe ejecutar una junta longitudinal.

La pavimentadora se debe regular, de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y a la sección transversal indicada en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo, se debe permitir el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se debe permitir la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, la extensión de la mezcla debe ser suspendida inmediatamente, hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación, debe ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del constructor.

La extensión de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta de fabricación, de manera que aquella sufra el menor número posible de detenciones.

En caso de trabajo intermitente, se debe comprobar que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada para el inicio de la compactación; de lo contrario, dicha mezcla se debe descartar y se debe ejecutar una junta transversal.

En los sitios en los que no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se puede extender a mano. La mezcla se debe descargar fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se debe distribuir en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal, que una vez compactada, se ajuste a los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

452.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se debe realizar según el plan aprobado por el interventor como resultado de la fase de experimentación. Debe comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos. El número de pasadas del rodillo liso sin vibración no debe ser menor de seis (6).

La compactación se debe realizar longitudinalmente de manera continua y sistemática. Debe empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas, en donde el cilindrado debe avanzar del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deben llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el interventor, y sus cambios de dirección se deben hacer sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se debe permitir, sin embargo, excesos de agua.

Se debe tener cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que forman los bordes exteriores del pavimento terminado, deben ser chaflanados ligeramente.

La compactación se debe realizar de manera continua durante la jornada de trabajo, y se debe complementar con el trabajo manual mínimo necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

Se debe verificar la temperatura de la mezcla al inicio y al final del proceso de compactación.

452.4.11 Juntas de trabajo

Si la construcción de juntas longitudinales es inevitable y al extender franjas contiguas, la extendida en primer lugar debe tener una temperatura inferior a la mínima aceptable para terminar el trabajo de pavimentación, según se haya determinado en la fase de experimentación, el borde de esta se debe cortar dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, procediendo a continuación a aplicar una capa uniforme y ligera de riego de liga y luego a calentar la junta y extender la siguiente franja contra ella.

Las juntas transversales se deben compactar transversalmente, disponiendo los apoyos adecuados para los elementos de compactación. Las juntas transversales de franjas de extensión adyacentes se deben distanciar, cuando menos, en cinco metros (5 m).

452.4.12 Apertura al tránsito

Alcanzado el nivel de compactación exigido, el tramo pavimentado se puede abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente.

452.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión y la compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni

cuando haya fundado temor que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a ocho grados Celsius (8 °C).

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado, y que cuente con la aprobación del interventor. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

452.4.14 Manejo ambiental

Al respecto, rige el artículo 106, Aspectos ambientales, así como todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del artículo 400.

452.4.15 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones, irregularidades de alineamiento y de nivel, deben ser corregidos por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor. El constructor debe proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

452.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

452.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del artículo 400.

452.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

452.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico modificado con polímeros o adicionado con grano de caucho reciclado (asfalto-caucho) deben ser los establecidos en los artículos 414 y 413, respectivamente.

452.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

452.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deben realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 452 — 1.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se deben tomar dos (2) muestras y sobre ellas se debe determinar la densidad *bulk*, según la norma INV E-225.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 452.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

452.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. También, se debe ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y se debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 452 — 11 para los agregados grueso y fino, y en la Tabla 452 — 12 para el llenante mineral de aporte.

El interventor puede autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 452 — 11 y 452 — 12, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se debe permitir el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 452.2.1. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

Tabla 452 — 11. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Evaluación de la resistencia a mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes
Coeficiente de pulimiento acelerado	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada

Tabla 452 — 12. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-215	1 por suministro
Densidad *bulk*	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

452.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se debe controlar el aspecto de la mezcla y medir su temperatura. El interventor debe rechazar todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustible. En este último caso y cuando la planta sea de tipo discontinuo, se deben retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se deben realizar los siguientes controles:

452.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 452.5.2.5.1, se debe determinar el contenido de asfalto residual, según la norma de ensayo INV E-732 para el caso de asfalto modificado con polímeros, o la norma de ensayo INV E-729, para el caso de asfalto modificado con grano de caucho reciclado.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (*ART* %) debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*ARF* %).

$$ARF\ \% - 0{,}3\% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \%$$

[452.1]

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (*ARI* %), no puede diferir del valor promedio (*ART* %) en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\ \% - 0{,}5\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}5\ \%$$

[452.2]

Un porcentaje de asfalto residual promedio (*ART* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no van a existir problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

452.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E-782. La curva granulométrica de cada ensayo individual debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 452 — 4, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el numeral 452.4.2 de la presente especificación. Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se debe rechazar el lote. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

452.5.2.4 Calidad de la mezcla

452.5.2.4.1 Calidad de las mezclas tipo M

452.5.2.4.1.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben moldear probetas (tres (3) por muestra), a la temperatura apropiada, para el ensayo Cántabro (norma de ensayo INV E-760) y a ellas se les debe determinar previamente su gravedad específica *bulk* (normas de ensayo INV E-733 o INV E-802).

Se debe determinar también la gravedad específica máxima (G_{mm}) sobre una muestra representativa de la mezcla del lote, mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803.

Para cada una de las probetas se deben calcular los vacíos con aire, mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad

específica *bulk* y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las seis (6) probetas no puede diferir en más de dos puntos porcentuales (± 2 %) del definido al establecer la fórmula de trabajo y, simultáneamente, debe ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 452 — 6, sin que ningún valor individual pueda ser inferior a diez por ciento (10 %).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que haya necesidad de determinar su resistencia al desgaste. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

452.5.2.4.1.2 Resistencia

Si el requisito sobre vacíos con aire se cumple, con tres (3) de las probetas se debe medir la pérdida por abrasión en seco y con las otras tres (3) se debe determinar la pérdida por abrasión luego de un período de inmersión en agua a sesenta grados Celsius (60 °C) durante veinticuatro horas (24 h).

Los valores promedio de pérdida de ambos grupos deben satisfacer los criterios establecidos en las Tablas 452 — 6 y 452 — 7. Ninguna de las probetas puede presentar una pérdida mayor en veinte por ciento (20 %) de la máxima admisible para cada grupo.

Si uno o ambos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote representado por estas muestras. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

452.5.2.4.2 Calidad de las mezclas tipo F

452.5.2.4.2.1 Vacíos con aire de probetas compactadas

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben compactar probetas (dos (2) por muestra), a la temperatura apropiada, con cincuenta (50) golpes/cara, para verificar en el laboratorio su gravedad específica *bulk* (normas de ensayo INV E-733 o INV E-802) y su resistencia en el ensayo Marshall (norma de ensayo INV E-748).

Así mismo, sobre una muestra representativa de la mezcla del lote se debe determinar la gravedad específica máxima (G_{mm}), mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803.

Para cada una de las probetas se deben calcular los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica *bulk* y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas debe ser mayor o igual que el límite que se establece en la Tabla 452 — 8, sin que ningún valor individual pueda ser menor de tres coma cinco por ciento (3,5 %).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de resistencia.

452.5.2.4.2.2 Estabilidad

Si el requisito sobre vacíos con aire se cumple, se debe determinar la estabilidad Marshall de las cuatro (4) probetas. El promedio de sus estabilidades (E_m) no puede ser menor que el valor obtenido al establecer la fórmula de trabajo (E_t).

$$E_m \geq E_t \quad [452.3]$$

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) debe ser igual o superior al noventa por ciento (90 %) del valor medio de estabilidad (E_m), admitiéndose solo un (1) valor individual bajo de ese límite, siempre y cuando no se encuentre por debajo del valor mínimo admisible establecido en la Tabla 452 — 8 del presente artículo.

$$E_i \geq 0{,}90 * E_m \quad [452.4]$$

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada por el constructor mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

452.5.2.4.3 Susceptibilidad a la humedad

Cada vez que el interventor lo considere conveniente, de acuerdo con el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se debe verificar en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725.

Para tal efecto, se deben moldear seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se deben curar en seco y tres (3) bajo condición húmeda, para determinar así la resistencia promedio de cada grupo como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo debe ser, cuando menos, ochenta por ciento (80 %) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

El incumplimiento de este requisito debe implicar la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes cuya mezcla considere el interventor que puede presentar este problema (seis (6) núcleos por lote, tres (3) curados en seco y tres (3) bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito deben ser rechazados. Además, los trabajos se deben suspender hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

452.5.2.5 Calidad del producto terminado

452.5.2.5.1 Tamaño del lote

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla discontinua asfáltica en caliente:

- Quinientos metros (500 m) de mezcla discontinua en caliente colocada en todo el ancho de la calzada.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de mezcla discontinua en caliente colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

452.5.2.5.2 Aspectos generales

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota de cualquier punto de la mezcla discontinua en caliente, compactada, no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deben realizar las siguientes verificaciones.

452.5.2.5.3 Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se deben realizar en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro.

452.5.2.5.3.1 Mezclas tipo M

En el caso de las mezclas tipo M, el porcentaje promedio de vacíos con aire en la mezcla no puede variar en más de tres puntos porcentuales (± 3 %) del obtenido en la fórmula de trabajo. Simultáneamente, no más de tres (3) individuos de la muestra ensayada pueden presentar valores que difieran en más de cuatro puntos porcentuales (± 4 %) del obtenido en la fórmula.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, todo ello a cargo y costa del constructor. El material fresado es de propiedad del constructor.

452.5.2.5.3.2 Mezclas tipo F

Para el control de la compactación de las mezclas discontinuas en caliente del tipo F, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y de los ensayos de densidad en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$\left(GC_i\right) = \frac{D_i}{D_e} * 100 \quad [452.5]$$

Donde:

GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

D_i, valor individual de la densidad en el terreno, determinado por alguno de los métodos descritos en las normas de ensayo INV E-733, INV E-734, INV E-746, INV E-787 o INV E-802.

D_e, valor promedio de los valores de densidad *bulk* de las cuatro (4) o más probetas correspondientes al lote que se está evaluando, elaboradas en el laboratorio para la verificación de vacíos y estabilidad según el numeral 452.5.2.4.1.1.

Para el control de la compactación se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 97,0 % se acepta el lote [452.6]

GC_l (90) < 97,0 % se rechaza el lote [452.7]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

La toma de muestras testigo se debe hacer de acuerdo con la norma INV E-758.

Solo se acepta la determinación de la densidad de la capa compactada por medio de densímetros nucleares (norma de ensayo INV E-746), si se garantiza, sin lugar a ninguna duda, que la medición del aparato abarca, única y exclusivamente, el espesor total de la capa que se está verificando.

En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

452.5.2.5.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [452.8]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa y ocho por ciento (98 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}98 * e_d \quad [452.9]$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material fresado es de propiedad del constructor.

452.5.2.5.5 Segregación térmica

En el caso de vías que presenten niveles de tránsito NT3, el constructor debe entregar al interventor un registro termográfico, tomado con cámara infrarroja o termográfica, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciado (norma INV E-788). Estos registros deben ser entregados al interventor a más tardar una semana después de la pavimentación del sector fotografiado y antes de la toma de núcleos para verificar la densidad.

Estas fotografías tienen dos usos:

- Durante la construcción, el interventor puede ordenar la toma de núcleos en los sitios donde las imágenes muestren la presencia de sitios de menor temperatura, para verificar el porcentaje de vacíos de la mezcla colocada.

- Al final de la obra, las imágenes se deben incluir en el informe final de interventoría y sirven a INVÍAS como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de las capas asfálticas.

452.5.2.5.6 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deben ser fresadas y repuestas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, y hasta ser aprobadas por el interventor. El material fresado es de propiedad del constructor.

Si la capa de apoyo no corresponde al mismo contrato, la verificación de la planicidad solo se aplica si su superficie cumple los criterios de planicidad mencionados en el párrafo anterior.

452.5.2.5.7 Textura

Las medidas de textura se deben realizar a los pocos días de terminada la capa, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos por controlar por lote es de tres (3), que se deben ampliar a cinco (5) si la textura obtenida en uno (1) de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se eligen al azar, de acuerdo con la norma INV E-730.

La profundidad media de textura del lote no puede ser menor al mínimo admisible que corresponda en la Tabla 452 — 13, sin que ningún valor individual sea inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido y sin que existan áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de mezcla discontinua en caliente correspondiente al lote controlado, debe ser levantada mediante fresado y repuesta hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS, el material fresado queda como propiedad del constructor. Alternativamente y a opción del constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, este puede colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional para INVÍAS, del mismo espesor compacto que la anterior, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas debe ejecutarlo con una emulsión modificada con polímeros, en acuerdo al artículo 421, también sin costo adicional para INVÍAS.

Tabla 452 — 13. Profundidad de textura y resistencia al deslizamiento mínimas admisibles para mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura

Característica	Norma de ensayo INV	Tipo de mezcla	
		M	F
Profundidad media de textura, mínimo (mm).	E-791	1,5	1,1
Coeficiente de resistencia al deslizamiento, Mínimo (CRD): - NT3: glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes ≥ 5 % en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente	E-792	60	60
- NT3: otras secciones y NT2		55	60

452.5.2.5.8 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta días (30 d) de la puesta en servicio de la capa de mezcla discontinua en caliente, se deben hacer las determinaciones de la resistencia al deslizamiento.

Debido a que este parámetro se encuentra relacionado directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se deben elegir al azar, sino que deben ser ubicados por el interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se deben realizar con el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 452 — 13, de acuerdo con el tipo de mezcla. En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual debe ser corregida por el constructor, a su costa, bajo los mismos criterios exigidos en el inciso precedente para remediar los incumplimientos en cuanto a textura.

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma INV E-815). En tal caso, la especificación particular debe indicar el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 452 — 13 para el péndulo británico.

452.5.2.5.9 Regularidad superficial

Debido a su escaso espesor, las mezclas discontinuas en caliente no pueden corregir defectos asociados con la falta de regularidad del perfil longitudinal de la calzada. Por tal razón, no se debe permitir la colocación de la mezcla en obra, hasta tanto no se garantice que la superficie de la capa sobre la cual se va a construir cumpla los requisitos que se exigen sobre el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en el artículo 450, Mezclas asfálticas en caliente de gradación continua (Concreto asfáltico).

Todas las áreas de mezcla discontinua en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

452.5.2.5.10 Medidas de deflexión

El interventor debe verificar la homogeneidad de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura, realizando medidas de deflexión con alguno de los dispositivos presentados en la norma de ensayo INV E-797, de acuerdo con el procedimiento normal aplicable a este. Los resultados de las medidas, que se deben realizar en tresbolillo cada veinte metros (20 m), no deben constituir base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que pueden servir a INVÍAS para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios para el diseño estructural del pavimento.

En todo caso, se recomienda en la medida de lo posible que no se emplee la Viga Benkelman para las mediciones de las deflexiones de la capa, especialmente en niveles de tránsito altos como el NT3.

452.6 Medida

Rige lo pertinente del numeral 400.6 del artículo 400 y, en particular, lo indicado en el numeral 400.6.2.

452.7 Forma de pago

Rige lo pertinente del numeral 400.7 del artículo 400, y en particular lo indicado en el numeral 400.7.3.

Se excluye del precio unitario de mezcla discontinua en caliente, el suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros o del cemento asfáltico adicionado con grano de caucho reciclado (asfalto-caucho) para la mezcla, que se debe pagar de acuerdo con los artículos 414 y 413, respectivamente.

452.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
452.1	Mezcla discontinua en caliente tipo M-13	Metro cúbico (m^3)
452.2	Mezcla discontinua en caliente tipo M-10	Metro cúbico (m^3)
452.3	Mezcla discontinua en caliente tipo F-13	Metro cúbico (m^3)
452.4	Mezcla discontinua en caliente tipo F-10	Metro cúbico (m^3)