



FICHA TÉCNICA	
ITEM	1
DENOMINACION DEL BIEN O SERVICIO	ASFALTO
DENOMINACION TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO	Mezcla asfáltica MDC-2 o 19 de graduación continua para actividades tipo invias numeral 1212 parcheo en calzada y bermas pavimentadas, numeral 1213 parcheo temporal en calzada y bermas pavimentadas y numeral 1214 bacheo de pavimentos asfálticos según Manual de Mantenimiento de Carreteras 2016_V2 INVIAS
SEGMENTO/FAMILIA/CLASE/PRODUCTO A LA QUE PERTENECE EL BIEN O SERVICIO	30121601
UNIDAD DE MEDIDA	M3
DESCRIPCION GENERAL	Mezcla asfáltica de graduación continua que cumpla con los requisitos del artículo 450.22 del capítulo 4 del manual de Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022. Ver Anexo artículo 450-22 INVIAS, se debe garantizar que la MDC-2 o 19 sea producida y entregada conservando las condiciones óptimas de trabajabilidad y compactación, manteniendo temperaturas adecuadas de aplicación entre 145°C a 165°C y rangos de viscosidad del ligante asfáltico entre 150 cSt y 190 cSt, evitando pérdidas térmicas superiores al 30 % durante el transporte. Así mismo, con el fin de garantizar la continuidad en el suministro de la mezcla asfáltica en caliente y de los materiales pétreos requeridos para la ejecución del contrato, se debe asegurar la conservación de sus propiedades técnicas durante el transporte, optimizar los tiempos de atención de las intervenciones y mantener la eficiencia en la inversión de los recursos públicos, el proponente deberá acreditar que la planta de producción de mezcla asfáltica y/o las fuentes de abastecimiento de los materiales pétreos se encuentran ubicadas a una distancia máxima de ciento cincuenta (150) kilómetros del punto medio del corredor vial objeto de intervención, medida mediante la red vial transitable. Para tal efecto, deberá contar con la capacidad técnica, operativa y logística suficiente para atender solicitudes desde un (1) metro cúbico (m³) diario en adelante, sin establecer cantidades mínimas de despacho que limiten o restrinjan la programación de las actividades definidas por la supervisión. La entrega del material deberá efectuarse de manera oportuna, garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas de calidad, temperatura, trabajabilidad y demás requisitos establecidos en las normas vigentes de INVIAS para su adecuada colocación y compactación en obra. Por lo anterior, el proponente interesado deberá acreditar que cuenta con una cantera ubicada dentro de la equidistancia establecida anteriormente, para lo cual deberá aportar la respectiva certificación o, en su defecto, una carta de intención suscrita por el representante legal de la cantera, mediante la cual se acredite la disponibilidad de esta para el suministro de los materiales requeridos para la ejecución del contrato.
FICHA TÉCNICA	
ITEM	2
DENOMINACION DEL BIEN O SERVICIO	AGREGADO NATURAL
DENOMINACION TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO	Sub base granular triturada T. max 2" a 2 1/2" para actividades del numeral 1214 bacheo para pavimentos asfálticos T. max 2", según Manual de Mantenimiento de Carreteras 2016_V2 INVIAS
SEGMENTO/FAMILIA/CLASE/PRODUCTO A LA QUE PERTENECE EL BIEN O SERVICIO	30111801
UNIDAD DE MEDIDA	M3
DESCRIPCION GENERAL	Sub base granular triturada que cumpla con el artículo 320.22 del capítulo 3 del manual de Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022, La granulometría debe cumplir con los requisitos establecidos en la Norma INV E-218, que regula el Ensayo de granulometría. Para una subbase granular con tamaño máximo de 2" (50.8 mm), Los materiales de subbase granular deben cumplir con un índice de plasticidad menor o igual a 6%, Para garantizar la durabilidad del material, la resistencia al desgaste mediante el ensayo de la Máquina de Los Ángeles debe ser inferior al 45%, Los agregados deben tener una absorción adecuada (generalmente inferior al 5%) y densidad acorde para garantizar estabilidad y resistencia estructural, El porcentaje de material que pasa el tamiz No. 200 (0.075 mm) debe ser limitado entre 2% y 12%, El equivalente de arena para los agregados finos no debe ser menor a 35-40%, El valor CBR para la subbase granular debe estar por encima del 25%. Ver Anexo artículo 422-50
FICHA TÉCNICA	
ITEM	3
DENOMINACION DEL BIEN O SERVICIO	AGREGADO NATURAL
DENOMINACION TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO	Base granular (INV.330.1) para actividades del numeral 1214 bacheo para pavimentos asfálticos T.max 1 1/2", según Manual de Mantenimiento de Carreteras 2016_V2 INVIAS
SEGMENTO/FAMILIA/CLASE/PRODUCTO A LA QUE PERTENECE EL BIEN O SERVICIO	30111801
UNIDAD DE MEDIDA	M3
DESCRIPCION GENERAL	Base granular para bacheo que cumpla con el artículo 330.22 del capítulo 3 del manual de Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022, Las bases granulares con tamaño máximo de 1 1/2" (38.1 mm) son capas estructurales clave en la construcción de carreteras. Estas deben cumplir con una serie de especificaciones técnicas establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) para asegurar un rendimiento adecuado, El índice de plasticidad del material que pasa el tamiz No. 40 (0.425 mm) debe ser menor o igual a 6%, El desgaste por abrasión en el ensayo de la Máquina de Los Ángeles debe ser inferior al 40%, El límite líquido debe ser inferior a 25% y el índice de plasticidad menor o igual a 6%, El material que pasa el tamiz No. 200 (0.075 mm) debe estar en un rango de 2-8%, El valor CBR de la base granular debe ser superior al 80%, medido después de una compactación al 100% de la densidad máxima Proctor Modificado, Los agregados no deben tener una absorción mayor al 5%, El equivalente de arena de los finos debe ser superior a 40%, El material debe tener una resistencia a la fragmentación bajo el ensayo de impacto agregado, con una pérdida máxima aceptable del 25%. Ver Anexo artículo 330-22



FICHA TÉCNICA	
ITEM	4
DENOMINACION DEL BIEN O SERVICIO	EMULSIONES
DENOMINACION TÉCNICA DEL BIEN O SERVICIO	Emulsion asfáltica CRL-57 (CRL-1) para actividades del numeral numeral 1212 parcheo en calzada y bermas pavimentadas, numeral 1213 parcheo temporal en calzada y bermas pavimentadas y 1214 bacheo para pavimentos asfálticos, según Manual de Mantenimiento de Carreteras 2016_V2 INVIAS
SEGMENTO/FAMILIA/CLASE/PRODUCTO A LA QUE PERTENECE EL BIEN O SERVICIO	12161804
UNIDAD DE MEDIDA	GALONES
DESCRIPCION GENERAL	Emulsion asfáltica CRL-1 (CRL-57) para pavimentos asfálticos que cumpla con el artículo 411.2 del capítulo 4 del Manual de Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022. Ver Anexo artículo 411-22

Realizó:  JAVIER GIOVANNY SANDOVAL PARDO
Profesional Contratado CPS N° 0496-2026

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	Nombre 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
Coefficiente 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 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.

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	-	-	≥ 25	≥ 50
- Capa intermedia	-	-	≥ 25	≥ 50
- Capa de base	-	-	-	≥ 25
Granulometría del llenante mineral de aporte:				
- % que pasa tamiz de 1,18 mm (nro. 16)	E-215	100		
- % que pasa tamiz de 0,600 mm (nro. 30)		97 — 100		
- % que pasa tamiz de 0,150 mm (nro. 100)		95 — 100		
- % que pasa tamiz de 0,075 mm (nro. 200)		70 — 100		
Densidad <i>bulk</i> (g/cm³).	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 1 1/2 Pulgadas	25,0 1 Pulgada	19,0 3/4 Pulgada	12,5 1/2 Pulgada	9,5 3/8 Pulgada	4,75 Nro. 4	2,00 Nro. 10	0,425 Nro. 40	0,180 Nro. 80	0,075 Nro. 200
	Pasa tamiz (%)									
Densa	MDC-25	-	100	67 — 85	60 — 77	43 — 59	29 — 45	14 — 25	8 — 17	4 — 8
	MDC-19	-	-	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	65 — 80	55 — 70	40 — 55	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
	MSC-19	-	-	80 — 95	65 — 80	40 — 55	24 — 38	9 — 20	6 — 12	3 — 7
Gruesa	MGC-38	100	75 — 95	47 — 67	40 — 60	28 — 46	17 — 32	7 — 17	4 — 11	2 — 6
	MGC-25	-	100	55 — 75	40 — 60	28 — 46	17 — 32	7 — 17	4 — 11	2 — 6
Alto módulo	MAM-25	-	100	65 — 80	55 — 70	40 — 55	24 — 38	10 — 20	8 — 14	6 — 9
	MAM-19	-	-	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	Temperatura media anual de la región (°C)			
	NT1	NT2	NT3	NT5
	< 24	15 - 24	< 15	< 15
Rodadura e Intermedia	60 - 70 u 80 - 100	60 - 70 u 80 - 100	40 - 50 60 - 70 o 40/70 - 58 o 55/70 - 58 o 55/70 - 65	60 - 70 80 - 100 o 55/70 - 58
Base	NA	60 - 70 u 80 - 100	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 ahueamiento - 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	Nombre 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
			Temperatura y frecuencia según la Nota 3 y la Nota 4	MPa	Reportar (Nota 2)	Todas las mezclas (Opcional)
						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)

EFICACIONES INVIAS 2022

Propiedad	Norma de ensayo	Criterio	Condiciones recomendadas del ensayo	Unidades	Valor	Aptitud 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.

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

450.4.2.2.2.2 Resistencia a la deformación plástica

Para el control de la resistencia de la mezcla a la deformación plástica, se puede emplear

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 megapascuales (10 000 MPa) para capas de base (MAM-25) y de ocho mil megapascuales (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.

450.4.2.2.3.2 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.

450.4.2.2.4 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 Aprovevisionamiento 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 batchada, 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 continuas 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 conse-

cuencia, 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 de Ensayo	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 tránsito 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 %).

$$ARF \% - 0,3 \% \leq ART \% \leq ARF \% + 0,3 \%$$

[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.

$$ART \% - 0,5 \% \leq ARI \% \leq ART \% + 0,5 \%$$

[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_f).

$$E_m \geq 0,90 * E_t \quad [450.3]$$

Ningún valor individual (E_t) 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 450.4.2.2.3.1., 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 megapascals (10 000 MPa) para capas de base (MAM-25) y de ocho mil megapascals (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 megapascals (10 000 MPa) para capa de base (MAM-25) y de ocho mil megapascals (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 megapascuales (10 000 MPa) para capa de base (MAM-25) y de ocho mil megapascuales (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) millón de ciclos (ϵ_a) 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 núcleos 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 parámetros 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 establecen 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 m²) 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 compactación, 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_r , 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_r (997,0 kg/m³ o 0,997 g/cm³).

Para el control de la compactación se deben aplicar los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq GC_{min}$ se acepta el lote [450.8]

$GC_i (90) < GC_{min}$ se rechaza el lote [450.9]

Donde:

$GC_i (90)$, 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; 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).

GC_{min} , 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_{min})

Tipo de capa	Grado de compactación mínimo (GC_{min}) (%)		
	Base de tránsito		
	ATL	NT2	NTS
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 fresaño 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 fresaño 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 fresaado 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 ejecutarse 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 (péndulo)		
	MT1	MT2	MT3
Glorietas; curvas con radios menores 200 m; pendientes $\geq 5\%$ 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 (m³)
450.2	Mezcla densa en caliente tipo MDC-19	Metro cúbico (m³)
450.3	Mezcla densa en caliente tipo MDC-10	Metro cúbico (m³)
450.4	Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-25	Metro cúbico (m³)
450.5	Mezcla semidensa en caliente tipo MSC-19	Metro cúbico (m³)
450.6	Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-38	Metro cúbico (m³)
450.7	Mezcla gruesa en caliente tipo MGC-25	Metro cúbico (m³)
450.8	Mezcla de alto módulo MAM-25	Metro cúbico (m³)
450.10	Mezcla en caliente para bacheo MSC-25	Metro cúbico (m³)
450.11	Mezcla en caliente para bacheo MGC-25	Metro cúbico (m³)
450.12	Mezcla en caliente para bacheo MGC-38	Metro cúbico (m³)
450.13	Mezcla de alto módulo MAM-19	Metro cúbico (m³)

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.

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.

ESPE' FIGURACIONES INVIAS 2002

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 deleznales, 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 2 Pulgadas	37,5 1 ½ Pulgadas	25,0 1 Pulgada	12,5 1/2 Pulgada	9,5 3/8 Pulgada	4,75 Nro. 4	2,00 Nro. 10	0,425 Nro. 40	0,075 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 ($> 70\,000\text{ m}^2$), se recomienda utilizar extendedoras automáticas, 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, procurando 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 m³) 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 m²) 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:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} * 100 \quad [320.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{CY_{d,máx}} * 100 \quad [320.2]$$

Donde:

GC_p , valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,p}$ 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) 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:

$GC_i (90) \geq 95,0 \%$ se acepta el lote [320.3]

$GC_i (90) < 95,0 \%$ se rechaza el lote [320.4]

Donde:

$GC_i (90)$, 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. 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).

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 determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [320.5]$$

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 (m³)
320.2	Subbase granular clase B	Metro cúbico (m³)
320.3	Subbase granular clase C	Metro cúbico (m³)
320.4	Subbase granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m³)
320.5	Subbase granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m³)
320.6	Subbase granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m³)

ESPECIFICACIONES TIAAS 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 IMV	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 deleznales, 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	¾ 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 ($> 70\,000\text{ m}^2$), 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 megapascals (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 blancas, 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 déje 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 m³) 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	Nombre 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 m²) 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:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} * 100 \quad [330.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{CY_{d,máx}} * 100 \quad [330.2]$$

Donde:

GC_i , valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$Y_{d,i}$, 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 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 modificado de compactación) 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 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 ($CY_{d,máx}$) 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:

$$GC_i(90) \geq 98 \% \text{ se acepta el lote} \quad [330.3]$$

$$GC_i(90) < 98 \% \text{ se rechaza el lote} \quad [330.4]$$

Donde:

$GC_i(90)$, 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; 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.

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 debê hacer al metro cúbico (m³), 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

Item	Descripción	Unidad
330.1	Base granular clase A	Metro cúbico (m³)
330.2	Base granular clase B	Metro cúbico (m³)
330.3	Base granular clase C	Metro cúbico (m³)
330.4	Base granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m³)
330.5	Base granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m³)
330.6	Base granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m³)

- 330.8 ÍTEMES DE PAGO - VÍAS 2022

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 $\geq 15^{\circ}\text{C}$), y asfalto residual blando (ARB) para las zonas con clima frío (temperatura media $< 15^{\circ}\text{C}$).

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 carrotaques 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 carrotaques 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 carrotaque 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				
		CHB-60		CHB-66		CHB-68		CHB-40		CHB-57	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Destilación:	INV E-762	60	-	65	-	65	-	40	-	57	-
- Contenido de asfalto residual (%)		-	3	-	3	-	12	10	20	-	-
- Contenido de aceite (%)		-	40	-	35	-	35	-	50	-	43
Contenido de agua (%)	INV E-761	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Viscosidad:	INV E-763	20	100	-	-	-	-	-	50	20	100
- Saybolt-Furol a 25 °C (s)		-	-	100	400	50	450	-	-	-	-
- Saybolt-Furol a 50 °C (s)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Estabilidad durante el almacenamiento:	INV E-764	-	1	-	1	-	1	-	-	-	1
- Sedimentación a 24 h (%)		-	5	-	5	-	5	-	10	-	5
- Sedimentación a los 5 días (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tamizado	INV E-765	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1
Retenido tamiz de 0,850 mm (nro. 20) (%)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	Positiva	Positiva	Positiva	Positiva
pH	INV E-768	-	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	GRM-65	GRL-60	GRL-57	CRL-57b				
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Cubrimiento del agregado y resistencia al desplazamiento: - Con agregado seco - Con agregado seco y acción del flujo de agua - Con agregado húmedo - Con agregado húmedo y acción del flujo de agua	INV E-769	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ensayos sobre el residuo de destilación											
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm) - Asfalto residual duro (ARD) - Asfalto residual blando (ARB)	INV E-706	-	-	-	-	100	250	300	-	60	100
		60	100	60	100	-	-	-	60	100	-
		100	250	100	250	-	-	-	100	250	-
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min) (cm)	INV E-702	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
Solubilidad en tricloroetileno (%)	INV E-713	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.

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:

$$\left(\text{Volumen} \right)_{\text{para pago}} = \left(\text{Volumen} \right)_{\text{aplicado}} * \frac{C}{60 \%} \quad [411.1]$$

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

- 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