

La movilidad es de todos

Mintransporte

CAPÍTULO 2

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

2

Explanaciones

Desmonte y limpieza

Artículo 200 – 22

200.1 Descripción

200.1.1 Generalidades

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

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

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

200.1.2 Clasificación

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

200.1.2.1 Desmonte y limpieza en bosque

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

200.1.2.2 Desmonte y limpieza en zonas no boscosas

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

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

200.2 Materiales

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

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

200.3 Equipo

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

200.4 Ejecución de los trabajos

200.4.1 Desmonte y limpieza

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

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

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

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

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

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

200.4.2 Remoción de tocones y raíces

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

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

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

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

200.4.3 Descapote

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

200.4.4 Remoción y disposición de materiales

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

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

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

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

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

200.4.5 Orden de las operaciones

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

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

200.4.6 Limitaciones de ejecución

Los trabajos deben ser realizados en condiciones de luz solar.

200.4.7 Manejo ambiental

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

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

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

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

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

200.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

200.5.1 Controles

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

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

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

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

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

200.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

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

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

200.6 Medida

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

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

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

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

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

200.7 Forma de pago

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

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

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

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

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

200.8 Ítem de pago

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

Demolición y remoción

Artículo 201 – 22

201.1 Descripción

201.1.1 Generalidades

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

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

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

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

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

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

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

201.1.2 Clasificación

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

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

201.2 Materiales

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

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

201.3 Equipo

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

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

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

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

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

201.4 Ejecución de los trabajos

201.4.1 Generalidades

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

201.4.2 Demolición total o parcial de estructuras existentes

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

201.4.2.1 Demolición de edificaciones

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

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

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

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

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

201.4.2.2 Demolición de puentes, alcantarillas y otras estructuras

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

201.4.3 Desmontaje y traslado de estructuras metálicas y alcantarillas

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

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

201.4.4 Remoción de especies vegetales

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

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

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

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

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

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

201.4.5 Remoción de cercas de alambre

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

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

201.4.6 Remoción de obstáculos

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

201.4.7 Remoción de ductos de servicios existentes

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

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

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

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

201.4.8 Traslado de postes y torres

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

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

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

201.4.9 Remoción de rieles

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

201.4.10 Remoción de defensas metálicas y barreras de seguridad de hormigón

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

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

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

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

201.4.11 Disposición de los materiales

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

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

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

201.4.12 Limitaciones en la ejecución

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

201.4.13 Manejo ambiental

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

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

201.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

201.5.1 Controles

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

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

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

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

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

201.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

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

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

201.6 Medida

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

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

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

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

201.7 Forma de pago

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

201.8 Ítem de pago

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

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

Trasplante de árboles

Artículo 203 – 22

203.1 Descripción

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

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

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

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

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

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

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

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

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

203.2 Materiales

203.2.1 Material para relleno de las excavaciones

203.2.1.1 Excavación resultante de la remoción del árbol

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

203.2.1.2 Excavación en el nuevo sitio de la plantación del árbol

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

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

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

203.2.2 Fertilizantes, abonos e insecticidas

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

203.2.3 Cicatrizantes

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

203.2.4 Tutores y cercos

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

203.2.5 Otros insumos

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

203.2.6 Agua para riego

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

203.3 Equipo

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

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

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

203.4 Ejecución de los trabajos

203.4.1 Aspectos generales

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

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

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

203.4.2 Supervisión técnica

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

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

203.4.3 Planeación y seguimiento

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

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

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

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

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

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

203.4.4 Remoción

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

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

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

203.4.5 Traslado

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

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

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

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

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

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

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

203.4.6 Plantación

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

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

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

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

203.4.7 Fertilización

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

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

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

203.4.8 Riego y conservación

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

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

203.4.9 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos se deben realizar en condiciones de luz solar.

203.4.10 Manejo ambiental

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

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

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

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

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

203.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

203.5.1 Controles

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

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

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

203.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

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

203.6 Medida

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

203.7 Forma de pago

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

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

de la inspección final para recibo definitivo del proyecto.

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

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

203.8 Ítem de pago

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

Excavación de la explanación, canales y préstamos

Artículo 210 – 22

210.1 Descripción

210.1.1 Generalidades

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

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

210.1.2 Tipos de excavación

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

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

210.1.3 Clasificación

210.1.3.1 Excavación sin clasificar

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

210.1.3.2 Excavación clasificada

210.1.3.2.1 Excavación en roca

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

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

210.1.3.2.2 Excavación en material común

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

210.1.3.2.3 Método alternativo para determinar el tipo de material excavado

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

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

210.2 Materiales

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

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

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

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

210.2.2 Materiales de zonas de préstamo

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

210.3 Equipo

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

El constructor puede utilizar cualquier tipo de equipo apropiado para la realización de las excavaciones, que incluya tractores con topadora y desgarradora, motoniveladora, traílla y palas de empuje o arrastre, cargador y vehículos de transporte.

210.4 Ejecución de los trabajos

210.4.1 Excavación de la explanación

210.4.1.1 Generalidades

La excavación de la explanación se debe ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto.

El constructor debe notificar al interventor con la antelación suficiente del comienzo de cualquier excavación, con el fin de que este pueda efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de la excavación no se debe modificar ni remover sin autorización del interventor.

Los procedimientos constructivos que implemente el constructor deben contemplar las medidas necesarias para preservar las condiciones de drenaje, la resistencia y la estabilidad del terreno no excavado. Los taludes provisionales deben ser definidos en esos procedimientos por un ingeniero geotecnista cuando no estén definidos en las especificaciones del proyecto y avalados por el interventor.

Durante la ejecución de los trabajos se deben tomar, en cualquier caso, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno no excavado. En especial, se debe atender a las características tectónico-estructurales del entorno y a las alteraciones de su drenaje y se deben adoptar las medidas necesarias para evitar los siguientes fenómenos: inestabilidad de taludes en roca o de bloques de esta debida a voladuras inadecuadas, deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación, encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras, taludes provisionales excesivos, etc.

Las obras de excavación deben avanzar en forma coordinada con las obras de contención y drenaje del proyecto, tales como muros, alcantarillas, desagües y descoles de cunetas y construcción de filtros. Además, se debe garantizar el correcto funcionamiento del drenaje y controlar los fenómenos de erosión e inestabilidad.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los documentos del proyecto o indicadas y aprobadas por el interventor.

Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la

ejecución de los trabajos de excavación debe ser asumido por el constructor, quien debe reponer el bien a entera satisfacción de su propietario sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

En la construcción de terraplenes sobre terreno inclinado o a media ladera, el talud de la superficie existente se debe cortar en forma escalonada de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor.

Las cunetas y bermas se deben construir de acuerdo con las secciones, las pendientes transversales y las cotas especificadas en los documentos del proyecto. Todo daño posterior a la ejecución de estas obras, causado por negligencia del constructor, debe ser subsanado por este, sin ningún costo para INVÍAS.

210.4.1.2 Actividades previas

Antes de iniciar las excavaciones se deben completar y aprobar los trabajos de localización, desmonte, limpieza y demoliciones, así como los de remoción de especies vegetales, cercas de alambre y demás obstáculos que afecten la ejecución de las obras del proyecto.

El material retirado en la limpieza, así como el de las demoliciones, debe ser empleado como se menciona en el numeral 210.2.1

210.4.1.3 Drenaje de las excavaciones

El constructor debe tomar todas las medidas indispensables para mantener drenadas las excavaciones y demás áreas de trabajo. Se deben instalar drenes o zanjas temporales, para interceptar el agua que pudiera afectar la ejecución del trabajo y se deben utilizar los equipos necesarios para realizar un control efectivo de la misma.

Es responsabilidad del constructor todo deterioro que se ocasione en los materiales de la excavación debido a deficiencias en el sistema de drenaje implementado. En este caso, deben correr por su cuenta las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en los mismos, sin costo adicional para INVÍAS.

Antes de iniciar los trabajos de excavación, el constructor debe presentar para aprobación por parte del interventor el plan de drenaje temporal que va a implementar para evitar que el agua se apoce y deteriore los materiales expuestos, en especial la subrasante del proyecto.

En todo momento, la superficie de la excavación debe tener pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial hacia los elementos de drenaje temporal o definitivo. No deben existir depresiones ni hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales, ni encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras o taludes provisionales excesivos.

Cuando el diseño de los taludes contemple la construcción de bermas o terrazas intermedias, estas se deben conformar con pendiente hacia el interior del talud a una cuneta que debe recoger y encauzar las aguas superficiales.

210.4.1.4 Manejo de la subrasante

210.4.1.4.1 Protección de la subrasante

El constructor debe proteger la subrasante en todo momento para evitar su deterioro.

Es responsabilidad del constructor todo deterioro que se ocasione en la subrasante debido a la falta de implementación de los sistemas adecuados de protección. En este caso, deben correr por su cuenta y a su costa las medidas correctivas que tenga que ejecutar para subsanar el deterioro causado en la misma.

En especial, debe llevar a cabo las labores de construcción teniendo en cuenta los siguientes factores, adicionales al tema del drenaje mencionado en el numeral 210.4.1.3.

210.4.1.4.1.1 Circulación sobre la subrasante

El constructor debe organizar todos sus trabajos, en especial las labores de excavación, cargue del material excavado y descargue del material por colocar sobre la subrasante, de manera que los equipos no circulen directamente sobre la subrasante y la deterioren. Se exceptúan los casos en que la subrasante esté constituida por materiales que soporten el tránsito de construcción sin deteriorarse. Se puede tomar como guía para calificar el impacto adverso del tránsito temporal sobre la subrasante la presencia de acolchonamientos mayores de veinte milímetros (20 mm) (deformaciones ante el paso de los vehículos que se pueden observar a simple vista y que se recuperan en todo o en parte cuando el vehículo se aleja), o la ocurrencia de ahuellamientos mayores de veinticinco milímetros (25 mm) (deformaciones permanentes en forma de surcos longitudinales que no se recuperan cuando el vehículo se aleja).

210.4.1.4.1.2 Disminución del contenido de agua en la subrasante

Con el fin de evitar el agrietamiento o la activación de procesos de cambios volumétricos en las subrasantes arcillosas, no se debe permitir que estas disminuyan su contenido de agua natural, salvo en casos específicos en que la pérdida de agua se requiera para su adecuada compactación; por tanto, el constructor debe tomar las medidas necesarias para prevenir esta pérdida de agua.

210.4.1.4.2 Compactación de la subrasante

210.4.1.4.2.1 Necesidad de compactar la subrasante

En general, siempre se requiere compactar la subrasante en corte, bien sea que esta vaya a servir de apoyo a un terraplén o relleno, o a la estructura misma del pavimento. Sin embargo, en algunas ocasiones los documentos del proyecto pueden indicar expresamente que la subrasante no requiere compactación.

En otras ocasiones, los documentos del proyecto pueden prohibir la compactación de la subrasante.

Cuando la subrasante natural sirve directamente como apoyo de la estructura del pavimento, esta requiere de su compactación en un espesor no menor de quince centímetros (15 cm). Por tanto, si los documentos del proyecto indican que la subrasante natural no requiere compactación o especifican que se prohíbe compactarla, el diseño debe tener previsto al menos una capa de mejoramiento compactada, con espesor mínimo de veinte centímetros (20 cm) (material de aporte sin estabilizar o estabilizado, o estabilización de la parte superior de la subrasante), para ser construida encima de la subrasante natural. Si el diseño no prevé esta capa de mejoramiento sobre la subrasante sin compactar, el interventor puede ordenar al constructor su

construcción en el espesor que juzgue conveniente, previa excavación de un espesor igual de material de subrasante para conservar las cotas del proyecto. En este caso, tanto la excavación como la construcción de la capa de mejoramiento se deben pagar según los ítems que resulten aplicables.

210.4.1.4.2.2 Procedimiento de compactación de la subrasante

Los documentos del proyecto deben indicar la profundidad y el grado de compactación requeridos para la subrasante.

Si no lo indican, el procedimiento debe ser, como mínimo, el siguiente: al alcanzar el nivel de subrasante en la excavación, se debe escarificar en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación definidas en el numeral 210.5.2.2 en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm).

En caso de presencia de suelos especiales, como cenizas volcánicas, suelos blandos, suelos expansivos o suelos orgánicos, se deben atender las indicaciones particulares contenidas en los documentos del proyecto.

En caso de que los documentos del proyecto no tengan indicados estos tipos de materiales, se debe efectuar una evaluación geotécnica por parte del constructor con aprobación del interventor para determinar el debido proceso que se debe tener con estos materiales (esto incluye una posible Zona de Disposición de Materiales de Excavación [ZODME]). En este caso, las actividades que considere convenientes el interventor se deben pagar según los ítems que resulten aplicables. Cualquier decisión que se tome con respecto a estos tipos de subrasantes especiales debe quedar consignada en el libro de obra (bitácora), así como los documentos técnicos que sustenten las acciones a seguir. En cualquier caso, se deben garantizar las condiciones de servicio y durabilidad con las que se concibió el proyecto.

Un suelo se considera expansivo de acuerdo con los criterios consignados en la norma de ensayo INV E-132.

Se considera que el material posee características orgánicas cuando el contenido de materia orgánica, en masa, supera el dos por ciento (2 %) determinado según la norma INV E-121 o UNE 103204. Estas normas incluyen como materia orgánica todas las sustancias oxidables existentes en la muestra ensayada, por tanto, cuando las sustancias oxidables no orgánicas puedan influir de forma importante sobre los resultados obtenidos, el interventor puede autorizar que el contenido de materia orgánica se obtenga descontando los materiales oxidables no orgánicos, determinados según el método explícitamente aprobado por este.

La norma INV E-121 emplea el método de obtención por ignición el cual, en algunos materiales, puede arrojar resultados mayores debido a la calcinación parcial de algunos minerales a la temperatura de ensayo. La norma UNE 103204 describe un método químico para la obtención de la materia orgánica por lo que puede ser usado en los casos en los que se sospecha menor confiabilidad de los métodos por ignición. Cuando se cuente con los resultados de ambos métodos se debe dar prioridad a los obtenidos mediante métodos químicos.

210.4.1.5 Excavaciones en roca

Los procedimientos, los tipos y las cantidades de explosivos y equipos que el constructor proponga utilizar, deben estar aprobados previamente por el interventor, así como la secuencia y la disposición de las voladuras, las cuales se deben proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados. El constructor debe garantizar la dirección y la ejecución de las excavaciones en roca, utilizando personal que tenga amplia experiencia en trabajos similares.

La aprobación dada por el interventor no exime al constructor de la obligación de tomar las medidas de protección y seguridad necesarias para evitar daños al resto de la obra o a terceros. Es obligación del constructor, cumplir toda la reglamentación vigente.

Toda excavación en roca se debe profundizar quince centímetros (15 cm) por debajo de las cotas de subrasante. Las áreas sobreexcavadas se deben rellenar y conformar con material seleccionado proveniente de las excavaciones, con material de relleno seleccionado o con material de subbase granular, según lo indiquen los documentos del proyecto o lo apruebe el interventor.

Cualquier roca situada en los límites de la excavación, o fuera de ellos, que hubiese sido golpeada, aflojada, o de alguna manera dañada por las voladuras u otras causas, debe ser removida hasta asegurarse que no queden trozos inestables. No deben quedar depresiones que dejen zonas colgadas, aunque se muestren firmes a simple vista.

La superficie final de la excavación en roca se debe encontrar libre de cavidades que permitan la retención de agua y debe tener, además, pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial.

Se debe cuidar especialmente la subrasante que se establezca en los desmontes en roca, esta debe presentar una superficie que permita un perfecto drenaje sin encharcamientos. En los casos en que por efecto de la voladura se generen zonas sin desagüe, estas se deben rellenar mediante la aplicación de hormigón de saneo que genere la superficie de la subrasante, de acuerdo con los planos establecidos para las mismas y con las tolerancias previstas en los documentos del proyecto, sin ser estas operaciones objeto de pago por parte de INVÍAS.

Si los desperfectos que se puedan presentar son imputables a la ejecución inadecuada realizada o el incumplimiento de las instrucciones del interventor, el constructor es el responsable de los daños ocasionados. Lo mismo cabe indicar respecto a posibles bloques caídos del talud sobre cunetas o desagües, situadas al pie del talud.

Para el uso de explosivos, se debe cumplir la reglamentación vigente para el control de las labores mineras subterráneas y a cielo abierto, en especial lo estipulado en los decretos 1886 de 2015 y 2222 de 1993, respectivamente. Además, se debe garantizar el mínimo daño posible para los entornos cercanos, así como para evitar efectos secundarios negativos para la obra. Antes de usar los explosivos, se debe notificar con anticipación a los propietarios o vecinos de los puntos donde se debe hacer uso de estos. El interventor debe dar aval a la continuación de los trabajos luego de garantizar que se ha informado a los vecinos de la zona.

210.4.1.5.1 Plan de voladura

Para la ejecución de voladuras, se debe presentar al interventor un plan para cada actividad que requiera de algún tipo de explosión o detonación, al menos dos semanas antes del inicio de las operaciones de perforación y voladura. Este plan debe proporcionar la siguiente información:

- Descripción de la operación de voladura propuesta.
- Criterios preliminares de diseño para la producción y las voladuras controladas, incluidas las profundidades y los patrones de los agujeros de voladura.
- Detalles sobre los explosivos propuestos y los accesorios de explosión.
- Distancia mínima para la ubicación de la estación para la voladura propuesta, incluida la elevación del banco, si corresponde.
- Fecha y hora de las actividades de cada una de las voladuras propuestas.
- Indicar si se requiere de la remoción de sobrecarga, cuando la actividad la exija.
- Planos escalados en planta y en sección transversal del patrón de perforación propuesto para orificios de voladura controlados y generados, incluidas las filas de amortiguación, la cara libre, la carga, el espaciado de los orificios de voladura, los diámetros de los agujeros de voladura, los ángulos de los agujeros de voladura, la altura de elevación y la profundidad del taladro.
- Diagrama de carga que muestra el tipo y la cantidad de explosivos, cebadores e iniciadores, la ubicación, la profundidad y el tipo de derivación.
- Secuencia de iniciación de agujeros de voladura controlados y de producción, incluidos los tiempos de demora y el sistema de demora.
- Hojas de vida suministradas por los fabricantes de los explosivos, cebadores e iniciadores que se van a utilizar.
- Medidas de seguridad para la obra y terceros.

El plan de voladura debe ser entregado al interventor para su revisión y aprobación. El interventor debe estar en capacidad de revisar, y así mismo, proporcionar los comentarios que crea convenientes al constructor. El constructor debe enviar el plan de voladura con las correcciones necesarias para su revisión final y aprobación.

No se debe proceder con las operaciones de perforación y voladura relacionadas con el plan de voladura, sin que el interventor lo haya aprobado con anterioridad. Si la autoridad ambiental o gubernamental determina que las operaciones de voladura bajo los métodos empleados están causando daños a las vecindades o a los ambientes naturales, se debe proteger la propiedad dentro y más allá de la servidumbre.

Se debe ajustar, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

210.4.1.5.2 Registros de voladuras

El constructor debe realizar un registro de voladuras, que se debe enviar al interventor cada vez que se ejecute alguna de ellas. En dicho registro se debe suministrar la siguiente información:

- Dimensiones reales de la explosión, incluidos los diámetros y las profundidades de

los agujeros de voladura, la carga, el espaciado, las profundidades de taladrado, el tallo, las cargas de polvo, los factores de polvo y el tiempo de duración.
- Un esquema que muestre la dirección de la cara y el diseño de la explosión.
- La ubicación de la explosión, en relación con las dimensiones del proyecto.
- La fecha y la hora de carga y detonación.
- El nombre y la firma de la persona responsable de cargar y ejecutar.
- Comentarios del detonador a cargo con respecto a fallas de encendido, ocurrencias de la voladura de roca, resultados, efectos inusuales y daños a instalaciones existentes, propiedades adyacentes, vecindades y alteraciones no previstas.
- Resultados de monitoreo de vibración y velocidad de onda generados.
- Cualquier queja o comentario recibido debido a la voladura.

210.4.1.5.3 Seguridad en el manejo de explosivos

Se deben tener las siguientes consideraciones para la ejecución de las labores de voladuras:

- Solo las personas autorizadas y calificadas con base en la capacitación y la experiencia deben manejar y usar explosivos.
- Ninguna persona debe fumar, llevar fósforos u otros dispositivos productores de llama, o llevar armas de fuego o cartuchos cargados mientras se encuentre en un vehículo motorizado o cerca de este, que transporta explosivos, así como en los lugares de su disposición.
- Se debe mantener un registro de explosivos en todo momento. Los explosivos se deben almacenar y encerrar en una instalación adecuada avalada por el interventor hasta que se usen en voladuras.
- Cuando sea necesario, el Plan de Manejo de Tránsito (PMT) de los trabajos debe garantizar que se tengan reguladores de transito con señalización adecuada al momento de las detonaciones.
- Antes de comenzar el retiro de material luego de la voladura, se debe hacer una observación de toda el área durante, al menos, cinco minutos (5 min) después de cada explosión. Se deben retirar las rocas potencialmente peligrosas u otro material ubicado más allá de los límites de excavación que se haya visto afectado por la voladura. Se deben detener las operaciones de voladura, si las pendientes requeridas no son estables, o si la seguridad del público en general está en peligro.

210.4.1.5.4 Prevención del daño de estructuras cercanas

Para cada corte que requiera voladuras, se debe realizar un estudio de riesgo por vibración en edificios cercanos, estructuras de servicios públicos, suministro de agua y alcantarillado, o áreas ambientalmente sensibles que puedan estar en riesgo por las detonaciones. A partir del estudio, el interventor es quien debe avalar que el plan de voladura no genere riesgo de afectación a las estructuras cercanas.

210.4.1.5.5 Secciones de prueba de voladuras

Se debe garantizar la idoneidad del plan de voladura propuesto, a partir de una o varias secciones de prueba de voladura por cada material geológico. Para proyectos que involucren múltiples cortes en materiales geológicos similares, el constructor puede reducir

el requisito en una sección de prueba de voladura en cada corte con previa autorización del interventor. Las secciones de prueba de voladura incluyen secciones de corte de perforación, voladura y excavación de aproximadamente cuarenta metros (40 m) de largo para determinar la combinación óptima de método, espacio entre agujeros de voladura y carga. Cuando las condiciones del campo lo justifiquen, el interventor puede ordenar al constructor que use secciones de prueba de menos de treinta metros (30 m) de largo.

Para realizar la prueba de los requisitos del plan de voladura haga lo siguiente:

- Realice la sección de prueba de voladura de acuerdo con el numeral 210.4.1.5.1. El plan de voladura de la sección de prueba debe ser entregado al interventor, al menos cuarenta y ocho horas (48 h) antes del tiempo planeado de la voladura. El interventor debe autorizar el plan de voladura para iniciar la sección de ensayo.
- A menos que el plan de voladura indique lo contrario, comience las pruebas con los agujeros de voladura controlados espaciados a setenta centímetros (70 cm).
- Después de la voladura, retire una cantidad suficiente de material de la sección de prueba para determinar si el diámetro del agujero, el espacio entre los agujeros y la cantidad de explosivos son adecuados para los requerimientos de las obras. No continúe perforando hasta que se evalúen los resultados.
- Si durante la sección de prueba, no se producen los resultados esperados, se debe revisar y rediseñar el plan de voladura para la sección de prueba con las diferentes técnicas disponibles hasta que llegue a resultados satisfactorios. Se considera como no satisfactorio cuando:
  - Hay una cantidad excesiva de roturas más allá de las discontinuidades y pendientes indicadas.
  - Hay un desprendimiento excesivo de material.
  - Se producen incumplimientos a otros requisitos presentes en estas especificaciones.
  - Las pendientes son inestables.
  - La seguridad de las personas y la obra está en peligro.
  - Se producen daños en la obra, vecindades o características naturales del lugar.
  - Los niveles de vibración del suelo y explosión de aire exceden los límites establecidos en la Figura 210 — 1.

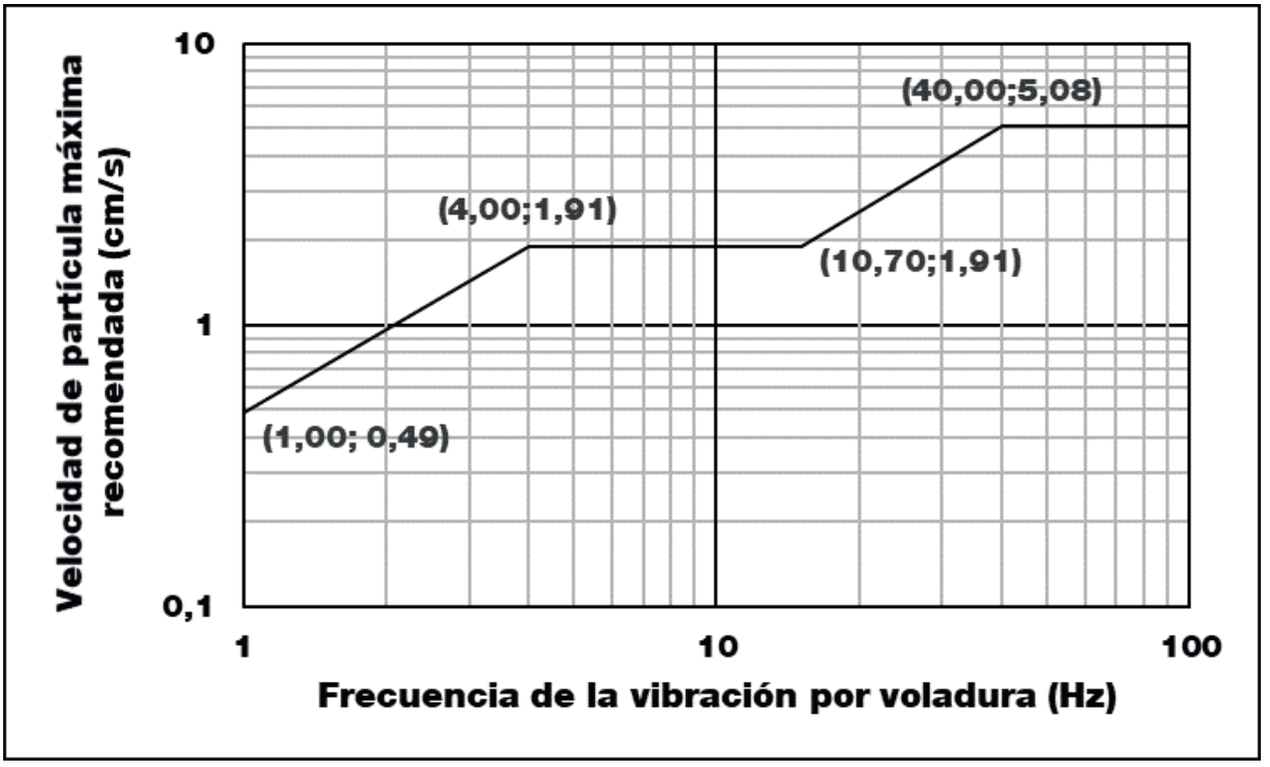


Figura 210 — 1. Velocidad de partícula máxima recomendada a partir de la frecuencia de vibración por voladura

Fuente: Modificado de *New Mexico State Department of Transportation*. (2014).

210.4.1.5.6 Requisitos de una voladura controlada

Para que la ejecución de las voladuras se realice de manera controlada, de acuerdo con los planes de voladura realizados a partir de los resultados aceptables en las secciones de prueba de voladura, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Se debe limpiar la superficie de la roca, cuando el material sobrepuesto no se autosoporte antes de perforar los agujeros de voladura.
- Se deben monitorear mecánicamente los ángulos de los agujeros de explosión con respecto a la horizontal.
- Se deben taladrar agujeros con un diámetro de entre cinco y ocho centímetros (5 cm — 8 cm). Dichos agujeros se deben espaciar de acuerdo con las secciones de prueba de voladura o los resultados obtenidos en materiales geológicos similares. No se debe exceder de noventa centímetros (90 cm).
- Se debe usar el equipo y la técnica adecuados para garantizar que los agujeros de explosión no se desvíen del plano proyectado del talud después de la voladura, que se muestra en el plan de voladura, en más de veinte centímetros (20 cm), en dirección paralela o normal.
- Se deben perforar los agujeros de manera que se tenga la inclinación de la pendiente requerida, hasta la profundidad total del

corte o hasta una elevación determinada previamente. La profundidad máxima de perforación debe ser de nueve metros (9 m). Se deben usar agujeros más bajos, si el control direccional es inadecuado. El largo de los agujeros se puede incrementar gradualmente, una vez que sean direccionales, y se demuestren resultados de control esperados.

- Se deben perforar orificios guía descargados y sin vástago del mismo diámetro, en el mismo plano, y con la misma tolerancia que los agujeros de explosión controlados.
- No se deben utilizar agujeros horizontales para voladuras controladas.
- Se deben usar cargas explosivas, cordón detonante y otros elementos necesarios para la voladura controlada, de acuerdo con la ficha técnica del producto y las recomendaciones e instrucciones del fabricante.
- Antes de colocar las cargas, se debe asegurar que el orificio esté libre de obstrucciones. De ser necesario, se debe utilizar un cilindro metálico para evitar que las paredes del agujero colapsen.
- Se deben usar solo explosivos estándar fabricados especialmente para el tipo de voladura. No se debe cargar nitrato de amonio y aceite combustible en los agujeros de explosión. Se deben usar explosivos y accesorios de voladura apropiados para las condiciones del agujero de la explosión (incluyendo agua en los agujeros), y necesarios para lograr resultados satisfactorios.
- Se deben ensamblar y fijar los explosivos al cable de detonación, de acuerdo con la ficha técnica del producto y las recomendaciones e instrucciones del fabricante del explosivo.
- La carga inferior en un agujero puede ser mayor que las cargas superiores, pero no lo suficientemente grande como para causar una explosión excesiva. Se debe colocar la carga superior lo suficientemente debajo del collar y lo suficientemente reducida en tamaño para evitar el rompimiento excesivo o perturbación en la superficie del terreno.
- Se debe usar un material seco, angular y granular que pase un tamiz de 9,5 mm (3/8 de pulgada) para detener los agujeros, desde la carga superior hasta el collar del orificio.

En cualquier caso, debe ser responsabilidad del constructor la conservación de la excavación hasta que haya sido rellenada.

210.4.1.5.7 Divulgación de los trabajos y horarios de ejecución de las actividades

Los siguientes requisitos se deben tener en cuenta para la programación y la difusión de la ejecución de las voladuras:

- Coordinar la ejecución de las voladuras con el interventor y notificarlo, con un mínimo de dos horas (2 h) antes de la voladura. Se debe proponer un plazo de una hora (1 h) para la explosión. Por ejemplo, si el constructor notifica al interventor antes de las nueve horas (09 h 00), la explosión puede ocurrir entre las once y las doce horas (11 h 00 – 12 h 00).
- Notificar a los ocupantes de edificios y propietarios de estructuras y servicios públicos, sobre el tiempo y la ubicación de la explosión, al menos setenta y dos horas (72 h) antes de las voladuras.
- Detonar las explosiones a la hora prevista, a menos que el interventor diga lo contrario.

Los trabajos de detonación se deben realizar en un horario comprendido entre las siete y las dieciocho horas (07 h 00 — 18 h 00) para

no intervenir en las actividades nocturnas de las vecindades, a menos que el interventor no lo considere relevante.

210.4.1.6 Transiciones de corte a terraplén y viceversa

En los sitios de transición, la excavación se debe ampliar hasta que el terraplén penetre en ella en toda su sección. En la transición de corte a terraplén y viceversa se deben construir escalones, con el ancho adecuado para el correcto trabajo de los equipos de construcción, de tal forma que se eliminen totalmente eventuales planos de contacto inclinados, que constituyan riesgo de inestabilidad en el terraplén. Tales escalones se deben construir de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor.

210.4.1.7 Ensanche o modificación del alineamiento de calzadas existentes

En los proyectos de mejoramiento de vías donde el afirmado existente se ha de conservar, los procedimientos que utilice el constructor deben permitir la ejecución de los trabajos de ensanche o modificación del alineamiento, evitando la contaminación del afirmado con materiales arcillosos, orgánicos o vegetales. Los materiales excavados se deben cargar y transportar hasta los sitios de utilización o disposición aprobados por el interventor.

Así mismo, el constructor debe garantizar el tránsito y conservar la superficie de rodadura existente.

Si el proyecto exige el ensanche del afirmado existente, las fajas laterales se deben excavar hasta el nivel de subrasante. Posteriormente, a esta capa se le debe dar el tratamiento indicado en el numeral 210.4.1.4.

En las zonas de ensanche de terraplenes, el talud existente se debe cortar en forma escalonada, de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto y las indicaciones del interventor.

210.4.1.8 Taludes

La excavación de los taludes se debe realizar de acuerdo con las dimensiones y los niveles establecidos en los documentos del proyecto con aprobación del interventor. Esta se debe efectuar de forma adecuada para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.

Cuando sea preciso adoptar medidas especiales para la protección superficial del talud, tales como plantaciones superficiales, revestimientos, etc., bien porque estén previstas en los documentos del proyecto o porque sean ordenadas por el interventor, estos trabajos se deben realizar inmediatamente después de la excavación del talud.

En el caso de que los taludes presenten deterioro antes del recibo definitivo de las obras, el constructor debe eliminar los materiales desprendidos o movidos y realizar urgentemente las correcciones complementarias ordenadas por el interventor. Si dicho deterioro es imputable a una mala ejecución de las excavaciones, el constructor es responsable por los daños ocasionados y, por tanto, las correcciones se deben efectuar a su costa.

210.4.2 Excavación de canales

La construcción de los canales, las zanjas de drenaje, las zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de las obras similares y los cauces naturales, se debe efectuar de acuerdo con los alineamientos, las secciones y las cotas indicados en los documentos del proyecto. En general, en esta clase de obras la pendiente longitudinal no debe ser menor de cero coma veinticinco por ciento (0,25 %), salvo que el interventor dé una autorización en sentido contrario por escrito. Las excavaciones se deben iniciar por el extremo aguas abajo de la obra.

Se deben realizar las obras auxiliares requeridas para ejecutar las obras en seco cuando sea posible. En caso de no poder drenar la excavación por gravedad, se debe realizar por bombeo.

Toda desviación de las cotas y las secciones especificadas, especialmente si causa estancamiento de agua o erosión, debe ser subsanada por el constructor, hasta ser aprobada por el interventor, y sin costo adicional para INVÍAS.

Es responsabilidad del constructor la conservación de la excavación para canales hasta que sea recibida y aprobada por el interventor, junto con las demás obras que se estén ejecutando.

Los canales que, de acuerdo con los documentos del proyecto, deban ser ejecutados en el pie del talud, se deben excavar de forma que el terreno afectado no pierda resistencia debido a la deformación de las paredes del canal o a un drenaje defectuoso de este. El canal se debe mantener abierto, el tiempo mínimo indispensable. Cuando se haga uso de material de relleno para mantenerlo abierto, este se debe compactar cuidadosamente. Así mismo, se debe tener especial cuidado en limitar la longitud del canal abierto al mismo tiempo, con el fin de disminuir los efectos antes mencionados.

210.4.3 Disposición de materiales sobrantes provenientes de la excavación

Los materiales sobrantes de la excavación se deben colocar, de acuerdo con las instrucciones del interventor y en zonas aprobadas por este. Se deben usar de preferencia para el tendido de los taludes de terraplenes o para emparejar las zonas laterales de la vía. Se deben disponer de tal forma que no ocasionen ningún perjuicio al drenaje de la carretera o a los terrenos que ocupen, a la visibilidad en la vía ni a la estabilidad de los taludes o del terreno al lado y debajo de la carretera. Todos los materiales sobrantes se deben extender y emparejar, de tal modo que permitan el drenaje de las aguas alejándolas de la vía, sin estancamiento y sin causar erosión, y se deben conformar para presentar una buena apariencia.

En el caso de la excavación por voladura en roca, su ejecución debe proporcionar un destino adecuado definitivo al material resultante del mismo, sin requerir pago para las operaciones de ajuste de la granulometría del material resultante, salvo que dichas operaciones se encuentren incluidas en otra unidad de obra.

Cuando los materiales sobrantes no se puedan emplear en las obras del proyecto, se

deben transportar y disponer en vertederos, conforme a lo indicado en los documentos del proyecto, las especificaciones particulares o las instrucciones del interventor y se debe atender especialmente lo indicado en el artículo 106, Aspectos ambientales.

210.4.4 Excavación en zonas de préstamo

Los materiales adicionales que se requieran para los terraplenes o rellenos del proyecto se deben obtener mediante el ensanche de las excavaciones del proyecto, si ello es posible y está autorizado, o de zonas de préstamo, previamente aprobadas por el interventor.

En la excavación de préstamos se debe seguir todo lo pertinente a los procedimientos de ejecución de las excavaciones de la explanación y canales.

Los préstamos se deben excavar disponiendo las medidas oportunas de drenaje que impidan que se pueda acumular agua en ellos. El material inadecuado se debe depositar de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto o lo que el interventor disponga. Los taludes de los préstamos deben ser estables, y una vez terminada su explotación, se deben acondicionar de forma que no dañen el aspecto general del paisaje y perduren estables en el tiempo. No deben ser visibles desde la carretera terminada, ni desde cualquier otro punto con especial impacto paisajístico negativo, y se debe cumplir la normativa existente respecto de su posible impacto ambiental. En lo posible, se debe contar con un plan de manejo ambiental que recupere las áreas afectadas por las actividades propias del préstamo.

210.4.5 Sobreexcavación

Se considera como sobreexcavación, el retiro o ablandamiento de materiales, por fuera de los alineamientos o las cotas indicados en los documentos del proyecto. Las sobreexcavaciones no se deben pagar y el constructor está obligado a ejecutar a su propia costa los rellenos necesarios por esta causa, de acuerdo con las especificaciones y la aprobación del interventor.

Toda sobreexcavación que haga el constructor, por negligencia o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, corre por su cuenta y el interventor puede suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas. En estos casos, el constructor debe rellenar por su cuenta estas sobreexcavaciones con los materiales y los procedimientos adecuados y aprobados por el interventor de manera que se restauren las condiciones iniciales del sitio.

210.4.6 Hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico

En caso de algún descubrimiento de ruinas prehistóricas, sitios de asentamientos indígenas o de época colonial, reliquias, fósiles, meteoritos u otros objetos de interés arqueológico, paleontológico o minerales de interés comercial o científico durante la ejecución de las obras, el constructor debe tomar de inmediato medidas para suspender transitoriamente los trabajos en el sitio del descubrimiento y debe notificar al interventor, quien debe dar aviso a INVÍAS y a la autoridad oficial que tenga a cargo la responsabilidad de investigar y evaluar dichos hallazgos. El

constructor, a pedido del interventor, debe colaborar en su protección.

Cuando la investigación y la evaluación de los hallazgos arqueológicos, paleontológicos y de minerales de interés comercial o científico retrase el avance de la obra, el interventor debe efectuar en conjunto con el constructor, los ajustes pertinentes en el programa de trabajo.

210.4.7 Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el constructor debe limpiar y conformar las zonas laterales de la vía, las de préstamo y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con lo que establezca el plan ambiental y las indicaciones del interventor.

210.4.8 Referencias topográficas

Durante la ejecución de la excavación para explanación, canales y préstamos, el constructor debe mantener, sin alteración, todas las referencias topográficas y las marcas especiales para limitar las áreas de trabajo.

210.4.9 Limitaciones en la ejecución

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

210.4.10 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, todas las labores de excavación de la explanación, canales y préstamos se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

En particular, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cuando se estén efectuando las excavaciones, se debe tener cuidado para que no se presenten depresiones y hundimientos que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales.
- Los materiales sobrantes de las excavaciones se deben disponer conforme lo establece el numeral 210.4.3.
- Si está previsto el revestimiento vegetal de los taludes con material de descapote, este se debe efectuar inmediatamente después de culminada la excavación.
- El material de descapote de las zonas de préstamo debe ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área excavada, reintegrándolo al paisaje.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del

proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

210.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

210.5.1 Controles

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

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo utilizado para la ejecución de los trabajos.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Verificar el alineamiento, el perfil y la sección de las áreas excavadas.
- Comprobar que toda superficie para base de terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia orgánica.
- Verificar la compactación del fondo de la excavación, cuando corresponda.

El interventor debe verificar que el constructor disponga de todos los permisos requeridos. Además, debe medir, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el constructor de acuerdo con la presente especificación.

210.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

210.5.2.1 Acabado

El trabajo de excavación se debe dar por terminado cuando el alineamiento, el perfil y la sección estén de acuerdo con los documentos del proyecto y la aprobación del interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la excavación no debe ser menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no debe variar en más de tres centímetros (3 cm) con respecto a la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo y, en ningún caso, la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

En las cunetas, las cotas de fondo no deben diferir en más de tres centímetros (3 cm) de las proyectadas, así como el relleno de las grietas u oquedades que se pudieron producir en el desarrollo de los trabajos. Así mismo, la excavación debe estar libre de materiales sueltos o materia vegetal.

Es indispensable que la disposición de los residuos de la excavación se haya realizado en la forma y los sitios indicados en los documentos del proyecto.

210.5.2.2 Compactación de la subrasante

Para efectos de la verificación de la compactación de la subrasante que se especifica en el numeral 210.4.1.4.2, se debe definir como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de subrasante compactada en su ancho total.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de subrasante compactada.
- El área de subrasante compactada con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de la subrasante en el terreno se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante, se debe calcular su grado de compactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [210.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [210.2]$$

Donde:

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

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

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 (ensayo normal de compactación) o INV E-142 (ensayo modificado de compactación).

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo, según las normas de ensayo INV E-141 o INV E-142, y corregido por sobretamaños, según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141 o INV E-142).

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

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

Para suelos de subrasante que clasifican como A-1, A-2-4 y A-3, el valor del peso unitario seco máximo se debe obtener según la norma de ensayo INV E-142 y el lote se acepta si:

$$GC_i\,(90) \geq 95{,}0\% \quad [210.3]$$

Para otros materiales de subrasante, el valor del peso unitario seco máximo se debe obtener

según la norma de ensayo INV E-141 y el lote se acepta si:

$$GC_l\ (90) \geq 100{,}0\% \quad [210.4]$$

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la subrasante.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

210.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material excavado en su posición original. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

El material para el relleno de grietas u oquedades se debe determinar con la cantidad de recipientes puestos en obra, tomando como unidad el litro (L) de material de relleno aplicado, con aproximación de cinco décimas (0,5), según su tipo.

Todas las excavaciones para explanación, canales y préstamos deben ser medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversales del proyecto, original o modificado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutado el trabajo de excavación

Si el constructor modifica el perfil de la excavación antes de que el interventor realice la medición, o en el caso en el que el constructor cierre la excavación antes de conformada la medición, se debe entender que se acoge a lo que unilateralmente determine el interventor.

No se deben medir las excavaciones que el constructor haya efectuado por negligencia o por conveniencia por fuera de las líneas de pago del proyecto. Si dicha sobreexcavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, el constructor debe rellenar y compactar los respectivos espacios sin costo adicional para INVÍAS, usando materiales y procedimientos aceptados por el interventor.

En las zonas de préstamo, solamente se debe medir en su posición original los materiales efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes y pedraplenes; alternativamente, se puede establecer la medición de los volúmenes de materiales de préstamo utilizados, en su posición final en la vía, reduciéndolos a su posición original mediante la relación de las densidades secas determinadas por el interventor, teniendo en cuenta la corrección de partículas gruesas establecida por la norma INV E-143, siempre que ella se requiera.

No se debe medir ni autorizar pagos para los volúmenes de material removido de derrumbes, durante los trabajos de excavación de taludes cuando, a criterio del interventor y por

instrucción de este, ellos fueren causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del constructor.

210.7 Forma de pago

El trabajo de excavación se debe pagar al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por este.

El precio unitario para la excavación debe cubrir todos los costos por concepto de excavación, remoción, cargue, acarreo libre, y descargue en la zona de utilización o desecho. Se debe considerar la mano de obra, equipos y herramientas utilizadas.

Debe cubrir, además, los costos de conformación y protección de la subrasante; los costos de compactación de la subrasante cuando corresponda, según se indica en el numeral 210.4.1.4.2; la conformación de las zonas laterales y las de préstamo y disposición de sobrantes; los costos de perforación en roca, precortes, explosivos y voladuras; la excavación de zanjas u obras similares y el mejoramiento de esas mismas obras o de cauces naturales; y la limpieza final.

El constructor debe considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio e instante de utilización.

En las zonas del proyecto donde se deba realizar trabajo de descapote, el precio unitario debe cubrir el almacenamiento de los materiales necesarios para las obras y, cuando ellos se acordonen a lo largo de futuros terraplenes, su posterior traslado y extensión sobre los taludes de estos, así como el traslado y la extensión sobre los taludes de los cortes donde esté proyectada su utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario debe cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el interventor. Para efectos de pago, de los volúmenes de excavación se deben descontar aquellos que se empleen en la construcción de mamposterías, concretos, filtros, y subbases, bases y capas de rodadura tanto de pavimentos asfálticos como de pavimentos rígidos.

En los proyectos de ensanche o de modificación del alineamiento de calzadas existentes, donde se debe garantizar el tránsito, el constructor debe considerar en su precio unitario la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, así como todos los costos por concepto de la conservación de la superficie de rodadura existente.

El precio unitario para la excavación de préstamos debe cubrir todos los costos de desmonte, limpieza y descapote, entendiéndose en este caso como descapote la remoción necesaria de material para acceder al estrato apto de las zonas de préstamo; la excavación, cargue, acarreo libre y descargue de los materiales de préstamo efectivamente utilizados en la construcción de terraplenes o pedraplenes; los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación y de alquiler de las fuentes de materiales de préstamo; el drenaje de las zonas de préstamo, y los costos de adecuación paisajística de las zonas de préstamo para recuperar las

características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el artículo 106, Aspectos ambientales.

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

No debe haber pago por las excavaciones y disposición o desecho de los materiales no utilizados que se hayan obtenido en las zonas de préstamo.

El transporte de los materiales provenientes de las excavaciones a una distancia mayor a cien metros (100 m) de acarreo libre se debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes.

210.8 Ítem de pago

Opción 1: excavación sin clasificar

Ítem	Descripción	Unidad
210.1.1	Excavación sin clasificar de la explanación y canales	Metro cúbico (m^3)
210.1.2	Excavación sin clasificar de préstamos	Metro cúbico (m^3)
210.1.3	Material para el relleno de grietas y oquedades	Litro (L)

Opción 2: excavación clasificada

Ítem	Descripción	Unidad
210.2.1	Excavación en roca de la explanación y canales	Metro cúbico (m^3)
210.2.2	Excavación en material común de la explanación y canales	Metro cúbico (m^3)
210.2.3	Excavación en roca de préstamos	Metro cúbico (m^3)
210.2.4	Excavación en material común de préstamos	Metro cúbico (m^3)
210.2.5	Material para el relleno de grietas y oquedades	Litro (L)

210.9 Glosario

210.9.1 Excavación de la explanación

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas donde se va a fundar la carretera, incluyendo taludes y cunetas, así como la escarificación, la conformación y la compactación de la subrasante en corte.

Además, incluye las excavaciones necesarias para el ensanche o la modificación del alineamiento horizontal o vertical de calzadas existentes.

210.9.2 Excavación de canales

El trabajo comprende las excavaciones necesarias para la construcción de canales, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares existentes y de cauces naturales.

210.9.3 Excavación en zonas de préstamo

El trabajo comprende el conjunto de las actividades para explotar los materiales adicionales a los volúmenes provenientes de la excavación de la explanación, requeridos para la construcción de los terraplenes o los pedraplenes.

Remoción de derrumbes

Artículo 211 – 22

211.1 Descripción

211.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la remoción, el desecho y la disposición o la remoción, el cargue, el transporte hasta la distancia de acarreo libre, el descargue y la disposición de los materiales provenientes del desplazamiento de taludes o de laderas, depositados sobre una vía existente o en construcción, y que se convierten en obstáculo para la utilización normal de la vía o para la ejecución de las obras.

Todo movimiento de tierras correspondiente a un movimiento en masa complejo debe ser acompañado de un geotecnista, para que avale la metodología para la remoción del material.

Un movimiento en masa complejo se define como la unión de dos o más movimientos en masa de los descritos en la clasificación de Varnes (1978).

El trabajo se debe hacer de acuerdo con esta especificación y las instrucciones del interventor, quien debe exigir su aplicación desde la entrega de la vía al constructor, hasta su recibo definitivo.

211.1.2 Clasificación

Si el derrumbe se produce durante la ejecución de los cortes proyectados y dentro de sus límites, su remoción se debe medir y pagar, de acuerdo con el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos. Si procede de áreas fuera de los cortes proyectados o si ocurre antes o después de ejecutar los trabajos de excavación, se debe medir y pagar, de acuerdo con la presente especificación.

Para efectos de esta clasificación, se considera terminado el trabajo de remoción cuando la explanación está acabada, de acuerdo con los documentos del proyecto y las especificaciones, y aprobada por el interventor.

211.2 Materiales

Los materiales por remover son los provenientes del derrumbe.

211.3 Equipo

Los equipos para la remoción de derrumbes están sujetos a la aprobación del interventor y deben ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

211.4 Ejecución de los trabajos

Para la ejecución de los trabajos, el constructor debe realizar un plan de trabajo donde se especifiquen las condiciones y cada una de las acciones por realizar, para la remoción del derrumbe.

211.4.1 Plan de trabajo

El constructor debe realizar un plan de trabajo por cada derrumbe que pretenda remover, donde debe especificar lo siguiente:

- Localización satelital del derrumbe.
- Material del que se compone el derrumbe.
- Contexto geológico-geotécnico en el que se encuentra el derrumbe.
- Descripción de los daños ocasionados (si los hay) que se presentaron por el derrumbe.
- Esquema del derrumbe, donde se evidencie en detalle, la localización y el contexto geológico-geotécnico.
- Descripción del procedimiento para la remoción del derrumbe, sin que se ocasionen nuevos desprendimientos de material.
- Comentarios adicionales del geotecnista, cuando sea requerido.

Cuando, a criterio del interventor y por instrucción de este, se trate de movimientos complejos, el plan debe estar avalado por un geotecnista calificado, para iniciar las actividades de remoción. En el caso en que se requiera con urgencia adelantar los trabajos de remoción del derrumbe, se debe contar con la aprobación del interventor para que el documento sea presentado después de iniciadas las labores de remoción.

211.4.2 Remoción del derrumbe

El constructor debe emprender el trabajo en los sitios afectados de la vía, cuando lo solicite el interventor.

Cuando ocurra un derrumbe, el constructor debe colocar inmediatamente señalización que indique, durante el día y la noche, la presencia del obstáculo, de acuerdo con las disposiciones vigentes del Ministerio de Transporte y del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS); así mismo, es el responsable de mantener la vía transitable.

La remoción del derrumbe se debe efectuar en las zonas indicadas por el interventor y considerando siempre la estabilidad del talud aledaño a la masa de suelo desplazada y de las construcciones vecinas, así como la vida del personal de la obra y las vecindades.

Si el material del derrumbe cae sobre cauces naturales en la zona de la vía, obras de drenaje, subrasantes, subbases, bases y pavimentos terminados, se debe extraer con las precauciones necesarias, sin causar daños a las obras, las cuales se deben limpiar totalmente. Todo daño atribuible por el interventor a descuido o negligencia del constructor debe ser reparado por este, sin costo alguno para INVÍAS.

Si el constructor considera que el material movilizado por el derrumbe puede ser útil para la puesta en obra que esté realizando en ese momento, se deben ejecutar los controles de calidad adecuados, de conformidad con estas especificaciones y las disposiciones legales vigentes, que cumplan con las condiciones de diseño de las estructuras que se

estén realizando. Para la utilización de estos materiales, el interventor, con base en fundamentos técnicos, debe dar el aval para su uso a partir de la evaluación de los mismos.

Los materiales provenientes de los derrumbes se deben disponer de la misma manera que el material sobrante de las excavaciones, conforme se determina en el artículo 210.

211.4.3 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de remoción de derrumbes no se deben realizar en momentos de lluvia ni con posterioridad inmediata a esta.

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

211.4.4 Manejo ambiental

A pesar de la urgencia con la cual se debe desarrollar generalmente esta actividad, y en adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, ella se debe adelantar en cumplimiento de las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Cuando el sitio de disposición de los escombros autorizado no se encuentre en cercanías al sitio de trabajo, el constructor puede hacer un acopio temporal de los materiales, con la debida autorización del interventor. Cuando se realicen acopios temporales, se debe garantizar en todo caso, la estabilidad de los materiales, así como el menor impacto al ambiente posible.

Estrictamente, se debe evitar verter los materiales provenientes del derrumbe en cursos o láminas de agua o en áreas habitadas.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

211.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

211.5.1 Controles

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

- Comprobar el estado y el funcionamiento del equipo empleado en la ejecución de los trabajos.
- Comprobar la calidad del material del derrumbe cuando se quiera poner en obra, de conformidad con estas especificaciones y las disposiciones legales vigentes.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de ejecución de los trabajos.

Cuando el derrumbe haya ocurrido producto de un manejo inadecuado o falta de previsión del constructor, los costos de remoción, desecho, transporte y disposición de los materiales deben correr por su cuenta, sin que INVÍAS o la autoridad correspondiente se vea implicada económicamente, a menos que el interventor justifique detalladamente la razón de la no responsabilidad del constructor.

El interventor debe medir, para efectos de pago, el trabajo ejecutado por el constructor, de acuerdo con la presente especificación.

211.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El trabajo de remoción de derrumbes debe ser aceptado cuando se ejecute de acuerdo con esta especificación y con las indicaciones del interventor, y se complete hasta ser aprobado por este.

La remoción del derrumbe se considera completa cuando la vía se encuentre limpia y libre de obstáculos; de igual forma, que obras de drenaje funcionen normalmente y se realice una adecuación ambiental que mitigue el efecto del suceso ocurrido.

Luego de removido el material, se debe enviar una copia del plan de trabajo a INVÍAS con los comentarios finales del geotecnista, cuando así se considere conveniente por el interventor.

211.6 Medida

La unidad de medida para la remoción de derrumbes debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico entero, de material efectivamente retirado de cualquier parte de la vía.

El volumen de material removido, desechado y dispuesto se debe medir en estado suelto, verificado por el interventor, con base en el número de viajes transportados.

No se deben determinar los volúmenes de derrumbes que, a criterio del interventor, fueron causados por procedimientos inadecuados o por negligencia del constructor.

211.7 Forma de pago

La remoción de derrumbes se debe pagar al precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente, de acuerdo con la presente especificación y aceptado por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos por concepto de remoción, cargue, transporte hasta la distancia de acarreo libre de cien metros (100 m), descargue, desecho y disposición de cualquier material; debe incluir, también, los costos por mano de obra, señalización preventiva de la vía, control del tránsito automotor, limpieza y restablecimiento del funcionamiento de las obras de drenaje obstruidas por los materiales de derrumbe.

No se deben autorizar pagos para los volúmenes de material de derrumbes, si los materiales se descargan sobre obras del proyecto o en áreas no autorizadas por el interventor.

Tampoco se deben autorizar pagos para los volúmenes de material de derrumbes, causados por procedimientos inadecuados o negligencia del constructor.

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

El transporte de material de derrumbe a una distancia mayor de cien metros (100 m) de acarreo libre, se debe medir y pagar de acuerdo con el artículo 900, Transporte de Materiales provenientes de excavaciones y derrumbes.

En caso de utilizar el material de derrumbe como material de obra, este debe ser descontado del ítem de pago, de acuerdo con el fin para el cual se vaya a emplear. Con esto, se busca que no se cobre doble vez por un material que debe ser puesto en obra, independientemente de la calidad que este tenga.

211.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
211.1	Remoción de derrumbes	Metro cúbico (m^3)

Terraplenes

Artículo 220 – 22

220.1 Descripción

220.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la extensión y la compactación por capas, de los materiales cuyas características se definen en el numeral 220.2 de este artículo, en zonas de dimensiones controladas que permitan, de forma sistemática, utilizar maquinaria pesada con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente la estructura de pavimento de una carretera, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Su ejecución comprende las siguientes operaciones, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, descapote y retiro del material inadecuado, demolición, drenaje y subdrenaje:

- Preparación de la superficie de apoyo para el relleno mediante escarificación, nivelación o compactación.
- Extensión de los materiales adecuados, de acuerdo con esta especificación para cada capa y zona del terraplén.
- Humedecimiento o secado de los materiales de la capa.
- Conformación y compactación de cada capa del terraplén.

220.1.2 Partes del terraplén

En los rellenos tipo terraplén se distinguen cuatro partes, cuya geometría es definida por el proyecto:

- Corona (capa subrasante): parte superior del terraplén en la cual se apoya la estructura de pavimento. Debe tener un espesor de cincuenta centímetros (50 cm), salvo cuando los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- Cimiento: parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Debe tener un espesor mínimo de un metro (1 m) salvo cuando los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- Núcleo: parte del relleno tipo terraplén comprendida entre el cimiento y la corona.
- Espaldón: parte exterior del relleno tipo terraplén que, ocasionalmente constituye o forma parte de los taludes de este. El material del espaldón debe envolver lateralmente el núcleo protegiéndolo de los agentes externos. No forman parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural entre los cuales se consideran plantaciones, cubierta de tierra vegetal, protecciones antierosión, etc.

220.2 Materiales

220.2.1 Requisitos de los materiales

Los materiales que se empleen para la construcción de terraplenes deben provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas por el interventor. Sus características deben estar determinadas, de acuerdo con su uso en diferentes zonas del terraplén, garantizando en todos los casos la puesta en obra en condiciones aceptables, la estabilidad de la obra y deformaciones tolerables, a corto y largo plazo para las condiciones de servicio del proyecto.

Además de los suelos naturales, se pueden utilizar en terraplenes los productos procedentes de procesos industriales o de manipulación humana, siempre que cumplan las especificaciones de este artículo y que sus características fisicoquímicas garanticen la estabilidad presente y futura del conjunto. Cuando se empleen bloques de concreto reciclado como materiales para la construcción, estos se deben reducir a un tamaño máximo de veinticinco centímetros (25 cm) y no deben tener acero protuberante en más de uno coma cinco centímetros (1,5 cm) de su superficie. En todo caso se debe aplicar lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del constructor y los debe realizar, de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, teniendo como referencia las especificaciones del proyecto o los requisitos establecidos en la presente especificación.

Se deben cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto o en caso de no estar definidos, se deben cumplir los requisitos expuestos en el numeral 220.2.2 de este artículo.

220.2.2 Clasificación de materiales

Desde el punto de vista de sus características intrínsecas, los materiales se clasifican en los siguientes tipos (todos los valores porcentuales indicados, salvo que se especifique lo contrario, se refieren a porcentaje en peso):

220.2.2.1 Suelos seleccionados

Se deben considerar suelos seleccionados aquellos que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al cero coma dos por ciento ($MO < 0{,}2$ %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua inferior al cero coma dos por ciento ($SS < 0{,}2$ %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a cien milímetros ($D_{máx} \leq 100$ mm) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40) menor o igual al quince por ciento ($PP_{40} \leq 15$ %) según la norma INV E-123 o que en caso contrario cumpla todas las siguientes condiciones:
  - Porcentaje que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro. 10) menor del ochenta por ciento ($PP_{10} < 80$ %) según la norma INV E-123.
  - Porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), menor del setenta y cinco por

ciento (PP_{40} < 75 %) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) inferior al veinticinco por ciento (PP_{200} < 25 %) según la norma INV E-123.
- Límite líquido menor de treinta por ciento (LL < 30 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Índice de plasticidad menor de diez por ciento (IP < 10 %), según las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).

- Material no colapsable según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

220.2.2.2 Suelos adecuados

Se consideran suelos adecuados aquellos que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados y que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al uno por ciento (*MO* < 1 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua inferior al cero coma dos por ciento (*SS* < 0,2 %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a cien milímetros ($D_{máx}$ ≤ 100 mm) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro.10), menor del ochenta por ciento (PP_{10} < 80 %) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) inferior al treinta y cinco por ciento (PP_{200} < 35 %) según la norma INV E-123.
- Límite líquido inferior a cuarenta por ciento (LL < 40 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Si el límite líquido es superior a treinta por ciento (LL > 30 %) el índice de plasticidad debe ser superior a cuatro por ciento (IP > 4 %), según las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).
- Expansión libre en edómetro inferior al dos por ciento (< 2 %), según la norma ASTM D4546.
- Material no colapsable según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

220.2.2.3 Suelos tolerables

Se deben considerar como suelos tolerables aquellos que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados y que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento (*MO* < 2 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en otras sales solubles inferior al uno por ciento (*SS* < 1 %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a ciento cincuenta milímetros ($D_{máx}$ ≤ 150 mm) según la norma INV E-123.
- Límite líquido inferior a sesenta y cinco por ciento (LL < 65 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Si el límite líquido es superior o igual a cuarenta por ciento (LL ≥ 40 %) el índice de plasticidad debe ser mayor de cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido

(IP > 0,73 * (LL - 20%)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1) Por lo tanto, si el límite líquido está entre treinta por ciento y cuarenta por-ciento, (30 % ≤ LL < 40 %), el índice de plasticidad debe ser menor o igual a cuatro por ciento (IP≤ 4 %), según las normas INV E-125 e INV E-126.

- Índice de colapso inferior al uno por ciento (< 1 %), según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).
- Expansión libre en edómetro inferior al tres por ciento (< 3 %), según la norma ASTM D4546.

220.2.2.4 Suelos marginales

Se deben considerar como tales los que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados, adecuados o tolerables, por el incumplimiento de alguna de las condiciones indicadas para estos y que cumplen las siguientes condiciones:

- Porcentaje de material que pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada) mayor al setenta por ciento (> 70 %) o porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) mayor al treinta y cinco por ciento (> 35 %), según la norma INV E-123.
- Contenido en materia orgánica inferior al cinco por ciento (*MO* < 5 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Expansión libre en edómetro inferior al cinco por ciento (< 5 %), según la norma ASTM 4546.
- Límite líquido superior o igual a cuarenta por ciento (LL ≥ 40 %). Si el límite líquido está entre cuarenta por ciento y sesenta y cinco por ciento (40 % ≤ LL < 65 %), el índice de plasticidad debe ser menor o igual a cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido (IP ≤ 0,73 * (LL - 20 %)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126. Si el límite líquido es superior a noventa por ciento (LL > 90 %), el índice de plasticidad debe ser inferior a cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido (IP < 0,73 * (LL - 20 %)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).

220.2.2.5 Suelos inadecuados

Se deben considerar suelos inadecuados:

- Los que no se puedan incluir en las categorías anteriores (ver Figura 220-1).
- Las turbas y otros suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos.
- Los que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre los mismos se desarrollen.

220.2.3 Empleo según zonas del terraplén

De acuerdo con las disposiciones del numeral 220.2.1 y la clasificación de materiales del numeral 220.2.2 del presente artículo, los materiales por emplear en las diferentes zonas del terraplén deben ser los siguientes, a menos que los documentos del proyecto indiquen lo contrario:

220.2.3.1 Corona

Se deben utilizar suelos adecuados o seleccionados siempre que su capacidad de soporte cumpla los requisitos técnicos del proyecto y su índice CBR, correspondiente a

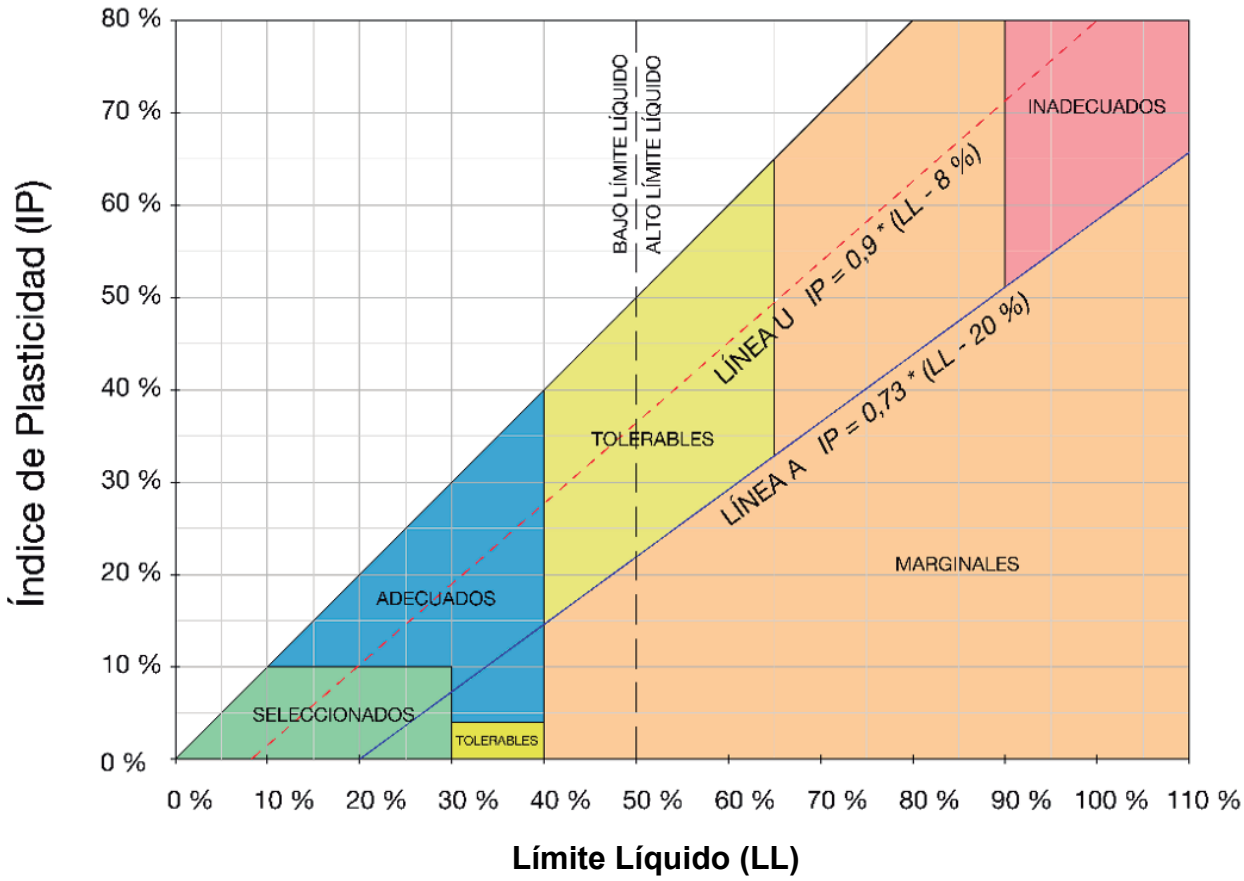


Figura 220 — 1. Criterios de clasificación de materiales según Plasticidad
Fuente: Realizada con base en Dirección General de Carreteras (2002), en Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carretera y Puentes (PG-3).

las condiciones de compactación de puesta en obra, sea como mínimo de cinco (CBR ≥ 5), según la norma INV E-148.

En esta zona no se deben usar suelos tolerables, marginales, expansivos o colapsables. Cuando bajo la corona exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles, según la norma INV E-158, mayor del dos por ciento (2 %), la corona debe evitar la infiltración de agua hacia el resto del terraplén, mediante la compactación y el tipo de material o mediante la utilización de medidas complementarias.

220.2.3.2 Cimiento

En el cimiento se deben utilizar suelos tolerables, adecuados o seleccionados siempre que las condiciones de drenaje o estanqueidad lo permitan, que las características del terreno de apoyo sean adecuadas para su puesta en obra y siempre que el índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres (CBR ≥ 3), según la norma INV E-148.

220.2.3.3 Núcleo

Se deben utilizar suelos tolerables, adecuados o seleccionados, siempre que su índice

CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres (CBR ≥ 3), según la norma INV E-148.

La utilización de suelos marginales o de suelos con índice CBR menor de tres (CBR < 3) debe estar condicionada por problemas de resistencia, deformabilidad y puesta en obra, por lo que su empleo se debe justificar mediante un estudio especial, aprobado por el interventor, conforme a lo indicado en el numeral 220.2.4 de este artículo. La posible utilización de suelos colapsables, expansivos, con sales solubles, con materia orgánica o de cualquier otro tipo de material marginal (según la clasificación del numeral 220.2.2), se debe regir por lo indicado en el numeral 220.2.4 de este artículo.

220.2.3.4 Espaldones

Se deben utilizar materiales que satisfagan las condiciones que defina el proyecto, en cuanto a impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.

No se deben usar en estas zonas suelos marginales expansivos o colapsables, según lo definido en el numeral 220.2.4 de este artículo.

Cuando en el núcleo exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles, según la norma INV E-158, mayor del dos por ciento (2 %), los espaldones deben evitar la infiltración de agua hacia el núcleo bien por la naturaleza y la compactación del material o mediante la adopción de medidas complementarias.

220.2.3.5 Materiales estabilizados

En el cimiento, núcleo y corona del terraplén, se pueden emplear materiales estabilizados o mejorados, mediante métodos técnicamente reconocidos que cuenten con especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). En ausencia de ellas se puede recurrir al procedimiento indicado en el numeral 101.1 del artículo 101, Documentos de referencia y consulta, siempre y cuando los procedimientos de estabilización, mejora o secado cuenten con el aval del interventor. En todo caso, se debe verificar que se cumplan las especificaciones de desempeño de los documentos del proyecto y los requisitos de índice de CBR, expansividad y colapso descritos en los anteriores numerales. Para los materiales estabilizados o mejorados con cemento o cal se aplican, respectivamente, las disposiciones de los artículos 235, Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento, y 236, Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cal, de las presentes especificaciones.

220.2.4 Precauciones especiales para el uso de materiales marginales

Los suelos marginales, definidos en el numeral 220.2.2 de este artículo, se pueden utilizar en algunas zonas de la obra, siempre que su uso se justifique mediante un estudio especial, aprobado por el interventor.
Este estudio de usos de materiales marginales debe contemplar explícitamente y con detalle, al menos los siguientes aspectos:

- Determinación y valoración de las propiedades que confieren al suelo su carácter marginal.

- Influencia de dichas características en los diferentes usos del suelo dentro de la obra. Posible influencia en el comportamiento o evolución de otras zonas o elementos de la obra.
- Estudio detallado donde se indiquen las características resistentes del material y los asentamientos totales y diferenciales esperados, así como la evolución futura de estas características.
- Conclusión justificada de los posibles usos del material en estudio.
- Cuidados, disposiciones constructivas y prescripciones técnicas por adoptar para los diferentes usos del suelo dentro de la obra.

En ningún caso se deben emplear suelos marginales un metro (1 m) bajo el nivel superior de la corona o los taludes del terraplén. En los siguientes numerales se detallan algunas consideraciones sobre el uso de distintos tipos de suelos en los terraplenes.

220.2.4.1 Suelos colapsables

Se deben considerar suelos colapsables aquellos en los que una muestra remoldeada y compactada con la densidad y el contenido de agua del ensayo normal de compactación, según la norma INV E-141, sufra un asiento superior al uno por ciento (1 %) de la altura inicial de la muestra cuando se ensaye según la norma INV E-157 y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

Los suelos colapsables no se deben usar en la corona ni en los espaldones. Su uso en el núcleo y en el cimiento debe estar sujeto a un estudio especial que, teniendo en cuenta la funcionalidad del terraplén, el grado de colapsabilidad del suelo, las condiciones climáticas y de niveles freáticos, defina las disposiciones y cuidados por adoptar para su uso.

Se recomienda compactar estos suelos ligeramente del lado húmedo, en relación con el contenido de agua óptimo del ensayo de compactación de referencia. No obstante, el método de compactación definitivo debe ser definido en el estudio especial aprobado por el interventor.

220.2.4.2 Suelos expansivos

Se consideran suelos expansivos aquellos en los que en una muestra remoldeada y compactada con la densidad y contenido de agua óptimos del ensayo normal de compactación, según la norma INV E-141, supere un hinchamiento libre del tres por ciento (3 %) según la norma ASTM D4546.

Los suelos expansivos así definidos, no se deben utilizar en coronación ni en los espaldones ya que en estas zonas son más pronunciadas las variaciones estacionales del contenido de agua. Si resultara inevitable su empleo en el núcleo, se debe realizar un estudio especial que defina las disposiciones y los cuidados por adoptar durante la construcción, teniendo en cuenta la funcionalidad del relleno tipo terraplén, las características de permeabilidad de la coronación y espaldones, el hinchamiento libre y las condiciones climáticas.
No se puede usar en ningún caso aquellos suelos cuyo hinchamiento libre, sea superior al cinco por ciento (5 %).

Se recomienda compactar estos suelos ligeramente del lado húmedo, en relación con el contenido de agua óptimo del ensayo de compactación de referencia. No obstante, el

método de compactación definitivo debe ser definido en el estudio especial aprobado por el interventor.

220.2.4.3 Suelos con sales solubles

La utilización de materiales con sales solubles en agua debe ser la siguiente, de acuerdo con su contenido:

- Menor del cero coma dos por ciento (0,2 %): utilización en cualquier zona del terraplén.
- Entre el cero coma dos y el uno por ciento (0,2 % — 1 %): utilización en el núcleo del terraplén, sin necesidad de tomar precauciones especiales en coronación y espaldones.
- Mayor del uno por ciento (1 %): se requiere un estudio especial, aprobado expresamente por el interventor de las obras.

220.2.4.4 Suelos con materia orgánica

El contenido de materia orgánica se debe determinar según la norma INV E-121 o UNE 103204. Estas normas incluyen como materia orgánica todas las sustancias oxidables existentes en la muestra ensayada, por tanto, cuando las sustancias oxidables no orgánicas puedan influir de forma importante sobre los resultados obtenidos, el interventor puede autorizar que el contenido de materia orgánica se obtenga descontando los materiales oxidables no orgánicos, determinados según el método explícitamente aprobado por este.

La norma INV E-121 emplea el método de obtención por ignición, el cual en algunos materiales puede arrojar resultados mayores debido a la calcinación parcial de algunos minerales a la temperatura de ensayo. La norma UNE 103204 describe un método químico para la obtención de la materia orgánica por lo que puede ser usado en los casos en los que se sospecha menor confiabilidad de los métodos por ignición. Cuando se cuente con los resultados de ambos métodos, se debe dar prioridad a los obtenidos mediante métodos químicos. En rellenos tipo terraplén de hasta cinco metros (5 m) de altura, se puede admitir en el núcleo materiales con hasta un cinco por ciento ($MO \leq 5$ %) de materia orgánica, siempre que las deformaciones previsibles se hayan tenido en cuenta explícitamente en el proyecto.

Para terraplenes de más de cinco metros (5 m) de altura, el uso de suelos con porcentaje de materia orgánica superior al dos por ciento ($MO > 2$ %) se debe justificar con un estudio especial, aprobado por el interventor.

En la corona, el contenido de materia orgánica debe ser inferior al uno por ciento ($MO < 1$ %).

220.3 Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de terraplenes debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, y en cumplimiento de las exigencias de la presente especificación. Es responsabilidad del constructor su selección.

Dicho equipo debe ser mantenido en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo

y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo, en tanto que el constructor corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, son responsabilidad del constructor.

220.4 Ejecución de los trabajos

220.4.1 Generalidades

Los trabajos de construcción de terraplenes se deben efectuar siguiendo los procedimientos contemplados en los documentos del proyecto puestos a consideración del interventor y aprobados por este. Su avance físico se debe ajustar al programa de trabajo. Cuando los documentos del proyecto no especifiquen procedimientos se deben entender como requisitos mínimos los dispuestos en esta especificación.

Si los trabajos de construcción o ampliación de terraplenes afectan el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el constructor es responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.
Cuando se haya programado la construcción de las obras de arte previamente a la elevación del cuerpo del terraplén, no se debe iniciar la construcción de este antes de que las alcantarillas y los muros de contención se terminen en un tramo no menor de quinientos metros (500 m) adelante del frente del trabajo, en cuyo caso se deben concluir también, en forma previa, los rellenos de protección que tales obras necesiten.

220.4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, deben estar terminadas las labores de desmonte y limpieza, según se especifica en el artículo 200, Desmonte y limpieza; y las demoliciones de estructuras que se requieran, según se especifica en el artículo 201, Demolición y remoción.

Se debe excavar y retirar la capa vegetal y todo material inadecuado, según el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos. También se deben implementar las medidas de drenaje definitivo indicadas en los documentos del proyecto y de drenaje provisional contempladas por el constructor en su método constructivo. Si las condiciones del sitio requieren medidas adicionales para garantizar la estabilidad del terraplén, el interventor debe determinar los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base según los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 600, Excavaciones varias; y 673, Subdrenes con geotextil y material granular.

Cuando el terreno base esté limpio y drenado satisfactoriamente, se debe escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). En el caso de terraplenes cimentados sobre afirmados o pavimentos existentes, se deben escarificar al menos diez centímetros (10 cm) del material, el cual se debe reducir hasta alcanzar tamaños máximos de diez centímetros (10 cm), para luego regarse, mezclarse y compactarse. Cuando el terreno de fun-

dación sea roca o terreno rocoso, se debe fundar el terraplén directamente sobre este, en su estado natural.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se debe cortar en forma escalonada, de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo. Este procedimiento es obligatorio en pendientes transversales mayores de veinte por ciento (20 %).

Dado que las operaciones de desbroce, escarificado y escalonado de las pendientes dejan la superficie de terreno fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos, estos trabajos no se deben llevar a cabo sino hasta el momento previsto y en las condiciones oportunas, para reducir al mínimo el tiempo de exposición, salvo que se recurra a protecciones de la superficie.

Cuando lo señale los documentos del proyecto, la capa superficial de suelo existente que cumpla lo estipulado en el numeral 220.2, se debe mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.
En general y especialmente en las medias laderas donde, a corto y largo plazo, se prevea la presencia de agua en la zona de contacto del terreno con el relleno, se deben ejecutar las obras necesarias, recogidas en el proyecto, para mantener drenado dicho contacto.

Si el terraplén debe ser construido sobre turba o suelos blandos, se debe asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales. Si lo anterior fuera impráctico, se debe considerar su tratamiento previo y consolidación, o la utilización de otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, con el fin de resistir los esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado.

Si se encuentra considerado en los documentos del proyecto, la superficie de apoyo se puede preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se debe construir el cuerpo del terraplén. La colocación de los geosintéticos se debe realizar de conformidad con los documentos del proyecto y siguiendo las disposiciones del artículo 232, Estabilización de suelos de subrasante con geotextil.

En casos especiales, cuando los terraplenes se deban construir en zonas pantanosas, se debe colocar material en una (1) sola capa hasta la elevación mínima a la cual pueda trabajar el equipo. Por encima de dicha elevación, el terraplén se debe construir por capas que se deben compactar con los niveles de densificación señalados en el numeral 220.5.2.2.2.

220.4.3 Cuerpo del terraplén

El interventor solo debe autorizar la colocación de materiales de terraplén cuando el terreno base esté adecuadamente preparado, según se indica en el numeral 220.4.2 de este artículo.

El constructor debe colocar estacas espaciadas a no más de veinte metros (20 m) entre sí, que delimiten el pie del terraplén, dejando puntos de referencia, tanto altimétricos como

planimétricos, que permitan en cualquier momento reponer las estacas que se pierdan o deterioren.

Los suelos de escasa o nula cohesión se pueden emplear en la construcción del cuerpo del terraplén, siempre que dicho material quede confinado lateralmente con suelos cohesivos y no erosionables, y que cumplan lo estipulado para suelos seleccionados o adecuados en el numeral 220.2.2, en un ancho mínimo de un metro (1 m) medido horizontalmente desde la línea de talud hacia el cuerpo del terraplén.

El material del terraplén se debe colocar en capas sensiblemente paralelas y de espesor uniforme, el cual debe ser lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Este espesor no debe ser mayor a treinta centímetros (30 cm) antes de la compactación, salvo que se garantice alcanzar las densidades de diseño y el interventor autorice lo contrario. En todos los casos, el espesor de la capa debe ser superior a tres medios (3/2) del tamaño máximo del material a utilizar.

Los materiales de cada capa deben ser de características uniformes. No se debe extender ninguna capa, mientras no se haya comprobado que la subyacente cumple las condiciones de compactación exigidas. Se debe garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí. Cuando se trate de terraplenes nuevos, cada capa debe ser extendida y compactada a todo lo ancho de la sección transversal.

Es responsabilidad del constructor asegurar un contenido de agua que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén. En los casos especiales en que el contenido de agua del material sea considerablemente mayor que el adecuado para obtener la compactación prevista, y el exceso de agua no pueda ser eliminado por el sistema de aireación, el constructor debe proponer y ejecutar los procedimientos más convenientes para reducirlo con previa autorización del interventor.

Obtenido el contenido de agua más conveniente, se debe compactar de manera mecánica la capa. En los cimientos y los núcleos de terraplenes, las densidades secas que alcancen no deben ser inferiores a las mínimas exigidas, de acuerdo con el numeral 220.5.2.2.2.

El trabajo se debe realizar comenzando desde los bordes del terraplén, avanzando hacia el centro con pasadas paralelas traslapadas en, por lo menos, la mitad del ancho de la unidad compactadora. En curvas peraltadas, la compactación debe comenzar en la parte baja y avanzar hacia la más alta.

Toda la superficie debe recibir el número suficiente de pasadas completas para obtener una compactación uniforme en todo el ancho del terraplén, y satisfactoria según las exigencias del numeral 220.5.2.2.2.

Se debe conseguir que todo el perfil del relleno tipo terraplén quede debidamente compactado, para lo cual, se puede dar un sobreancho a la capa del orden de un metro (1 m) que permita el acercamiento del compactador al borde para después recortar el talud. Estos sobreanchos no se deben considerar en la medición de volúmenes para el pago.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas debe tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al cuatro por ciento (4 %), para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar empozamientos. En terraplenes de más de cinco metros (5 m) de altura, y en todos aquellos casos en que sea previsible una fuerte erosión de la superficie exterior del relleno, se deben construir estructuras de conducción que lleven las aguas hasta bajantes dispuestas para controlar las aguas de escorrentía. Se debe proceder asimismo a la adopción de las medidas protectoras del entorno, previstas en los documentos del proyecto o indicadas por el interventor, frente a la acción, erosiva o sedimentaria, del agua de escorrentía.

Las capas susceptibles de saturarse durante la vida del relleno tipo terraplén se deben construir, de acuerdo con los documentos del proyecto, con un material en el que la granulometría impida el arrastre de partículas y en el que las deformaciones que se puedan producir al saturarse sean aceptables para las condiciones de servicio definidas en dichos documentos.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando para la compactación, se deben compactar con equipos apropiados para el caso, en tal forma que las densidades secas obtenidas no sean inferiores a las determinadas en esta especificación para la capa del terraplén que se esté compactando.

220.4.4 Corona del terraplén

Salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares establezcan algo diferente, la corona debe tener un espesor compacto de cincuenta centímetros (50 cm) construidos en, mínimo, dos capas, las cuales se conforman utilizando suelos seleccionados o adecuados, según lo establecido en el numeral 220.2.3. Los suelos se deben humedecer o airear según sea necesario, y se deben compactar mecánicamente hasta obtener los niveles señalados en el numeral 220.5.2.2.2.

Los terraplenes se deben construir hasta una cota superior a la indicada en los documentos del proyecto, en la dimensión suficiente para compensar los asentamientos producidos por efecto de la consolidación y obtener la rasante final a la cota proyectada, con las tolerancias establecidas en el numeral 220.5.2.2.2.

Si por causa de los asentamientos, las cotas de subrasante resultan inferiores a las proyectadas, incluidas las tolerancias indicadas en esta especificación, se debe escarificar la capa superior del terraplén en el espesor que apruebe el interventor y adicionar del mismo material utilizado para conformar la corona, efectuando la homogeneización, humedecimiento o secamiento y compactación requeridos hasta cumplir las cotas de subrasante.

Si las cotas finales de subrasante resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el constructor debe retirar, a sus expensas, el espesor en exceso. Este retiro no puede afectar desfavorablemente ni el grado de

compactación ni la pendiente transversal exigida a esta capa.

En la corona de terraplenes, la densidad seca que se alcance con el proceso de compactación no debe ser inferior a la mínima exigida en el numeral 220.5.2.2.2.

220.4.5 Acabado

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén debe estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias sin peligro de erosión.

Con el fin de disminuir el efecto erosivo del agua sobre los taludes de los terraplenes, estos se deben proteger mediante su empradización, conforme lo establece el artículo 810, Protección vegetal de taludes, o el sistema que indiquen los documentos del proyecto y/o la especificación particular correspondiente.

220.4.6 Estabilidad

El constructor debe responder, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los terraplenes construidos con cargo al contrato y debe sustituir, sin cargo para INVÍAS, cualquier tramo que, a criterio del interventor y por instrucción de este, presente defectos constructivos o deterioros atribuibles al descuido o negligencia del constructor o por causas distintas a las indicadas en el párrafo siguiente.

Si el trabajo se ha hecho adecuadamente conforme a las especificaciones, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor, y resultan daños causados exclusivamente por movimientos inevitables del suelo sobre el que se ha construido el terraplén, por lluvias copiosas que excedan cualquier máximo de lluvias de registros anteriores, derrumbes inevitables, terremotos, inundaciones que excedan la máxima cota de elevación de agua registrada o señalada en los planos, se deben reconocer al constructor los costos por las medidas correctivas, las excavaciones necesarias y la reconstrucción del terraplén. Estos costos no deben ser reconocidos cuando los derrumbes, hundimientos o inundaciones se deban a mala construcción de las obras de drenaje, falta de retiro oportuno de formaletas u obstrucciones derivadas de operaciones deficientes de construcción, imputables al constructor.

220.4.7 Limitaciones en la ejecución

La construcción de terraplenes solo se debe llevar a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente no sea inferior a dos grados Celsius (2 °C). El interventor debe tener en cuenta la influencia de las lluvias antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

Se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no resulta posible, se debe eliminar el espesor de las capas que, a criterio del interventor y por instrucción de este, haya sido afectado negativamente por el tránsito. No se debe permitir que, sobre las capas que han sido liberadas se acopie material fresco para ser trasladado a otras zonas del terraplén, en caso de que sea necesario, se deben extender plásticos para evitar saturación de la capa que ya ha sido recibida.

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

220.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las determinaciones referentes a la construcción de terraplenes deben ser tomadas considerando la conservación del ambiente y los recursos naturales, y las normas y disposiciones vigentes sobre los particulares.

Especialmente, se debe prestar atención al correcto funcionamiento de los dispositivos de drenaje y a la protección vegetal de los taludes para evitar erosiones y arrastre de partículas sólidas.
Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

220.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

220.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 220.2.
- Verificar la compactación de todas las capas del terraplén.
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

220.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

220.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se deben determinar los parámetros indicados en los numerales 220.2.2 y 220.2.3. La totalidad de los resultados debe satisfacer las exigencias señaladas en el texto, según el tipo de suelo, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las descargas de los materia-

les y debe ordenar el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, debe efectuar las verificaciones periódicas de la calidad del material que se indican en la Tabla 220 — 1.

debe ser de tres a dos (3:2) (H:V), salvo indicación distinta en los documentos del proyecto. El ancho de la plataforma del terraplén a nivel de subrasante se debe ajustar a las dimensiones establecidas en los perfiles tipo del proyecto. No obstante, se puede aceptar un sobreancho de hasta cero coma quince metros (0,15 m) respecto a la línea teórica del

Tabla 220 — 1. Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Granulometría	INV E-123	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	Una (1) vez a la semana
Límite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	INV E-126	Una (1) vez por jornada
CBR de laboratorio, con expansión	INV E-148	Una (1) vez por semana
Ensayo de expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por semana (Nota)
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Contenido de sales solubles	INV E-158	Una (1) vez a la semana

Nota: el ensayo de expansión libre se debe ejecutar semanalmente para caracterizar la expansión de los materiales marginales que se contemplen en el terraplén. En otros tipos de material su ejecución se puede reducir a una (1) vez al mes o suspender, previa aprobación del interventor.

220.5.2.2 Calidad del producto terminado

220.5.2.2.1 Acabado

Cada capa terminada de terraplén debe presentar una superficie uniforme y ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deben acusar irregularidades a la vista.

Los taludes de los terraplenes deben tener una inclinación uniforme, la que en general

talud, medido perpendicularmente al plano de este. En el caso de terraplenes construidos con material rocoso, dicho sobreancho puede ser el doble del anteriormente señalado. Cuando el tamaño máximo del material rocoso no permita cumplir lo anterior, se acepta un sobreancho mayor que cero coma treinta metros (0,30 m), pero en ningún caso, superior a cero coma cincuenta metros (0,50 m). Los taludes terminados deben quedar libres de protuberancias y depresiones, deben presentar una superficie uniforme y estéticamente aceptable, y deben ser aprobados por el interventor. Los sobreanchos constructivos

necesarios no deben ser objeto de pagos adicionales y su ejecución se debe hacer por cuenta y riesgo del constructor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del terraplén no debe ser menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no debe variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo, y en ningún caso la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

No se tolera en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

En adición a lo anterior, se deben efectuar las siguientes comprobaciones.

220.5.2.2.2 Compactación

Para la verificación de la compactación de cada una de las capas del terraplén, se define como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total del terraplén.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) en el caso de las capas de la corona o cinco mil metros cuadrados (5 000 m^2) en el resto de las capas si el terraplén tiene menos de cinco metros (5 m) de altura y de diez mil metros cuadrados (10 000 m^2) en caso contrario.
- El volumen construido con el mismo material, del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa de terraplén en el terreno se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de terraplén, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [220.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [220.2]$$

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

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164,

sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo, según las normas de ensayo INV E-141 (ensayo normal de compactación) o INV E-142 (ensayo modificado de compactación).

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 o INV E-142, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141 o INV E-142).

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

Los documentos del proyecto, o en su defecto el interventor, deben definir el ensayo de referencia para obtener el peso unitario seco en las diferentes zonas del terraplén entre el ensayo INV E-141 y el INV E-142. En caso de omisión, se debe considerar como ensayo de referencia el INV E-142. Sin embargo, cuando se compacten suelos expansivos, se aconseja el uso del ensayo INV E-141.

Cuando se emplee el ensayo INV E-142 los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

$$GC_l\ (90) \geq 90{,}0\ \%$$
(*Cimiento, espaldones y núcleo*) **[220.3]**

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%\ (Corona)$$ **[220.4]**

Cuando se emplee el ensayo INV E-141 los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%$$
(*Cimiento, espaldones y núcleo*) **[220.5]**

$$GC_l\ (90) \geq 100{,}0\ \%\ (Corona)$$ **[220.6]**

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Se debe calcular según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y se deben compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

220.5.2.2.3 Irregularidades

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deben ser corregidas por el constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

220.5.2.2.4 Protección de la corona del terraplén

La corona del terraplén no debe quedar expuesta a las condiciones atmosféricas. Por tanto, se debe construir en forma inmediata la capa superior proyectada una vez terminada su compactación y acabado final. Es responsabilidad del constructor la reparación de cualquier daño a la corona del terraplén, por la demora en la construcción de la capa siguiente.

De ser necesario, el constructor puede proteger la corona del terraplén mediante la compactación de treinta centímetros (30 cm) de material adicional sobre la corona, previa autorización del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. Este material debe cumplir los mismos requisitos del material de la corona y debe ser provisto y removido por el constructor bajo su cuenta y riesgo.

220.6 Medida

La unidad de medida para los volúmenes de terraplenes debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material compactado, aceptado por el interventor, en su posición final. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Todos los terraplenes se deben medir por los volúmenes determinados, con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de terraplenes. Dichas áreas deben estar limitadas por las siguientes líneas de pago:

- Las líneas del terreno (terreno natural descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes).
- Las líneas del proyecto (subrasante o límite inferior de la subbase, cunetas y taludes proyectados).

No debe haber medida ni pago para los terraplenes por fuera de las líneas del proyecto, efectuados por el constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de terraplenes terminados no se deben medir; su conformación y compactación debe ser cubierta con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; y 211, Remoción de derrumbes. No se deben medir los terraplenes que se efectúen en trabajos de zonas laterales y las de préstamo y desecho.

No se deben medir los terraplenes que haga el constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte de las obras del proyecto.
Tampoco se deben medir, ni deben ser objeto de pago, los rellenos que sean necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas, debido a un exceso de excavación.

220.7 Forma de pago

El trabajo de terraplenes se debe pagar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente, de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir los costos de escarificación, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas en donde se haya de construir un terraplén nuevo; debe cubrir, además, colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de terraplenes y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los terraplenes, de acuerdo con esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor.

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

Debe haber pago separado para los diversos ítems relacionados con el desmonte y la limpieza, demolición y remoción, los cortes de los taludes en media ladera y de los terraplenes por ampliar y el drenaje de las áreas que reciben terraplenes, establecidos en los artículos 200, Desmonte y limpieza; 201, Demolición y remoción; 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 600, Excavaciones varias; y 673, Subdrenes con geotextil y material granular.

También debe haber pago separado para los trabajos de empradización de los taludes de los terraplenes conforme se indica en el artículo 810, Protección vegetal de taludes, para los materiales estabilizados o mejorados con cemento o cal de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 235 y 236, así como para el suministro y colocación de los geosintéticos a los cuales se hace referencia en el numeral 220.4.2, los cuales se pagan, de acuerdo con la especificación particular establecida para ello.

Los materiales para los terraplenes y su transporte se deben medir y pagar de acuerdo con lo indicado en los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; y 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes, respectivamente.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen lo contrario, se debe aplicar el mismo precio unitario a todas las partes del terraplén.

220.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
220.1	Terraplenes	Metro cúbico (m^3)

Pedraplenes

Artículo 221 – 22

221.1 Descripción

221.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la extensión y la compactación por capas, de los materiales cuyas características se definen en los numerales 221.2 y 221.4.3 de este artículo, en zonas de dimensiones controladas que permitan, de forma sistemática, la utilización de maquinaria pesada, con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente la estructura de pavimento de una carretera de acuerdo con los documentos del proyecto.

Su ejecución comprende las siguientes operaciones, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, descapote y retiro del material inadecuado, demolición, drenaje y subdrenaje:

- Preparación de la superficie de apoyo para el pedraplén.
- Extensión de los materiales adecuados de acuerdo con esta especificación para cada capa y zona del pedraplén.
- Conformación y compactación de cada capa del pedraplén.

221.1.2 Partes del pedraplén

En los pedraplenes se distinguen cuatro partes o zonas constitutivas:

- Transición: formada por la parte superior del pedraplén, cuyo espesor debe ser de dos (2) capas, por lo menos igual a un metro (1 m), salvo que los documentos del proyecto modifiquen dicha magnitud.
- Cimiento: parte inferior del pedraplén, en contacto con el terreno natural o superficie de apoyo. Su espesor debe ser como mínimo de un metro (1 m) o la máxima altura libre desde la superficie de apoyo hasta la zona de transición del pedraplén, cuando dicha altura libre sea inferior a un metro (1 m).
- Núcleo: parte del pedraplén comprendida entre el cimiento y la transición.
- Espaldón: parte exterior del relleno tipo pedraplén que, ocasionalmente constituye o forma parte de los taludes de este. El material del espaldón envuelve lateralmente el núcleo protegiéndolo de los agentes externos. No se consideran parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural entre los cuales se consideran plantaciones, cubierta de tierra vegetal, protecciones antierosión, etc.

El núcleo y el cimiento constituyen el cuerpo del pedraplén.

221.1.3 Corona (capa subrasante)

Es la zona comprendida entre la transición del pedraplén y la superficie de la explanación. Sus dimensiones y características son las

mismas que se establecen para la corona de los terraplenes y están definidas en el artículo 220, Terraplenes.

221.2 Materiales

Los materiales por emplear en la construcción de pedraplenes pueden proceder de la excavación de la explanación o de fuentes aprobadas y deben provenir de cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables frente a la acción de agentes externos y, en particular, frente al agua.

Se consideran rocas estables frente al agua aquellas que, sumergidas en agua durante veinticuatro horas (24 h), con tamaños representativos de los de puesta en obra, no manifiestan fisuración alguna, y la pérdida de peso que sufren es igual o inferior al dos por ciento (2 %) (norma UNE 146510). También, se pueden realizar pruebas de ciclos de humedecimiento-secado para calificar la estabilidad de estas rocas, según lo defina el interventor (norma UNE 146510).

Deben cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto. Si dichos documentos no establecen estos requisitos, se deben utilizar los siguientes:

221.2.1 Distribución de tamaños de partícula

El material compactado debe cumplir con las siguientes condiciones:

- El tamaño máximo del agregado debe estar entre los cien y los novecientos milímetros (100 mm – 900 mm).
- El porcentaje en peso de partículas menores al tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada), debe ser inferior al treinta por ciento (30 %).
- El porcentaje en peso de partículas que pasen el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), debe ser inferior al diez por ciento (10 %).

La curva granulométrica total del material compactado debe estar dentro de la franja definida en la Tabla 221 — 1. Los documentos del proyecto pueden modificar esta franja, adaptándola a las características del material y al proceso que se apruebe para la ejecución de la obra.

Tabla 221 — 1. Otros requisitos granulométricos del material para pedraplenes

Abertura tamiz (mm)	Pasa tamiz (%)
220	90 — 100
55	45 — 60
14	15 — 35

Los requisitos de granulometría que se exigen en el presente numeral se refieren al material ya compactado. Las granulometrías obtenidas en otros instantes solamente deben tener valor orientativo, debido a las segregaciones y alteraciones inevitables durante la construcción.

221.2.2 Forma de las partículas

Se acepta un contenido en peso de partículas con forma inadecuada de hasta treinta por ciento (30 %). Para estos efectos se deben considerar partículas con forma inadecuada aquellas en que se verifique:

$$(L + G) / 2 \geq 4 * E \quad [221.1]$$

Donde:

L (longitud), separación máxima entre dos (2) planos paralelos tangentes a la partícula.

G (grosor), abertura de la malla cuadrada por la que puede pasar la partícula.

E (espesor), separación mínima entre dos (2) planos paralelos tangentes a la partícula.

Los valores de *L*, *G* y *E* no deben ser necesariamente medidos en tres direcciones perpendiculares entre sí. Cuando el contenido en peso de partículas de forma inadecuada sea igual o superior al treinta por ciento (30 %), solo se puede utilizar este material cuando se realice un estudio especial, aprobado por el interventor, que garantice la densificación y el comportamiento adecuado de la estructura.

221.2.3 Resistencia a la abrasión

Al ser sometido al ensayo de desgaste en la máquina de Los Ángeles, granulometría 1, según la norma de ensayo INV E-219, el material por utilizar en la construcción del pedraplén debe tener un desgaste inferior al cincuenta por ciento (50 %).

221.3 Equipo

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

El equipo que se utilice para la construcción de pedraplenes debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en los documentos del proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, y en cumplimiento de las exigencias de la presente especificación; y es responsabilidad del constructor su selección. Dicho equipo se debe mantener en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo en tanto que el constructor corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, son responsabilidad del constructor.

221.4 Ejecución de los trabajos

221.4.1 Generalidades

Los trabajos de construcción de pedraplenes se deben efectuar según los procedimientos

puestos a consideración del interventor y aprobados por este. Su avance físico se debe ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de construcción de pedraplenes afectan el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones con otras vías, el constructor es responsable de mantenerlo adecuadamente.

221.4.2 Preparación de la superficie de apoyo

Antes de proceder a la colocación y la compactación de los materiales del pedraplén, se debe realizar el desmonte, la limpieza y la excavación de la capa vegetal y el retiro de material inadecuado, de acuerdo con lo establecido en los artículos 200, Desmonte y limpieza, y 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos, si ello está previsto en el proyecto; así como la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, conforme se indica en el artículo 201, Demolición y remoción.

Si el pedraplén debe ser construido sobre turba o suelos blandos, se debe asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales. Si lo anterior fuera impráctico, se debe considerar su tratamiento previo y consolidación, el desplazamiento de las capas blandas mediante cargas sucesivas de material de pedraplén, o la utilización de otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, con el fin de resistir los esfuerzos debidos al peso del pedraplén terminado.

Si se encuentra considerado en los documentos del proyecto, la superficie de apoyo se puede preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se debe construir el cuerpo del pedraplén. La colocación de los geosintéticos se debe realizar de conformidad con los documentos del proyecto y siguiendo las disposiciones del artículo 232, Estabilización de suelos de subrasante con geotextil.

Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se debe escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). En el caso de pedraplenes cimentados sobre afirmados o pavimentos existentes, se deben escarificar al menos diez centímetros (10 cm) del material, el cual se debe reducir hasta alcanzar tamaños máximos de diez centímetros (10 cm), para luego regarse, mezclarse y compactarse. Cuando el terreno de fundación sea roca o terreno rocoso, se debe fundar el pedraplén directamente sobre este, en su estado natural.

En las zonas de ensanche de pedraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se debe cortar en forma escalonada, de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, para asegurar la estabilidad del pedraplén nuevo. En terrenos inclinados se considera este procedimiento como obligatorio, cuando se tengan pendientes transversales mayores de veinte por ciento (20 %). Si el material cortado es del mismo tipo que el nuevo y cumple las condiciones exigidas para este, se puede reutilizar mezclándolo con el nuevo para su compactación simultánea. En caso contrario, debe ser trasladado a un sitio de disposición adecuado.

Dado que las operaciones de desbroce, escarificado y escalonado de las pendientes dejan la superficie de terreno fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos, estos trabajos no se deben llevar a cabo hasta el momento previsto y en las condiciones oportunas para reducir al mínimo el tiempo de exposición, salvo que se recurra a protecciones de la superficie.

Cuando el relleno tipo pedraplén se deba colocar sobre un terreno en el que exista agua superficial, se debe conducir el agua fuera del área donde se vaya a construir, antes de comenzar su ejecución, mediante obras que pueden tener el carácter de accesorias, y que se deben ejecutar con arreglo a lo previsto para tal tipo de obras en los documentos del proyecto o, en su defecto, siguiendo las instrucciones del interventor.

221.4.3 Cuerpo y transición del pedraplén

El interventor solo debe autorizar la colocación de materiales de pedraplén cuando la superficie de apoyo esté adecuadamente preparada, según se indica en el numeral 221.4.2 de esta especificación. Se exceptúa de esta instrucción el caso en el cual la superficie de apoyo se obtenga por asentamiento de suelos blandos, mediante cargas sucesivas de material de pedraplén, tal como se indica en el mismo numeral.

El material de pedraplén se debe colocar en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y adecuado para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado y sin evidencias visibles de que se requiera una mayor compactación en el material.

El espesor de las capas del pedraplén debe ser el adecuado para que, con los medios disponibles, se obtenga la compacidad deseada. A falta de otra especificación, dicho espesor debe ser superior a tres medios (3/2) del tamaño máximo del material a utilizar y al menos sesenta centímetros (60 cm). Salvo autorización expresa del interventor, a propuesta justificada del constructor, el espesor máximo de las capas, una vez compactadas, no debe ser nunca superior a uno coma treinta y cinco metros (1,35 m) ni a tres (3) veces el tamaño máximo del agregado.

El material de cada capa se debe descargar en obra sobre la parte ya extendida de dicha capa y cerca de su frente de avance. Desde esta posición se debe empujar hasta el frente de avance, extendido mediante un equipo provisto con pala de empuje. Se debe realizar la operación de forma que se corrijan las posibles segregaciones del material. En casos especiales se puede regar el pedraplén con agua a presión, siempre que el interventor lo considere conveniente.

Entre los materiales pétreos empleados en las capas sucesivas de la transición, se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$\frac{I_{15}}{S_{85}} < 5 \quad ; \quad \frac{I_{50}}{S_{50}} < 25 \qquad [221.2]$$

Donde:

I_x, abertura del tamiz por el cual pasa el x por ciento en peso del material de la capa inferior.

S_x, abertura del tamiz por el cual pasa el *x* por ciento en peso de material de la capa superior.

El espesor total de la transición debe ser de un metro (1 m) o el que fije los documentos del proyecto o las especificaciones particulares, según se establece en el numeral 221.1.2.

El método que se apruebe para compactar las diferentes capas en que se construya el pedraplén debe garantizar la obtención de las compacidades deseadas y, para ello, se deben determinar en la fase de experimentación la granulometría del material, el espesor de cada capa, el equipo de compactación y su número de pasadas.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas debe tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al cuatro por ciento (4 %), para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar la concentración de flujos. Se deben adelantar las obras de conducción necesarias para guiar las aguas hacia bajantes provisionales que controlen las aguas de escorrentía. Se debe proceder asimismo a la adopción de las medidas protectoras del entorno frente a la acción, erosiva o sedimentaria, del agua de escorrentía, previstas en los documentos del proyecto o indicadas por el interventor.

Si las cotas finales de la capa de transición resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el constructor debe retirar el espesor en exceso, mediante un procedimiento que sea aprobado por el interventor.

221.4.4 Fase de experimentación

Antes de iniciar los trabajos, el constructor debe proponer por escrito al interventor el método de construcción que considere más apropiado para cada tipo de material por emplear, con el fin de cumplir las exigencias de la presente especificación.

En dicha propuesta se deben especificar las características de la maquinaria por utilizar, los métodos de excavación, cargue y transporte de los materiales, el procedimiento de colocación, los espesores de las capas y el método para compactarlas. Además, se deben aducir experiencias similares con el método de ejecución propuesto, si las hubiere.

Salvo que el interventor considere que, con el método que se propone, existe suficiente experiencia satisfactoria, su aprobación debe quedar condicionada a un ensayo en la obra. Dicho ensayo debe consistir en la construcción de un tramo experimental, con un volumen representativo aprobado por el interventor, con el objeto de comprobar la idoneidad del método propuesto o proceder a adaptarlo al caso considerado. En el tramo experimental se deben realizar como mínimo dos (2) capas de al menos diez metros (10 m) de ancho.

Durante la construcción del pedraplén experimental se debe determinar la granulometría del material recién excavado, la del material extendido, y la granulometría y la densidad del material compactado. Para determinar estos valores se deben utilizar muestras representativas, de volumen no inferior a cuatro metros cúbicos (4 m^3). Se deben efectuar al menos tres (3) ensayos de cada tipo.

Así mismo, se deben efectuar apiques y trincheras sobre el material compactado, para verificar visualmente la uniformidad con la que quedan colocados los materiales de las diversas capas. Dichos apiques o trincheras deben afectar a todo el espesor de la capa y tener un volumen mínimo de cuatro metros cúbicos (4 m^3), una superficie mínima de cuatro metros cuadrados (4 m^2) y una dimensión mínima en planta superior a cinco (5) veces el tamaño máximo del agregado. Se deben controlar las deformaciones superficiales del pedraplén, mediante procedimientos topográficos, después de cada pasada del equipo de compactación, y la densidad media y la porosidad del material compactado.

La porosidad del pedraplén experimental compactado debe ser menor del treinta por ciento (n < 30 %). Las pasadas del equipo compactador deben ser como mínimo cuatro (4) y el asentamiento producido con la última pasada debe ser inferior al uno por ciento (1 %) del espesor de la capa a compactar, medido después de la primera pasada.

221.4.5 Corona del pedraplén

Su construcción se debe ceñir a lo establecido en el numeral 220.4.4 del artículo 220.

221.4.6 Limitaciones en la ejecución

La construcción de pedraplenes no se debe llevar a cabo en instantes de lluvia o cuando existan fundados temores de que ella ocurra. El interventor debe tener en cuenta la influencia de las lluvias antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

Los trabajos de construcción de pedraplenes se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

221.4.7 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 220.4.8 del artículo 220.

221.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

221.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales que se empleen en la construcción del pedraplén cumplan los requisitos de calidad mencionados en los numerales 221.2 y 221.4.3.
- Controlar los espesores y demás requisitos exigidos a las capas compactadas del cuerpo y la transición del pedraplén.

Los controles referentes a la corona se deben realizar, de acuerdo con lo que se establece en el artículo 220.

221.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

221.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales empleados para la construcción de pedraplenes y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada una de ellas se le deben determinar:

- La granulometría, según las normas de ensayo INV E-213, para materiales con tamaños máximos nominales de hasta cinco (5) pulgadas, o ASTM D5519, para materiales con tamaños superiores a tres (3) pulgadas.
- El desgaste en la máquina de Los Ángeles, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-219.

Los resultados de los ensayos anteriores deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 221.2, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las diferentes descargas de los materiales y ordenar el retiro de aquellos que, a simple vista, contengan tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, debe efectuar las verificaciones periódicas de calidad del material que se indican en la Tabla 221 — 2.

Tabla 221 — 2. Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

Ensayo	Norma de ensayo	Frecuencia
Granulometría	INV E-213 ASTM D5519	Una (1) vez por jornada
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-219	Una (1) vez al mes

El interventor puede autorizar el empleo de partículas con tamaño superior a los dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada en la construcción del cimiento y el núcleo, si considera que todos los vacíos son ocupados por material más fino, de tal modo que se forme una masa densa y compacta.

En la construcción de la transición, el interventor debe exigir que la gradación de los materiales empleados se ajuste totalmente a las indicaciones del numeral 221.4.3, sin tolerancia alguna.

221.5.2.2 Calidad del producto terminado

El interventor debe exigir que:

- Los taludes terminados no acusen irregularidades a la vista.
- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pedraplén no sea menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.
- Las cotas de terminación de la transición del pedraplén, conformado y compactado,

no varíen en más de cincuenta milímetros (50 mm) de las proyectadas, aceptándose solamente tolerancia hacia abajo.

Teniendo en cuenta que la densidad de las capas no se puede verificar por métodos convencionales, esta se debe considerar satisfactoria después de que el equipo de compactación pase sobre cada capa el número de veces definido en la fase de experimentación.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deben ser corregidas por el constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

221.6 Medida

La unidad de medida para los pedraplenes debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico entero, de material compactado, aceptado por el interventor, en su posición final. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Los volúmenes de pedraplén deben ser medidos con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de pedraplenes. Dichas áreas deben estar limitadas por las siguientes líneas de pago:

- Las líneas del terreno (terreno natural o descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes).
- Las líneas del proyecto (línea inferior de la corona, cunetas y taludes proyectados).

En aquellas zonas en que el pedraplén se construya sobre terrenos inestables, mediante el proceso de desplazamiento, el volumen de pedraplén empleado hasta alcanzar el nivel del terreno original se debe medir en metros cúbicos sueltos (m^3), aproximados al metro cúbico entero, los cuales deben ser verificados por el interventor con base en el número de viajes vertidos.

No debe haber medida de pedraplenes por fuera de las líneas del proyecto, elaborados por el constructor por negligencia o conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de pedraplenes terminados no se deben medir; su colocación y conformación deben ser cubiertas con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos y 211, Remoción de derrumbes, respectivamente.

221.7 Forma de pago

El trabajo de pedraplenes se debe pagar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor. El precio unitario debe cubrir los costos inherentes a los trabajos de preparación de la superficie de apoyo del pedraplén, la colocación, la conformación y la compactación de los materiales utilizados en la construcción de los pedraplenes y, en general, todo costo relacionado con su correcta construcción, de acuerdo con esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor.

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

Debe haber pago separado para los diversos ítems relacionados con el descapote, los cortes de los taludes de los pedraplenes por ampliar, el drenaje de las áreas que hayan de recibir los pedraplenes y la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, de acuerdo con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 600, Excavaciones varias; 673, Subdrenes con geotextil y material granular; y 201, Demolición y remoción.

Los materiales para pedraplén se deben pagar de acuerdo con lo indicado en el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

El transporte de todos los materiales del pedraplén se debe pagar conforme se indica en el artículo 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes.

Si la preparación de la superficie de apoyo requiere la utilización de geosintéticos, estos se deben pagar con cargo a la especificación particular que se establezca para dicho trabajo. La corona del pedraplén se debe medir y pagar conforme se indica en el artículo 220, Terraplenes.

221.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
221.1	Pedraplén compacto	Metro cúbico (m^3)
221.2	Pedraplén suelto	Metro cúbico (m^3)

Terraplenes reforzados con geosintéticos

Artículo 223 – 22

223.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de terraplenes reforzados con geosintéticos, en los sitios y con las dimensiones señalados en los documentos del proyecto.

El sistema de terraplenes reforzados con geosintéticos es aplicable a taludes con inclinación máxima de setenta grados (70°).

223.2 Materiales

223.2.1 Geosintéticos

Los geosintéticos para el refuerzo de terraplenes pueden ser geotextiles o geomallas fabricados para aplicaciones de refuerzo. El tipo y las propiedades requeridas del geosintético deben ser los establecidos en los documentos del proyecto. Las propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño deben ser, como mínimo, las indicadas en la Tabla 223 — 1.

Las propiedades de los geosintéticos se expresan en general en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de la calidad, que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados, de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo.

Tabla 223 — 1. Propiedades de los geosintéticos relacionadas con los requisitos de diseño

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Resistencia a la tensión última en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m): - Geotextiles - Geomallas	 ASTM D4595 ASTM D6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Resistencia a la tensión a largo plazo del geosintético en la dirección del refuerzo, mínimo (kN/m).	Numeral 223.2.1.1	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas.	ASTM D7737	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Coeficiente de interacción geosintético/suelo por extracción para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo.	ASTM D6706	0,85
Coeficientes de deslizamiento pico y residual en la interfaz geosintético/suelo, para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo.	ASTM D5321	Según lo establecido en los documentos del proyecto
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%).	ASTM D4355	70

223.2.1.1 Resistencia a largo plazo

Los valores de resistencia a largo plazo de los geosintéticos (T_{lp}) deben cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto. Estos valores se deben determinar a partir de la resistencia última (T_{ult}) (ecuación 223.1) y los factores de reducción (ecuación 223.2) determinados mediante ensayos o establecidos como valores por defecto, según las recomendaciones de las siguientes guías del *Geosynthetic Institute* (*GSI*):

- GRI GG4(a), *Determination of the Long-Term Design Strength of Stiff Geogrids*.
- GRI GG4(b), *Determination of the Long-Term Design Strength of Flexible Geogrids*.
- GRI GT7, *Determination of Long-Term Design Strength of Geotextiles*.

$$T_{lp} = T_{ult} / RF \quad [223.1]$$

$$\text{donde } RF = RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{D} \quad [223.2]$$

Donde:

RF, factor de reducción de resistencia combinado, que tiene en cuenta el potencial de degradación a largo plazo debido a daños de instalación, fluencia y degradación química y biológica.

RF_{ID}, factor de reducción de resistencia para tener en cuenta los daños de instalación.

RF_{CR}, factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo a largo plazo por fluencia (*creep*).

RF_{D}, factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo por degradación química y biológica.

Así mismo, se deben tener en cuenta los criterios indicados en las siguientes publicaciones de la AASHTO y la FHWA:

- AASHTO LRFD *Bridge Design Specifications, Customary U.S. Units*.
- FHWA-NHI-10-024, *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I*.

- FHWA-NHI-10-025, *Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume II.*

El constructor debe entregar las certificaciones de los ensayos efectuados para determinar los factores de reducción específicos para las condiciones del proyecto, suministradas por el proveedor del geosintético. En ausencia de estos ensayos, se deben emplear los valores por defecto mencionados en las guías del *Geosynthetic Institute (GSI)* y de la FHWA.

Para la determinación de los factores de reducción se deben tener en cuenta, además, las consecuencias que pueda tener la falla o el comportamiento deficiente del geosintético, según los criterios establecidos en los documentos de la AASHTO y la FHWA citados anteriormente.

Algunas de las pautas que se deben tener en cuenta para la selección de los factores de reducción son las siguientes:

- Para geosintéticos que cuenten con todos los ensayos y pruebas específicas para el producto, relacionados con daños durante la instalación, fluencia (*creep*) y degradación (química y biológica), el valor de reducción de resistencia combinado (*RF*) debe estar típicamente entre tres (3) y seis (6). En ningún caso, este valor debe ser menor que dos (2).
- Para geosintéticos que no cuenten con todos los ensayos y las pruebas específicas para el producto, como soporte para la determinación de los factores de reducción, y sea necesario emplear valores por defecto, el valor de *RF*, no debe ser menor que siete (7).
- El período de diseño para la selección de los factores de reducción debe ser el definido en los documentos del proyecto, pero no debe ser menor de cien (100) años para obras permanentes.
- El factor de reducción por daños durante la instalación (RF_{ID}) se debe escoger en función del tipo de material de relleno por emplear.
- En cualquier caso, los valores del factor de reducción por daños durante la instalación (RF_{ID}) y el factor de reducción de resistencia para prevenir la rotura del refuerzo por degradación química y biológica (RF_D) no deben ser menores a uno coma uno (1,1).

223.2.1.2 Empalmes en la dirección del refuerzo

Si los documentos del proyecto contemplan la ejecución de empalmes en la dirección del refuerzo (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas), las resistencias últimas y a largo plazo a la tensión de esos empalmes, en la dirección perpendicular al empalme, deben cumplir los valores especificados en la Tabla 223 — 1. La medición de la resistencia última y el cálculo de la resistencia a largo plazo de los empalmes se deben realizar con los mismos procedimientos de ensayo y análisis que se utilizan para determinar las resistencias del geosintético.

223.2.1.3 Documentación de soporte de la resistencia a largo plazo

Para la aprobación de los geosintéticos de refuerzo, el fabricante o proveedor debe suministrar la información que se menciona en la Tabla 223 — 2, relacionada con la resistencia a largo plazo para diseño.

Tabla 223 — 2. Información de soporte para la determinación de la resistencia a largo plazo de los geosintéticos

Propiedad	Método o norma de ensayo
Comportamiento en fluencia para un rango de niveles de carga, para una duración mínima de diez mil horas (10 000 h).	ASTM D5262
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación de los datos de fluencia para setenta y cinco (75) años y cien (100) años.	FHWA-NHI-10-025 Vol II Apéndice D
Resistencia última a la tensión: - Geotextiles - Geomallas Los ensayos se deben ejecutar a una tasa de deformación de diez por ciento por minuto (10 %/min.).	 ASTM D4595 ASTM D6637
Resultados de ensayos de laboratorio y técnicas de extrapolación que documenten las siguientes características para todos los componentes del geosintético: - Resistencia a la hidrólisis del poliéster (PET). - Resistencia a la oxidación del polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE). - Resistencia al agrietamiento por esfuerzos del polietileno de alta densidad (HDPE). - Factores de seguridad parciales por degradación por envejecimiento para setenta y cinco (75) años y cien (100) años.	Métodos recomendados en el documento FHWA RD 97-144
Resultados de ensayos de campo y laboratorio, así como criterios utilizados de la literatura especializada, que soporten los factores de reducción por deterioro en la instalación en función de la gradación del material de relleno.	Guías del documento FHWA-NHI-10-025 Vol II
Resultados de ensayos de laboratorio y metodología para la extrapolación que documenten la resistencia a la degradación biológica de todos los materiales que componen el geosintético y los valores de reducción correspondientes (Nota).	Guías del documento FHWA-NHI-10-025 Vol II
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas.	ASTM D7737
Coeficientes de interacción geosintético/suelo por extracción para varios tipos de suelo.	ASTM D6706
Coeficientes de deslizamiento en las interfaces geosintético/suelo, para varios tipos de suelo, y geosintético/geosintético.	ASTM D5321
Información sobre la resina primaria usada en la fabricación del geostintético: - Resina tipo HDPE (polietileno de alta densidad): identificación de tipo, clase, grado y categoría. - Resina tipo PP (polipropileno): identificación de grupo, clase y grado. - Resina tipo PET (poliéster): • Viscosidad intrínseca mínima • Grupo carboxilo final máximo.	 ASTM D1248 ASTM D4101 ASTM D4603 ASTM D2455
Estabilidad ultravioleta mínima.	ASTM D4355

Nota: para proyectos con riesgo de que se presente degradación biológica.

223.2.1.4 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geosintéticos debe tener un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)* del *Geosynthetic Institute (GSI).*

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de la calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto. Los criterios de aceptación contemplados en el programa de control de la calidad del fabricante deben incluir, como mínimo, las propiedades indicadas en la Tabla 223 — 3, evaluadas bajo las normas de ensayo allí citadas.

Tabla 223 — 3. Criterios mínimos de aceptación que debe contemplar el programa de control de la calidad del fabricante

Propiedad	Norma de ensayo ASTM
Resistencia a la tensión: - Geotextiles: resistencia en tira ancha - Geomallas: resistencia individual de las costillas	 D4595 D6637
Resistencia de las uniones o nodos de las geomallas	D7737
Productos de polietileno de alta densidad (HDPE): - Gravedad específica - Índice de fluidez	 D1505 D1238
Productos de polipropileno (PP): - Índice de fluidez	 D1238
Resina de poliéster (PET): - Viscosidad intrínseca - Grupo carboxilo final	 D4603 D2455

223.2.1.5 Geotextiles

En general, se deben emplear geotextiles tejidos elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos por un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de poliolefinas o poliéster. Las fibras del geotextil deben conformar una red estable que mantenga la estabilidad dimensional entre ellas, incluyendo los bordes. El geotextil debe permitir el libre paso del agua en todo momento.

El geotextil debe ser fabricado con al menos un noventa y cinco por ciento (95 %) de resina virgen, complementado con un máximo de cinco (5 %) de material remolido en planta. La resina de poliéster debe tener una masa

molecular mínima de veinticinco mil gramos por mol (25 000 g/mol) (métodos de ensayo GRI GG6 y ASTM D4603) y un número de grupo carboxilo final máximo de treinta (30) (método de ensayo GRI GG7). Los productos de polietileno y polipropileno se deben estabilizar con antioxidantes de largo plazo.

Las propiedades mecánicas por supervivencia y las propiedades hidráulicas deben ser las establecidas en los documentos del proyecto. En el siguiente numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener el geotextil.

223.2.1.5.1 Propiedades mecánicas por supervivencia a la instalación

Las propiedades mecánicas para condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 223 — 4, en términos de VMPR.

Tabla 223 — 4. Propiedades mecánicas del geotextil por supervivencia en términos de VMPR
(Medidas en el sentido más débil del geotextil)

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito
Elongación, valor máximo (%)	D4632	50
Peso por unidad de área, mínimo (g/m^2)	D5261	270
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 400
Resistencia de la costura a tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 260
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro, valor mínimo (N)	D6241	2 750
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N). (Nota)	D4533	500

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debe ser de doscientos cincuenta newtons (250 N).

223.2.1.5.2 Propiedades hidráulicas

El geotextil de refuerzo debe ser permeable y debe permitir el flujo libre del agua dentro del relleno, sin atraparla ni generar empozamientos. Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, las propiedades hidráulicas que debe cumplir el geotextil se indican en la Tabla 223 — 5, en términos de VMPR.

Tabla 223 — 5. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito
Permitividad, valor mínimo (s^{-1})	D4491	0,5
Permeabilidad, valor mínimo (cm/s)	D4491	Según lo establecido en los documentos del proyecto. Debe ser mayor que la permeabilidad del suelo

223.2.1.6 Geomallas

La geomalla debe tener una geometría regular de elementos resistentes a la tensión interconectados, con apertura suficiente para permitir una adecuada trabazón mecánica con los materiales de relleno. La geomalla debe ser capaz de mantener su estabilidad dimensional durante su instalación y el tránsito normal de construcción que circule sobre la capa de relleno que se coloque sobre ella. Debe resistir el daño durante la construcción, la degradación ultravioleta y debe tener resistencia a largo plazo a la degradación química y biológica.

Se recomienda que la geomalla sea uniaxial.

La geomalla debe ser fabricada con por lo menos un noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de resina virgen consistente en cadenas largas de polietileno, polipropileno o poliéster, complementada con un máximo de cinco por ciento (5 %) de material remolido en planta. La resina de poliéster debe tener una masa molecular mínima de veinticinco mil gramos por mol (25 000 g/mol) (métodos de ensayo GRI GG6 y ASTM D4603) y un número de grupo carboxilo final máximo de treinta (30) (método de ensayo GRI GG7). Los productos de polietileno y polipropileno deben ser estabilizados con antioxidantes de largo plazo.

El fabricante debe documentar la supervivencia de las uniones a la instalación, mediante pruebas a escala real, según la norma ASTM D5818, que demuestren su integridad, bajo las condiciones del proyecto (suelo de apoyo, espesor de capas, materiales de relleno, equipo de construcción). La geomalla se debe cubrir con una capa de material de relleno de quince centímetros (15 cm) de espesor mínimo y se debe someter al paso repetido de una volqueta cargada hasta producir un ahuellamiento de diez centímetros (10 cm). El informe de las pruebas debe incluir un registro fotográfico de la geomalla recuperada, que muestre claramente que las uniones no se han desplazado ni sufrido deterioro alguno durante el proceso de instalación.

223.2.1.7 Suministro y manejo de los geosintéticos

El geosintético que se suministre debe estar debidamente empacado. La identificación, el almacenamiento y el manejo de los rollos de geosintético se deben hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geosintético debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geosintético se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geosintético se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geosintético se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso, se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geosintético deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlos.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté debidamente identificado.

Los rollos de geosintético no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

En todo caso, se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante para el transporte y almacenamiento de los geosintéticos.

223.2.2 Material de relleno

Los documentos del proyecto deben definir los requisitos que debe cumplir el material de relleno, el cual puede ser: recebo (numeral 610.2.2 del artículo 610, Rellenos para estructuras), material granular tipo SBG (numeral 610.2.3 del artículo 610), material granular tipo BG (numeral 610.2.3 del artículo 610), o un material de características diferentes, definidas en los documentos del proyecto. El tamaño máximo del agregado debe ser de 19,0 mm (3/4 de pulgada).

El pH del material de relleno, determinado según la norma de ensayo AASHTO T 289, debe estar entre cinco (5) y nueve (9). El contenido de materia orgánica, determinado según la norma de ensayo INV E-121 o la UNE 103204 para la porción de material que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro. 10), no debe ser mayor que uno por ciento (1 %).

223.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geosintético, deben cumplir los requisitos establecidos por la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.

223.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para instalar los geosintéticos correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, cargar, transportar, extender y compactar el material de relleno, de conformidad con esta especificación y los documentos del proyecto.

El equipo que se use para compactar las capas de relleno sobre el geosintético debe ser acorde con la clase del geosintético, el espesor de capa y las características de los materiales de apoyo y de relleno.

223.4 Ejecución de los trabajos

223.4.1 Generalidades

Durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos deben tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

El constructor debe presentar al interventor, para su aprobación, los planos detallados de

disposición de los geosintéticos, secuencias y procedimientos constructivos, con los detalles de los empalmes (traslapos, empalmes mecánicos, etc.), con anticipación no menor a siete días (7 d), con respecto a la iniciación de la instalación del geosintético.

La colocación del geosintético y la colocación, la conformación y la compactación del material de cobertura se debe realizar, de manera que el geosintético quede expuesto el menor tiempo posible.

223.4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes reforzados con geosintéticos, el terreno de apoyo debe ser preparado como se indica en el numeral 220.4.2 del artículo 220, Terraplenes.

La superficie debe quedar nivelada y debe ser firme. La firmeza se debe comprobar por medio del paso de una volqueta completamente cargada. Toda zona débil debe ser excavada y reemplazada con un suelo adecuado y compactado. La superficie preparada del terreno debe ser inspeccionada y aprobada por el interventor.

La superficie del terreno de apoyo preparado debe estar libre de rocas, piedras grandes u otros elementos que puedan deteriorar el geosintético.

223.4.3 Colocación de los geosintéticos

223.4.3.1 Extensión

El geosintético de refuerzo se debe instalar de acuerdo con las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante. Se debe colocar entre las capas de relleno compactado, según lo indicado en los documentos del proyecto, con los ajustes y las modificaciones que apruebe el interventor.

Los rollos se deben extender en la dirección del refuerzo principal, perpendiculares al talud (vista en planta), sobre la superficie compactada y aceptada del terreno de apoyo o de la capa subyacente de relleno, sin arrugas o dobleces. No se deben permitir empalmes en la dirección del refuerzo, a no ser que estos se muestren en los planos. Los geosintéticos se deben instalar, según las cotas de los planos, sin que difieran de estas en más de setenta y cinco milímetros (75 mm), y en una longitud nunca menor que la señalada en ellos.

El geosintético se debe templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión y prevenir movimientos durante la colocación del relleno. La sujeción a la superficie se debe hacer según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto, por medio de grapas o elementos similares.

Los rollos adyacentes se deben colocar sin traslapo entre ellos, a no ser que los documentos del proyecto indiquen otra cosa. Estos pueden indicar, también, que se deje una separación entre rollos, sin que esta sea mayor que un metro (1,0 m). El traslapo (mínimo de quince centímetros (15 cm)) o conexión mecánica entre rollos adyacentes es indispensable cuando los documentos del proyecto indiquen que el geosintético debe envolver la superficie del talud. Las conexiones mecánicas (costuras de geotextiles o ganchos

en geomallas, etc.) se deben hacer usando los materiales y siguiendo las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto.

No se debe permitir que el geosintético quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres días (3 d).

En ninguna circunstancia se debe permitir la circulación de equipos sobre el geosintético antes de que esté cubierto con una capa de relleno de por lo menos quince centímetros (15 cm) de espesor. Se debe evitar el frenado brusco o los giros cerrados que ocasionen algún desplazamiento del material de relleno.

223.4.3.2 Empalmes

No se deben permitir los empalmes de geosintéticos en la dirección del refuerzo, a no ser que su uso esté expresamente indicado en los documentos del proyecto.

En caso de que estén contemplados en los documentos del proyecto, los empalmes (costuras de geotextiles o empalmes mecánicos de geomallas) se deben realizar según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto y deben cumplir los requisitos de capacidad última y a largo plazo establecidos en el numeral 223.2.1.2.

El color de la costura debe ser preferiblemente de un color que contraste con el geotextil.

223.4.3.3 Construcción de la cara del talud

Si los documentos del proyecto muestran que los geosintéticos no envuelven la superficie del talud, lo cual puede ser factible para taludes con inclinación no mayor de uno a uno (1:1) (H:V) construidos con una separación pequeña entre niveles de geosintético (cada capa o cada dos capas de relleno, pero no mayor que cuarenta centímetros (40 cm)), el geosintético se debe extender hasta la cara del talud.

Si los documentos del proyecto indican que la superficie del talud debe ser envuelta por los geosintéticos, las tiras de geosintético de refuerzo deben dar vuelta y regresar al terraplén en una longitud no menor de uno coma veinticinco metros (1,25 m), o la mostrada en los documentos del proyecto, debajo del siguiente nivel de refuerzo, cubriendo completamente la cara del talud. La longitud de retorno del geosintético de envoltura que debe servir como anclaje se debe enterrar dentro del relleno, para que no quede en contacto directo con el geosintético del siguiente nivel. Para taludes con fuerte pendiente, se requiere de una formaleta para soportar la cara durante su construcción.

En el caso de refuerzo con geomallas, los planos deben indicar la colocación de un geotextil detrás de la geomalla que envuelve la cara del talud para retener el material de relleno.

223.4.4 Colocación del material de relleno

El relleno se debe efectuar por capas sensiblemente horizontales. La operación de extensión del material de relleno sobre el geosintético se debe realizar cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el mismo. No se debe permitir el tránsito de maquinaria sobre el geosintético hasta que se conforme y se compacte adecuadamente la primera capa de relleno sobre el mismo. En el caso de geotextiles, no se debe permitir el giro de maquinaria sobre la primera capa de relleno sobre él.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geosintético debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geosintético y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura debe ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm); para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de relleno se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación definido en el numeral 223.5.2.3.2, antes de comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

En la cercanía al talud de un metro o de un metro y medio (1,0 m o 1,5 m), se deben utilizar equipos manuales para garantizar la adecuada compactación de esta zona. En este caso, el espesor de capas se debe reducir para que los equipos manuales permitan alcanzar el grado de compactación especificado.

223.4.5 Protección de la cara del talud

Los documentos del proyecto pueden indicar algún sistema de protección de la cara del talud. En ningún caso, los geosintéticos que envuelven la cara del talud deben quedar expuestos a la luz solar, para evitar su deterioro con el tiempo.

223.4.5.1 Empradización de la cara del talud con bloques de césped

Los documentos del proyecto pueden requerir que la fachada sea empradizada mediante la instalación de bloques de césped contra los geosintéticos de fachada, que en este caso deben ser geomallas para que permitan que el césped atraviese sus espacios libres.

Los bloques de césped deben cumplir los requisitos establecidos en el numeral 810.2.1 del artículo 810, Protección vegetal de taludes, y se deben instalar, regar y conservar, según lo indicado en los numerales 810.4.3 y 810.4.7 del mismo artículo.

223.4.5.2 Protección de la cara del talud con productos enrollados para control de erosión

Si los documentos del proyecto indican que la cara del talud se debe proteger con algún tipo de producto enrollado para control de erosión, el trabajo correspondiente se debe ejecutar según el artículo 811, Protección de taludes con productos enrollados para control de erosión.

223.4.5.3 Protección de la cara del talud con malla y mortero

Si los documentos del proyecto indican que la cara del talud se debe proteger con malla de alambre de acero y mortero de cemento hidráulico, el trabajo correspondiente se debe ejecutar, según el artículo 812, Recubrimiento de taludes con malla y mortero.

223.4.5.4 Otros tipos de protección de la carta del talud

La construcción de otros tipos de protección de la cara del talud, que se especifiquen en los documentos del proyecto, se debe realizar de acuerdo con la especificación particular correspondiente.

223.4.6 Protección de la superficie superior del terraplén

Si la superficie final del terraplén reforzado con geosintéticos no va a ser la superficie definitiva, aquella no debe quedar expuesta a las condiciones atmosféricas. Por tanto, la capa superior proyectada se debe construir en forma inmediata una vez terminada la compactación y el acabado final de aquella. Debe ser responsabilidad del constructor reparar cualquier daño que ocurra en el terraplén por la demora en la construcción de la capa siguiente.

223.4.7 Control del tránsito

El constructor debe instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deben garantizar la seguridad permanente, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

223.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

223.4.9 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la construcción de terraplenes reforzados con geosintéticos se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

223.4.10 Reparaciones

Antes de ser cubierto, el geotextil colocado debe ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso de que

los hubiese, estos se deben reparar inmediatamente, cubriéndolos con un paño de geotextil que se extienda como mínimo setenta y cinco centímetros (75 cm) alrededor de toda la zona dañada.

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geosintético, en la extensión y compactación del material de relleno, así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

223.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

223.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que cada rollo de geosintético tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como su composición química.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geosintéticos tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geosintéticos contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado en cuanto a la colocación del geosintético y la construcción de las capas de relleno.
- Verificar que los diferentes niveles de geosintéticos para la construcción del terraplén reforzado sean colocados con las separaciones definidas en los documentos del proyecto.
- Efectuar ensayos de control sobre el geosintético, en un laboratorio independiente al del fabricante o del proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura.
- Efectuar ensayos de control de calidad sobre el material de relleno.
- Comprobar la compactación de las capas de relleno.

El interventor debe medir, para efectos de pago, el trabajo correctamente ejecutado.

223.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

223.5.2.1 Calidad del geosintético

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del geosintético, donde se establezca el nombre del producto, la composición química y toda la información que lo describa, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o en las Tablas 223 — 1, 223 — 4 y 223 — 5, según los que prevalezcan. El interventor no debe aceptar el empleo de suministros de geosintéticos que no se encuentren respaldados por la certificación

del fabricante. Dicha constancia no debe evitar, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 m^2 – 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geosintético para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra, como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia.

Para la evaluación de las costuras en los geotextiles, se deben tomar muestras de juntas cosidas cuyo largo sea al menos dos metros (2,0 m) en el sentido de la costura, y cuyo ancho sea al menos uno coma cinco metros (1,5 m).

El número de especímenes para ensayo y la conformidad con las especificaciones se debe determinar según las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759. Los especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deben empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante, para realizar las pruebas especificadas en los documentos del proyecto o las Tablas 223 — 6 y 223 — 7, según corresponda.

Tabla 223 — 6. Pruebas de verificación de la calidad del geotextil

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión en prueba de tira ancha (kN/m)	ASTM D4595
Resistencia última a la tensión de las costuras, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	ASTM D4884
Área abierta, como porcentaje (%) del área total	Medido
Tamaño de abertura (mm)	Medido
Propiedades de supervivencia	
Elongación (%)	ASTM D4632
Masa por unidad de área (g/m^2)	ASTM D5261
Resistencia a la tensión Grab (N)	ASTM D4632
Resistencia de la costura a tensión Grab (N)	ASTM D4632
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro (N)	ASTM D6241
Resistencia al rasgado trapezoidal (N)	ASTM D4533
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición (%)	ASTM D4355

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades hidráulicas	
Permitividad (s^{-1})	ASTM D4491
Permeabilidad (cm/s)	ASTM D4491

Tabla 223 — 7. Pruebas de verificación de la calidad de la geomalla

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión del geosintético en prueba con costillas múltiples (kN/m)	ASTM D6637
Resistencia última a la tensión de los empalmes mecánicos, medida perpendicularmente al empalme (kN/m)	ASTM D6637
Área abierta, como porcentaje (%) del área total	Medido
Tamaño de abertura (mm)	Medido
Propiedades de supervivencia	
Resistencia de las uniones o nodos (N)	ASTM D7737
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición (%)	ASTM D4355

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 223 — 1, 223 — 4 y 223 — 5, o los que establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan. No se deben aceptar geosintéticos rasgados o usados, en el caso de los geotextiles, no se debe aceptar la presencia de agujeros en ellos.

No se deben emplear geosintéticos o productos relacionados acopiados cuando las condiciones de almacenamiento no hayan sido adecuadas.

223.5.2.2 Calidad del material de relleno

La calidad del material de relleno se debe evaluar en función de sus características y de los requisitos aplicables de las presentes especificaciones, según sea el tipo de material por utilizar, de acuerdo con lo señalado en el numeral 223.2.2.

223.5.2.3 Calidad del producto terminado

223.5.2.3.1 Acabado

El geosintético instalado debe tener las dimensiones establecidas y debe estar libre de dobleces y arrugas; debe estar templado y sujeto a la superficie de apoyo, según lo indicado en el numeral 223.4.3. Los empalmes deben tener las características y las dimensiones definidas para el proyecto, según se establece en el numeral 223.4.3.2.

Cada capa terminada de relleno debe presentar una superficie uniforme, ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deben acusar irregularidades a la vista.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del relleno no debe ser menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la capa final del relleno, conformada y compactada, no debe variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo. Si la capa final del relleno corresponde a la subrasante del pavimento, en ningún caso la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

No se debe aceptar la presencia de irregularidades que impidan el normal escurrimiento de las aguas en las obras concluidas.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deben ser corregidas por el constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con su aprobación.

223.5.2.3.2 Compactación del relleno

Para efectos de la verificación de la compactación de cada una de las capas del relleno, se define como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total del relleno.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2).
- El volumen de relleno colocado y compactado en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa en el terreno se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de relleno, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario, mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [223.3]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [223.4]$$

Donde:

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

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

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo

INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

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

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

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

Para la aceptación del lote se aplican los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % *se acepta el lote* [223.5]

GC_l (90) < 95,0 % *se rechaza el lote* [223.6]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se controla.

Los terraplenes de los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada. Este procedimiento deber ser adelantado por el constructor de manera que no se afecte el geosintético subyacente. Si el geosintético sufre algún deterioro, se debe remover la capa de terraplén correspondiente al lote rechazado, se debe reemplazar el geosintético por uno nuevo y se debe colocar de nuevo la capa de terraplén hasta lograr el grado de compactación especificado.

223.6 Medida

223.6.1 Geosintéticos

La unidad de medida de los geosintéticos debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geosintético colocado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se debe medir ningún área por fuera de los límites indicados en los documentos del proyecto, ni se deben considerar, para efecto del pago, los traslapos.

223.6.2 Relleno

La unidad de medida del relleno debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de

material suministrado, colocado, compactado y terminado de acuerdo con los documentos del proyecto y debidamente aceptado por el interventor. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

No se deben medir cantidades en exceso de las indicadas en los documentos del proyecto.

223.7 Forma de pago

223.7.1 Geosintéticos

El pago de los geosintéticos se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para toda obra ejecutada de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, almacenamiento, transporte y colocación del geosintético. La ejecución de los traslapos, las costuras, los empalmes mecánicos y las sujeciones, incluyendo el suministro de todos los elementos para tales labores. Todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado. Además, debe cubrir los costos por concepto de desperdicios.

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

223.7.2 Relleno

El precio unitario debe cubrir los costos de extracción, preparación y suministro de los materiales en el sitio de la obra; la obtención de los permisos y derechos de explotación, la construcción o adecuación de las vías de acceso a las zonas de préstamo; la adecuación de dichas zonas una vez extraído el material, para recuperar las características hidrológicas superficiales; los cargues, los transportes, la compactación y la conformación del relleno; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del interventor; todo equipo y mano de obra requeridos para ejecutar esta labor y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del trabajo especificado. Además, debe cubrir los costos por concepto de desperdicios.

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

Se deben pagar por aparte las excavaciones y rellenos requeridos para la preparación de la fundación y los elementos de fachada diferentes a los geosintéticos, de acuerdo con los siguientes artículos:

- Excavaciones: artículo 600, Excavaciones varias.
- Rellenos: artículo 610, Rellenos para estructuras.
- Protección de la fachada del muro con malla y mortero: artículo 812, Recubrimiento de taludes con malla y mortero.
- Empradización de la fachada con bloques de césped: artículo 810, Protección vegetal de taludes.

223.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
223.1	Geotextil de refuerzo tipo ____ para terraplenes reforzados con geosintéticos	Metro cuadrado (m^2)
223.2	Geomalla de refuerzo tipo ____ para terraplenes reforzados con geosintéticos	Metro cuadrado (m^2)
223.3	Relleno tipo ____ para terraplenes reforzados con geosintéticos	Metro cúbico (m^3)

Nota: se debe establecer un ítem de pago para cada tipo de geosintético y cada tipo de relleno que se especifique en el contrato.

Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales

Artículo 230 – 22

230.1 Descripción

Este trabajo consiste en la disgregación del material de la subrasante existente, el eventual retiro de parte de este material, la adición de materiales, la mezcla, el humedecimiento o la aireación, la compactación y el perfilado final, de acuerdo con la presente especificación, y con las dimensiones, los alineamientos y las pendientes señalados en los documentos del proyecto.

230.2 Materiales

Los materiales de adición deben presentar una calidad tal, que la capa de subrasante mejorada cumpla los requisitos exigidos para los suelos seleccionados en el numeral 220.2 del artículo 220, Terraplenes.

230.3 Equipo

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de mejoramiento de la subrasante con adición de materiales debe ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

230.4 Ejecución de los trabajos

230.4.1 Generalidades

Los trabajos de mejoramiento de subrasante se deben efectuar según los procedimientos puestos a consideración del interventor y aprobados por este. Su avance físico se debe ajustar al programa de trabajo.

Si los trabajos de mejoramiento de la subrasante afectan el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el constructor es el responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.

La subrasante existente se debe escarificar y disgregar en el espesor indicado en los documentos del proyecto, empleando procedimientos aprobados por el interventor.

Si el proceso implica el retiro de parte del material existente, el material producto del retiro se debe tratar como residuo de construcción y demolición (RCD) y es de propiedad del constructor, quien debe dar el tratamiento final correspondiente, según la legislación ambiental vigente. Este material se debe cargar y transportar a las zonas aprobadas de disposición de sobrantes, donde se debe descargar y disponer previa aprobación del interventor.

El suelo de aporte para el mejoramiento se debe aplicar en los sitios indicados en los documentos del proyecto, en cantidad tal, que se garantice que la mezcla con el suelo existente cumple las exigencias del numeral 230.2, en el espesor señalado en los documentos del proyecto.

La mezcla del material existente disgregado y el de adición se debe humedecer o airear hasta alcanzar el contenido de agua apropiado y, previa la eliminación de partículas mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm), si las hay, se debe compactar hasta obtener los niveles de densidad establecidos en el numeral 230.5.2.2.1.

230.4.2 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de mejoramiento de subrasante solo se deben efectuar cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5 °C).

Los trabajos de mejoramiento de la subrasante se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

Se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no resulta posible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se debe distribuir de manera que no se concentren huellas de rodadas en la superficie.

230.4.3 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de las obras de mejoramiento de la subrasante se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o las evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada se deben mantener correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- El manejo y la aplicación de materiales de adición se deben realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.

- El constructor debe especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que deben ser utilizados en la ejecución de los trabajos. Estos métodos se deben presentar al interventor y ser aprobados por este antes de cada jornada.

Además, se deben considerar aplicables las recomendaciones del numeral 220.4.8 del artículo 220.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

230.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

230.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos.
- Verificar la compactación de todas las capas de suelo que forman parte de la actividad especificada.
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

230.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

230.5.2.1 Calidad de los materiales

Al respecto resulta aplicable lo descrito en el numeral 220.5.2.1 del artículo 220, teniendo en cuenta que el producto que en definitiva constituya la subrasante mejorada debe cumplir los requisitos exigidos en el numeral 220.2, del mismo artículo, para los denominados suelos seleccionados.

230.5.2.2 Calidad del producto terminado

La subrasante mejorada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. El interventor debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- La cota de cualquier punto de la subrasante mejorada, conformada y compactada no varíe en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada; se acepta tolerancia solamente por abajo.

Así mismo, se deben adelantar las siguientes comprobaciones:

230.5.2.2.1 Compactación

Para efectos de la verificación de la compactación de la subrasante mejorada, se define como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de subrasante compactada en su ancho total.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de subrasante compactada.
- El volumen construido con el mismo material, proveniente del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca en el terreno de cada capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realicen, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la subrasante mejorada, se debe calcular su grado de compactación, a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (INV E-142), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [230.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [230.2]$$

Donde:

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

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

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

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

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

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

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

GC_l (90) ≥ 95,0 % se acepta el lote [230.3]

GC_l (90) < 95,0 % se rechaza el lote [230.4]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el

valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Este se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

230.5.2.2.2 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [230.5]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d); se admite un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [230.6]$$

Si estos requisitos no se cumplen, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, recompactar y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

Si el espesor medio (e_m) resulta inferior al espesor de diseño (e_d), pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el interventor puede admitir el espesor construido, siempre que el constructor se comprometa, por escrito, a compensar la disminución con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para INVÍAS. Si el constructor no suscribe este compromiso, se debe proceder como en el párrafo anterior.

230.5.2.2.3 Planicidad

El interventor debe comprobar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada, en todos los sitios que considere conveniente hacerlo, empleando para ello una regla de tres metros (3 m) de longitud, colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que este escoja, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

La superficie acabada no puede presentar variaciones superiores a quince milímetros (15 mm). Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia debe ser delimitada por el interventor, y el constructor debe corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, debe ser obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente artículo, sin costo adicional para INVÍAS.

230.5.2.2.4 Protección de la subrasante mejorada

El constructor debe responder por la conservación de la subrasante mejorada hasta que se coloque la capa superior y debe corregir, a su costa, cualquier daño que ocurra en ella después de terminada, no atribuible a fuerza mayor o caso fortuito.

Todas las áreas de subrasante mejorada donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, deben ser corregidas por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

230.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), de subrasante mejorada con adición de materiales en las áreas y espesores señalados en los documentos del proyecto y aprobados por el interventor.

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

No debe haber medida ni pago para los mejoramientos de subrasante, por fuera de las líneas del proyecto, que haya efectuado el constructor por negligencia, o por conveniencia para la operación de sus equipos.

230.7 Forma de pago

El trabajo de mejoramiento de la subrasante con adición de materiales se debe pagar al precio unitario pactado en el contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir los costos de escarificación de la subrasante en el espesor requerido, disgregación del material, la extracción y la disposición del material inadecuado, la adición del material necesario para obtener las cotas proyectadas de subrasante y cunetas, su humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados; herramientas, equipo, mano de obra, cargues, descargues, tanto de material de adición como de los materiales removidos que no sean utilizables y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Además, debe incluir los costos de la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

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

Debe haber pago separado para el suministro y transporte del material de adición, así como para el transporte del material inadecuado, de acuerdo con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos y 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes.

230.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
230.1	Mejoramiento de la subrasante con adición de materiales	Metro cuadrado (m^2)

Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil

Artículo 231 – 22

231.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geotextiles para prevenir la mezcla entre los suelos de subrasante y los materiales que conforman las capas granulares del pavimento, de conformidad con los documentos del proyecto.

Para que la función de separación por parte del geotextil sea efectiva, el suelo de subrasante debe presentar un valor de CBR mayor o igual a tres por ciento (CBR ≥ 3 %), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 o tener un valor de resistencia al corte igual o mayor a noventa kilopascales (≥ 90 kPa). La determinación de la resistencia al corte se puede realizar con cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 o INV E-170. Los sitios para hacer las determinaciones deben ser los previstos en los documentos del proyecto o los indicados por el interventor. Adicionalmente a lo anterior, el suelo de subrasante no se puede encontrar en condición saturada.

231.2 Materiales

231.2.1 Geotextil

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil deben ser los establecidos en los documentos del proyecto, en función de las condiciones y los procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener el geotextil.

En general, se pueden emplear geotextiles tejidos o no tejidos, elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de poliolefinas o poliéster. El geotextil debe permitir en todo momento el libre paso del agua.

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de la calidad, que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) en que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se debe calcular como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos; o más dos

(2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo.

231.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del geotextil se deben establecer en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que se defina en ellos. Las propiedades mecánicas para su supervivencia en condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 231 — 1, en términos de VMPR.

231.2.1.2 Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas que debe cumplir el geotextil, salvo que los documentos del proyecto especifiquen otros requisitos, son las que se indican en la Tabla 231 — 2, en términos de VMPR.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto pueden especificar requisitos de permeabilidad, determinada según la norma de ensayo ASTM D4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo).

Tabla 231 — 1. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR
(Medidas en la dirección principal más débil del geotextil)

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Geotextiles tejidos	Geotextiles no tejidos
Elongación (%)	D4632	< 50	≥ 50
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 100	700
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro, valor mínimo (N)	D6241	2 200	1 375
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N). (Nota)	D4533	400	250

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debe ser de doscientos cincuenta newtons (250 N).

Tabla 231 — 2. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

Característica	Norma de ensayo ASTM	VMPR
Permitividad, valor mínimo (s^{-1}). (Nota 1)	D4491	0,02
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D4751	0,60
Estabilidad ultravioleta después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%)	D4355	50

Nota 1: la permitividad del geotextil debe ser mayor que la permitividad del suelo ($\psi_g > \psi_s$).

Nota 2: el valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

231.2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles debe tener un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)* del *Geosynthetic Institute (GSI)*.

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

231.2.2 Material de cobertura

Este material debe cumplir todo lo especificado en los artículos 311, Afirmado; 320, Subbase granular; y 330, Base granular, según sea el caso, de acuerdo con los documentos del proyecto.

231.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geotextil deben cumplir los requisitos establecidos en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante del geotextil.

231.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para instalar el geotextil correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que se deba colocar sobre el geotextil, de conformidad con la especificación correspondiente y los documentos del proyecto.

231.4 Ejecución de los trabajos

231.4.1 Generalidades

El interventor debe exigir al constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la subrasante, la colocación del geotextil y la colocación, la conformación y la compactación del material de cobertura, de manera que el geotextil quede expuesto el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles deben tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades. Los empaques se deben mantener hasta que el material sea utilizado en obra. El geotextil debe ser almacenado en lugares protegidos del sol, libres de humedad y alta temperatura.

231.4.2 Suministro y manejo de los geotextiles

El geotextil que se suministre debe estar debidamente empacado. La identificación,

el almacenamiento y el manejo de los rollos de geotextil se debe hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geotextil debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geotextil se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geotextil se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geotextil se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geotextil deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlo.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté debidamente identificado.

Los rollos de geotextil no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

En todo caso se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante para el transporte y almacenamiento de los geotextiles.

231.4.3 Preparación de la subrasante

La colocación del geotextil solo debe ser autorizada por el interventor cuando la subrasante se haya preparado adecuadamente, de acuerdo con las indicaciones del numeral 210.4.1.4 del artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

La superficie debe ser uniforme, compactada de ser posible y libre de elementos punzantes y cortantes.

231.4.4 Colocación del geotextil

231.4.4.1 Extensión

El geotextil se debe extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada, sin arrugas o dobleces. Si es necesario colocar rollos adyacentes de geotextil, estos se deben traslapar o unir mediante la realización de una costura de acuerdo con lo establecido en el numeral 231.4.4.2.

Los traslapos deben ser los recomendados en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante y aceptados por el interventor, y dependen tanto del CBR de la subrasante como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no deben ser inferiores a los indicados en la Tabla 231 — 3.

Tabla 231 — 3. Traslapo mínimo

Condición	Traslapo mínimo
CBR ≥ 3 %	30 cm o costura
Todo final de rollo	1 m o costura

Las costuras que se usen en reemplazo de los traslapos deben cumplir las condiciones descritas en el numeral 231.4.4.2, con los requisitos adicionales que se señalen en la ficha técnica del producto.

En las curvas, para desarrollar su geometría, el geotextil puede ser cortado con sus correspondientes traslapos o costuras, o doblado, según sea el caso.

El geotextil se puede mantener en su posición mediante estacas, pequeños montículos de agregados o cualquier medio mecánico que no lo dañe.

No se debe permitir que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres días (3 d).

231.4.4.2 Elaboración de costuras

Las costuras deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo debe ser poliéster o polipropileno. No se deben permitir hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se deben permitir aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en masa, de fibras naturales. Tampoco se deben permitir costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada puede ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada debe ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 – 200) puntadas por metro.
- La tensión del hilo se debe ajustar en el campo, de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies que se van a coser. Si se hace la costura a mano, se deben tener los cuidados necesarios para que, al pasar el hilo, el rozamiento no debilite las fibras del geotextil.
- Dependiendo del tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se puede realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.
- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo con la norma ASTM D4632, debe ser, como mínimo, el noventa por ciento (90 %) de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo con la misma norma de ensayo.
- Los paños de geotextil se deben unir mediante costurado de un color que contraste con el del geotextil, de forma tal que se identifiquen fácilmente las zonas de traslapo o de reparación.
- Se debe entregar al interventor una descripción y muestra del tipo de costura que se va a emplear, como mínimo catorce

días (14 d) antes de iniciar la instalación del geotextil. Se debe presentar el tipo de puntada y la densidad, junto con la información relevante. La muestra debe ser de por lo menos uno coma ocho metros (1,8 m) de costura en uno coma cinco metros (1,5 m) de ancho, realizada con el equipo con el que se va a llevar a cabo el trabajo en campo.

231.4.5 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se debe descargar en un lugar previamente escogido y aprobado por el interventor. Luego, el material se debe extender cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil. No se debe permitir el tránsito de maquinaria sobre el geotextil hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa del material de cobertura. No se debe permitir el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geotextil debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geotextil y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo mayor o igual a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura debe ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de cobertura se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. No se debe permitir el uso de equipo vibratorio o de equipos que puedan punzonar el geotextil para la compactación de la primera capa. Los equipos deben ser operados a velocidades inferiores a los quince kilómetros por hora (15 km/h). El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

Las obras de colocación y relleno se deben ejecutar por tramos, los cuales deben quedar terminados en lo posible al final de la jornada, a no ser que el interventor lo autorice de otra manera.

Los documentos del proyecto deben definir el ensayo de referencia para la compactación. Sin embargo, cuando no se defina, el material de cobertura se debe compactar a, por lo menos, el noventa y cinco por ciento (95 %) de los ensayos de compactación (INV E-142), teniendo una variación inferior a quince milímetros (15 mm) respecto a los niveles establecidos en el diseño.

231.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deben garantizar la seguridad permanente, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

231.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

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

231.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

231.4.9 Reparaciones

Antes de ser cubierto, el geotextil colocado debe ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso de que los hubiese, estos se deben reparar inmediatamente, cubriéndolos con un paño de geotextil que se extienda como mínimo setenta y cinco centímetros (75 cm) alrededor de toda la zona dañada. Se deben seguir las consideraciones adicionales para la reparación, consignadas en la ficha técnica del geotextil suministrada por el fabricante.

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la extensión y la compactación del material de cobertura, así como los que se deriven de un incorrecto PMT recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor, sin costo alguno para el INVÍAS.

231.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

231.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que la subrasante esté preparada adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y cotas señaladas en los documentos del proyecto, antes de autorizar la colocación del geotextil.

- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geotextiles contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante, la colocación del geotextil y la construcción de las capas de material de cobertura.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura. Los ensayos de control relacionados con el geotextil se deben hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759.

Para efectos del pago, el interventor debe medir el trabajo correctamente ejecutado.

231.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

231.5.2.1 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todos los requisitos establecidos en las Tablas 231 — 1 y 231 — 2 del presente artículo, o los que se establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan.

Cada rollo de geotextil debe ser identificado con etiquetas que indiquen como mínimo el nombre del producto, la razón social o símbolo del fabricante, el tipo de geotextil, polímero geosintético del que está compuesto el geotextil, número de lote, número de rollo, peso, ancho y longitud del rollo, lugar de origen y fecha de fabricación.

El interventor no debe aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 m^2 – 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra,

como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se debe terminar de conformidad con las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deben empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 231 — 1 y 231 — 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 231 — 1 y 231 — 2, o los que se establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan. No se deben aceptar geotextiles rasgados, agujereados o usados.

231.5.2.2 Calidad del producto terminado

El geotextil colocado debe presentar una superficie uniforme, sin arrugas ni dobleces. Se debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del geotextil no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- Los traslapos y las costuras cumplan los requisitos establecidos en este artículo.

231.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geotextil colocado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los documentos del proyecto. Para efecto del pago, no se debe medir ningún área por fuera de tales límites, ni se deben considerar los traslapos.

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

231.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, el almacenamiento y el transporte del geotextil; la colocación del geotextil; los traslapos y costuras; los desperdicios; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

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

El material de cobertura y su colocación se debe pagar de acuerdo con la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 231.2.2.

231.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
231.1	Geotextil para separación de suelos de subrasante y capas granulares	Metro cuadrado (m^2)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geotextil que se especifique en el contrato.

Estabilización de suelos de subrasante con geotextil

Artículo 232 – 22

232.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geotextiles sobre una subrasante blanda y muy húmeda, de conformidad con los documentos del proyecto, para desempeñar las funciones de separación, filtración y, en algunos casos, refuerzo.

La función de estabilización es apropiada para suelos de subrasante con CBR entre uno y tres por ciento (1 % ≤ CBR < 3 %), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169 o tener un valor de resistencia al corte no drenado entre treinta y noventa kilopascales (30 kPa – 90 kPa). La determinación de la resistencia al corte no drenado se puede realizar con cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 o INV E-170. Los sitios para hacer las determinaciones deben ser los previstos en los documentos del proyecto o los indicados por el interventor.

Esta especificación no es aplicable al refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o del cuerpo del terraplén.

232.2 Materiales

232.2.1 Geotextil

El tipo y las propiedades requeridas del geotextil deben ser los establecidos en los documentos del proyecto, en función de las condiciones y los procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener el geotextil.

En general, se pueden emplear geotextiles tejidos o no tejidos, elaborados a partir de polímeros sintéticos de cadena larga, compuestos con un porcentaje mínimo del noventa y cinco por ciento (95 %) en masa de poliolefinas o poliéster. El geotextil debe permitir en todo momento el libre paso del agua.

Las propiedades de los geotextiles se expresan en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de la calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados, de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más de dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo.

232.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del geotextil deben ser las establecidas en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que se defina en ellos. Las propiedades mecánicas para su supervivencia en condiciones normales de instalación se especifican en la Tabla 232 — 1, en términos de VMPR.

232.2.1.2 Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas que debe cumplir el geotextil, salvo que los documentos del proyecto especifiquen otros requisitos, son las que se indican en la Tabla 232 — 2, en términos de VMPR.

Adicionalmente a los requisitos de permitividad, los documentos del proyecto pueden especificar requisitos de permeabilidad, determinada, según la norma de ensayo ASTM D4491 (por ejemplo, que sea una o varias veces superior a la permeabilidad del suelo).

Tabla 232 – 1. Propiedades mecánicas del geotextil en términos de VMPR
(Medidas en la dirección más débil del geotextil)

Propiedad	Norma de ensayo ASTM	Requisito	
		Geotextiles tejidos	Geotextiles no tejidos
Elongación (%)	D4632	< 50	≥ 50
Resistencia a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 400	900
Resistencia de la costura a la tensión Grab, valor mínimo (N)	D4632	1 260	810
Resistencia a la penetración con pistón de 50 mm de diámetro, valor mínimo (N)	D6241	2 750	1 925
Resistencia al rasgado trapezoidal, valor mínimo (N). (Nota)	D4533	500	350

Nota: el VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento debe ser de doscientos cincuenta newtons (250 N).

Tabla 232 — 2. Propiedades hidráulicas del geotextil en términos de VMPR

Característica	Norma de ensayo ASTM	VMPR
Permitividad, valor mínimo (s^{-1}). (Nota 1)	D4491	0,05
Tamaño de abertura aparente (TAA), valor máximo (mm). (Nota 2)	D4751	0,43
Estabilidad ultravioleta después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%)	D4355	50

Nota 1. la permitividad del geotextil debe ser mayor que la permitividad del suelo ($\psi_g > \psi_s$).

Nota 2: el valor del tamaño de abertura aparente (TAA) representa el valor máximo promedio por rollo.

232.2.1.3 Control de calidad de la producción

El fabricante de los geotextiles debe tener un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)* del *Geosynthetic Institute (GSI).*

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de la calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

232.2.2 Material de cobertura

Este material debe cumplir todo lo especificado en los artículos 311, Afirmado; 320, Subbase granular; y 330, Base granular, según sea el caso, de acuerdo con los documentos del proyecto.

232.2.3 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación del geotextil deben cumplir los requisitos establecidos en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante del geotextil.

232.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para instalar el geotextil correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que se deba colocar sobre el geotextil, de conformidad con la especificación correspondiente y los documentos del proyecto.

232.4 Ejecución de los trabajos

232.4.1 Generalidades

El interventor debe exigir al constructor que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la subrasante y de las capas inferiores del pavimento, si es el caso, la colocación del geotextil y la colocación, conformación y compactación del material de cobertura, de manera que el geotextil quede expuesto el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles deben tener empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades. Los empaques se deben mantener hasta que el material sea utilizado en obra. El geotextil debe ser almacenado en lugares protegidos del sol, libres de humedad y alta temperatura.

232.4.2 Suministro y manejo de los geotextiles

El geotextil que se suministre debe estar debidamente empacado. La identificación, el

almacenamiento y el manejo de los rollos de geotextil se deben hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geotextil debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geotextil se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geotextil se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geotextil se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geotextil deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlo.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté debidamente identificado.

Los rollos de geotextil no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o lanzados al piso.

En todo caso, se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante para el transporte y el almacenamiento de los geotextiles.

232.4.3 Preparación de la subrasante

La colocación del geotextil solo debe ser autorizada por el interventor cuando la subrasante se haya preparado adecuadamente. En el caso de la subrasante natural, su preparación debe estar de acuerdo con las indicaciones del artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

La superficie debe ser uniforme, compactada si es viable según las condiciones geotécnicas del suelo de subrasante y libre de elementos punzantes y cortantes.

232.4.4 Colocación del geotextil

232.4.4.1 Extensión

El geotextil se debe extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada, sin arrugas o dobleces. Si es necesario colocar rollos adyacentes de geotextil, estos se deben traslapar o unir mediante la realización de una costura, de acuerdo con numeral 232.4.4.2.

Los traslapos deben ser los recomendados en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante y aceptados por el interventor y dependen tanto del CBR de la subrasante, cuando se coloque sobre esta, como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no deben ser inferiores a los indicados en la Tabla 232 — 3.

Tabla 232 — 3. Traslapo mínimo

Condición	Traslapo mínimo
1 ≤ CBR < 3%	60 cm o costura
Todo final de rollo	1 m o costura

Las costuras que se usen en reemplazo de los traslapos deben cumplir las condiciones descritas en el numeral 232.4.4.2 y con los requisitos adicionales que se señalen en la ficha técnica del producto.

En las curvas, para desarrollar su geometría, el geotextil puede ser cortado con sus correspondientes traslapos o costuras, o doblado, según sea el caso.

El geotextil se puede mantener en su posición mediante estacas, pequeños montículos de agregados o cualquier medio mecánico que no lo dañe.

No se debe permitir que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor a tres días (3 d).

232.4.4.2 Elaboración de costuras

Las costuras deben cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- El tipo de hilo debe ser, poliéster o polipropileno. No se deben permitir hilos elaborados totalmente con fibras naturales, ni hilos de nylon. Cuando se propongan hilos compuestos por fibras sintéticas y fibras naturales, no se deben permitir aquellos que tengan diez por ciento (10 %) o más, en masa, de fibras naturales. Tampoco se deben permitir costuras elaboradas con alambres.
- El tipo de puntada puede ser simple (Tipo 101) o de doble hilo, también llamada de seguridad (Tipo 401).
- La densidad de la puntada debe ser, como mínimo, de ciento cincuenta a doscientas (150 – 200) puntadas por metro.
- La tensión del hilo se debe ajustar en el campo de tal forma que no corte el geotextil, pero que sea suficiente para asegurar una unión permanente entre las superficies por coser. Si se hace la costura a mano, se deben tener los cuidados necesarios para que, al pasar el hilo, el rozamiento no debilite las fibras del geotextil.
- De acuerdo con el tipo de geotextil y del nivel de esfuerzos a que se va a solicitar, el tipo de costura se puede realizar en diferentes configuraciones y con una o varias líneas de costura, siempre y cuando se asegure la correcta transferencia de la tensión.
- La resistencia a la tensión de la unión, de acuerdo con la norma ASTM D4632, debe ser, como mínimo, el noventa por ciento (90 %) de la resistencia a la tensión Grab del geotextil que se está cosiendo, medida de acuerdo con la misma norma de ensayo.
- Los paños de geotextil deben unirse mediante costurado, de un color que contraste con el del geotextil, de forma tal que se identifiquen fácilmente las zonas de traslapo o de reparación.
- Se debe entregar al interventor una descripción y muestra del tipo de costura que se va a emplear, como mínimo catorce

días (14 d) antes de iniciar la instalación del geotextil. Se debe presentar el tipo de puntada, y la densidad, junto con la información relevante. La muestra debe ser de por lo menos uno coma ocho metros (1,8 m) de costura en uno coma cinco metros (1,5 m) de ancho, realizada con el equipo con el que se va a llevar a cabo el trabajo en campo.

232.4.5 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se debe descargar en un lugar previamente escogido y aprobado por el interventor. Luego, el material se debe extender cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil. No se debe permitir el tránsito de maquinaria sobre el geotextil, hasta que se conforme y compacte adecuadamente la primera capa del material de cobertura. No se debe permitir el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre el geotextil debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características del geotextil y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo mayor o igual a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada de material de cobertura debe ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de cobertura se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. No se debe permitir el uso de equipo vibratorio o de equipos que puedan punzonar el geotextil para la compactación de la primera capa. Los equipos deben ser operados a velocidades inferiores a los quince kilómetros por hora (15 km/h). El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

Las obras de colocación y relleno se deben ejecutar por tramos, los cuales deben quedar terminados en lo posible al final de la jornada, a no ser que el interventor lo autorice de otra manera.

Los documentos del proyecto deben definir el ensayo de referencia para la compactación. Sin embargo, cuando no se defina, el material de cobertura se debe compactar a, por lo menos, el noventa y cinco por ciento (95 %) de los ensayos de compactación (INV E-142), teniendo una variación inferior a quince milímetros (15 mm) respecto a los niveles establecidos en el diseño.

232.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deben garantizar la permanente seguridad, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y transeúntes.

232.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a cinco grados Celsius (5 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

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

232.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

232.4.9 Reparaciones

Antes de ser cubierto, el geotextil colocado debe ser inspeccionado en busca de posibles daños de instalación. En caso de que los hubiese, estos se deben reparar inmediatamente, cubriéndolos con un paño de geotextil del mismo tipo y con las mismas características del geotextil por reparar, que se extienda como mínimo setenta y cinco centímetros (75 cm) alrededor de toda la zona dañada. Se deben seguir las consideraciones adicionales para la reparación consignadas en la ficha técnica del geotextil suministrada por el fabricante.

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las costuras, en los cortes o en los dobleces del geotextil; en la extensión y la compactación del material de cobertura; así como los que se deriven de un incorrecto PMT recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor, sin costo alguno para el INVÍAS.

232.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

232.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que la subrasante o la capa de apoyo estén preparadas adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y las cotas señaladas en los documentos del proyecto, antes de autorizar la colocación del geotextil.
- Verificar que cada rollo de geotextil tenga en forma clara la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.

- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles tengan los empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de los geotextiles contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante, la colocación del geotextil y la construcción de las capas de material de cobertura.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura. Los ensayos de control relacionados con el geotextil se deben hacer de conformidad con lo establecido en las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759.

Para efectos de pago, el interventor debe medir el trabajo ejecutado correctamente.

232.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

232.5.2.1 Calidad del geotextil

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del geotextil, donde se establezca el nombre del producto, la composición química relevante de los filamentos o cintas y toda la información que describa al geotextil, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas los requisitos establecidos en las Tablas 232 — 1 y 232 — 2 del presente artículo, o los que se establezcan en los documentos técnicos del proyecto, según los que prevalezcan.

Cada rollo de geotextil debe ser identificado con etiquetas que indiquen como mínimo el nombre del producto, la razón social o símbolo del fabricante, el tipo de geotextil, polímero geosintético del que está compuesto el geotextil, número de lote, número de rollo, peso, ancho y longitud del rollo, lugar de origen y fecha de fabricación.

El interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de geotextil que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 m^2 – 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra, como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. El número de especímenes se debe terminar de conformidad con las normas de ensayo ASTM D4354 y ASTM D4759. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se

deben empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en las Tablas 232 — 1 y 232 — 2.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las Tablas 232 — 1 y 232 — 2, o los que se establezcan en los documentos del proyecto, según los que prevalezcan. No se deben aceptar geotextiles rasgados, agujereados o usados.

232.5.2.2 Calidad del producto terminado

El geotextil colocado debe presentar una superficie uniforme, sin arrugas ni dobleces. Se debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde del geotextil no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- Los traslapos y las costuras cumplan los requisitos establecidos en este artículo.

232.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geotextil colocado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente especificación. El área se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los documentos del proyecto. No se debe medir ningún área por fuera de tales límites, ni se deben considerar, para efecto del pago, los traslapos.

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

232.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado de acuerdo con la presente especificación y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, almacenamiento y transporte del geotextil; la colocación del geotextil; los traslapos y costuras; los desperdicios; los costos de los desvíos que fuese necesario construir con motivo de la ejecución de las obras; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

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

El material de cobertura se debe pagar de acuerdo con la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 232.2.2.

232.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
232.1	Geotextil para estabilización de la subrasante	Metro cuadrado (m^2)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago diferente para cada tipo de geotextil que se especifique en el contrato.

Estabilización de suelos de subrasante y refuerzo de capas granulares con geomallas

Artículo 233 – 22

233.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro y la instalación de geomallas sobre la subrasante o entre capas granulares del pavimento, en los sitios y con las dimensiones señalados en los documentos del proyecto.

La función de estabilización es apropiada para suelos de subrasante con CBR entre uno y tres por ciento (1 ≤ CBR < 3 %), determinado con el ensayo descrito en la norma INV E-169, o tener un valor de resistencia al corte no drenado entre treinta kilopascales y noventa kilopascales (30 kPa – 90 kPa). La determinación de la resistencia al corte no drenado se debe realizar con cualquiera de los siguientes ensayos: norma INV E-152 o INV E-170. Los sitios para hacer las determinaciones deben ser los previstos en los documentos del proyecto o los indicados por el interventor. Para validar el funcionamiento de las geomallas se deben realizar tramos de prueba. Para subrasantes con CBR inferior a uno por ciento (CBR < 1 %), se debe evaluar la viabilidad de su uso mediante tramos de prueba.

En el caso de estabilización de suelos de subrasante con geomallas, los documentos del proyecto pueden indicar que se coloque un geotextil de separación entre la subrasante y la geomalla. En este caso, la instalación del geotextil de separación debe estar cubierta por el artículo 231, Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil.

Esta especificación no es aplicable para el refuerzo de terraplenes donde las condiciones de esfuerzos puedan causar fallas globales de la fundación o del cuerpo del terraplén.

233.2 Materiales

233.2.1 Geomalla

La geomalla debe ser biaxial o multiaxial y debe ser capaz de mantener su estabilidad dimensional durante su instalación y el tránsito normal de construcción.

La geomalla debe resistir el daño durante la construcción, incluyendo la degradación ultravioleta y debe tener resistencia a largo plazo a la degradación química y biológica.

El tipo y las propiedades requeridas de la geomalla deben ser los establecidos en los documentos del proyecto, en función de las condiciones y los procedimientos de instalación, de las condiciones geomecánicas del suelo de subrasante, de la granulometría y demás características del material de cobertura y de las cargas impuestas por los equipos durante la ejecución de los trabajos. En este numeral se indican las propiedades mínimas que debe tener la geomalla.

Varias de las propiedades de las geomallas se expresan en términos de Valores Mínimos Promedio por Rollo (VMPR). El VMPR es una herramienta de control de calidad que le permite a los fabricantes establecer los valores en sus certificados, de manera que el comprador tenga un nivel de confianza del noventa y siete coma siete por ciento (97,7 %) de que las propiedades, medidas sobre el producto que compra, cumplen con los valores certificados. Para datos que tengan una distribución normal, el VMPR se calcula como el valor típico menos dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores mínimos, o más dos (2) veces la desviación estándar, cuando se especifican valores máximos.

Los valores promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo deben satisfacer los requisitos establecidos en este artículo.

233.2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades de la geomalla deben ser las establecidas en los documentos del proyecto, según las condiciones particulares del mismo y la clase de supervivencia que en ellos se defina, a partir de la siguiente guía de la FHWA:

- FHWA-NHI-07-092, *Geosynthetic Design and Construction Guidelines*.

En las Tablas 233 — 1 y 233 — 2 se indican las propiedades mínimas que debe tener la geomalla, para las aplicaciones de estabilización de subrasante y refuerzo de las capas granulares, respectivamente.

Tabla 233 — 1. Propiedades mecánicas de la geomalla para estabilización de la subrasante

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito según la clase por supervivencia		
		Clase 1 (Alta)	Clase 2 (Moderada-1)	Clase 3 (Moderada-2)
Propiedades de refuerzo				
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Área abierta, como porcentaje (%) del área total.	Medido	50 – 90		
Tamaño de abertura, (mm). (Notas 1 y 2).	Medido	12,5 mm – 75 mm		
		≥ D_{50} del agregado encima de la geomalla		
		≤ 2 * D_{85} del agregado encima de la geomalla		

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito según la clase por supervivencia		
		Clase 1 (Alta)	Clase 2 (Moderada-1)	Clase 3 (Moderada-2)
Propiedades de supervivencia (Nota 3)				
Resistencia última a la tensión en prueba de con costillas múltiples, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	18	12	12
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N).	ASTM D7737	110	110	35
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%).	ASTM D4355	50		

Nota 1: la abertura de la geomalla se debe medir con un calibrador tipo Vernier, con precisión de cero coma cero un milímetro (0,01 mm). Se deben medir las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en cinco (5) sitios escogidos aleatoriamente.

Nota 2: D_{50} corresponde al diámetro del tamiz de menor abertura por el cual pasa el cincuenta por ciento (50 %) del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo. D_{85} corresponde al diámetro del tamiz de menor abertura por el cual pasa el ochenta y cinco por ciento (85 %) del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo.

Nota 3: los requisitos para las propiedades de resistencia por supervivencia representan el sentido principal más débil de la geomalla.

Tabla 233 — 2. Propiedades mecánicas de la geomalla para refuerzo de capas granulares

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito según la clase por supervivencia		
		Clase 1 (Alta)	Clase 2 (Moderada-1)	Clase 3 (Moderada-2)
Propiedades de refuerzo				
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Módulos secantes a la tensión para el dos y el cinco por ciento (2 % y 5 %) de elongación, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Coeficiente de interacción geosintético/ suelo por extracción para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo.	ASTM D6706	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Coeficientes de deslizamiento pico y residual en la interfaz geosintético/suelo, para el tipo de relleno contemplado en el proyecto, mínimo.	ASTM D5321	Según lo establecido en los documentos del proyecto, para cada una de las direcciones principales		
Área abierta, como porcentaje (%) del área total.	Medido	50 – 90		
Tamaño de abertura, (mm). (Nota 1).	Medido	Según lo establecido en los documentos del proyecto		

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito según la clase por supervivencia		
		Clase 1 (Alta)	Clase 2 (Moderada-1)	Clase 3 (Moderada-2)
Propiedades de supervivencia (Nota 2)				
Resistencia última a la tensión en prueba de costillas múltiples, VMPR (kN/m).	ASTM D6637	18	12	12
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N).	ASTM D7737	110	110	35
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición, valor mínimo (%).	ASTM D4355	50		

Nota 1: la abertura de la geomalla se debe medir con un calibrador tipo Vernier, con precisión de cero coma cero un milímetro (0,01 mm). Se deben medir las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en cinco (5) sitios escogidos aleatoriamente.

Nota 2: los requisitos para las propiedades de resistencia por supervivencia representan el sentido principal más débil de la geomalla.

En reemplazo del requisito de resistencia de las uniones o nodos, el fabricante puede documentar la supervivencia de las uniones a la instalación, mediante pruebas a escala real, según la norma ASTM D5818, que demuestren su integridad, en las condiciones del proyecto (suelo de apoyo, espesor de capas, materiales de relleno, equipo de construcción). La geomalla se debe cubrir con una capa de material de relleno de quince centímetros (15 cm) de espesor mínimo y debe ser sometida al paso repetido de una volqueta cargada, hasta producir un ahuellamiento de diez centímetros (10 cm). El informe de las pruebas debe incluir un registro fotográfico de la geomalla recuperada, que muestre claramente que las uniones no se han desplazado ni sufrido deterioro alguno durante el proceso de instalación.

233.2.1.2 Control de calidad de la producción

El fabricante de las geomallas debe contar con un proceso de producción que cuente con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo la norma ISO 9001. El laboratorio, propio o externo, que se use para realizar los ensayos de control de la calidad de la producción, debe estar acreditado bajo la norma ISO/IEC 17025 o contar con una acreditación *GAI-LAP (Geosynthetic Accreditation Institute-Laboratory Accreditation Program)* del *Geosynthetic Institute (GSI).*

El fabricante o proveedor debe suministrar el programa de control de la calidad y los datos de soporte, donde se indiquen los requisitos de ensayos, los métodos de ensayo, la frecuencia de los ensayos, los criterios de aceptación en la fabricación y el tamaño del lote para evaluación de cada producto.

233.2.2 Geotextil de separación

En el caso de estabilización de suelos de subrasante, si los documentos del proyecto indican que se debe colocar un geotextil de

separación entre la subrasante y la geomalla, sus propiedades deben cumplir los requisitos establecidos en el numeral 231.2 del artículo 231.

Normalmente se requiere un geotextil de separación cuando no se cumple con el siguiente requisito:

D_{85} de agregado sobre la geomalla < $5 * D_{85}$ del suelo de subrasante [233.1]

Donde:

D_{85}, diámetro del tamiz de menor abertura por el cual pasa el ochenta y cinco por ciento (85 %) del material, en masa, con respecto a la masa total del mismo.

233.2.3 Material de cobertura

Este material debe cumplir todo lo especificado en los artículos 311, Afirmado; 320, Subbase granular; y 330, Base granular, según sea el caso, de acuerdo con los documentos del proyecto.

233.2.4 Materiales accesorios

Los materiales accesorios, tales como grapas, arandelas, elementos de fijación y demás elementos necesarios para la instalación de la geomalla deben cumplir los requisitos establecidos en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante de la geomalla.

233.3 Equipo

Se debe disponer de los equipos necesarios para instalar la geomalla correctamente, así como de elementos de corte y costura y, además, de todos aquellos que se requieran para explotar, procesar, transportar, extender y compactar el material que se deba colocar sobre la geomalla, de conformidad con la especificación correspondiente y los documentos del proyecto.

233.4 Ejecución de los trabajos

233.4.1 Generalidades

Los trabajos se deben efectuar con la adecuada coordinación entre las actividades de preparación de la subrasante y de las capas inferiores del pavimento si es el caso, la colocación de la geomalla y la colocación, la conformación y la compactación del material de cobertura, de manera que la geomalla quede expuesta el menor tiempo posible.

Durante el transporte y el almacenamiento, las geomallas deben tener empaques que las protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

233.4.2 Suministro y manejo de las geomallas

Las geomallas que se suministren deben estar empacadas. La identificación, el almacenamiento y el manejo de los rollos de geomallas se deben hacer atendiendo lo dispuesto en la norma ASTM D4873.

El vehículo en el que se transporten los rollos de geomallas debe tener la longitud necesaria para proporcionarles apoyo continuo y evitar que se flexionen y dañen durante el traslado.

En el transporte (carga y descarga) de los rollos de geomallas se debe evitar que se produzcan daños mecánicos en los rollos (pinchazos, cortes, etc.).

Los rollos de geomallas se deben almacenar horizontalmente, preferiblemente, en sitios cubiertos protegidos de la luz solar y la humedad. Adicionalmente, si el almacenamiento se hace a la intemperie, el empaque debe ser opaco e impermeable y los rollos de geomallas se deben colocar elevados sobre soportes o estantes y no sobre el piso. En todo caso se deben evitar temperaturas superiores a setenta grados Celsius (70 °C).

Los rollos de geomallas deben ser almacenados preferiblemente en sitios cercanos al frente de trabajo, sobre superficies planas y libres de piedras u otros objetos que puedan dañarlo.

No se debe almacenar ningún rollo o fracción que haya resultado dañado o no esté identificado.

Los rollos de geomallas no deben ser arrastrados, izados por un extremo, levantados por medio de cables o cadenas o ser lanzados al piso.

En todo caso se deben tener en cuenta las indicaciones adicionales consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante, para el transporte y el almacenamiento de las geomallas.

233.4.3 Preparación de la subrasante o de la capa granular de apoyo

La colocación de la geomalla solo debe ser autorizada por el interventor cuando la subrasante o la capa granular de apoyo se haya preparado adecuadamente. En el caso de la subrasante natural, se debe preparar de acuerdo con las indicaciones del artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos.

233.4.4 Colocación de la geomalla

233.4.4.1 Extensión

La geomalla se debe extender en la dirección de avance de la construcción, directamente sobre la superficie preparada. La geomalla se debe alinear, templar manualmente y asegurar a la superficie para mantener la tensión. La sujeción a la superficie se debe hacer según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante, por medio de grapas o pequeñas pilas de agregado de cobertura.

Si es necesario colocar rollos adyacentes de geomalla, estos se deben traslapar de acuerdo con las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto.

En el caso de subrasantes muy blandas (CBR < 1 %), la geomalla se debe extender en forma perpendicular a la vía, salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa.

La geomalla no debe estar expuesta, sin cubrir, por más de tres días (3 d).

233.4.4.2 Empalmes

Las geomallas pueden ser traslapadas o pueden ser conectadas por medio de sujetadores mecánicos.

Los traslapos deben ser los recomendados en la ficha técnica del producto y aceptados por el interventor y dependen tanto del CBR de la subrasante, cuando se coloque sobre esta, como del tránsito que vaya a circular sobre la vía durante la construcción, pero no deben ser inferiores a los indicados en la Tabla 233 — 3.

Tabla 233 — 3. Traslapo mínimo

Condición	Traslapo mínimo
CBR ≥ 3%	30 cm
1 % < CBR < 3 %	60 cm
0,5 % < CBR ≤ 1 %	90 cm
CBR ≤ 0,5 %	Unión mecánica
Todo final de rollo	0,90 m

Los traslapos se deben asegurar con uniones plásticas, según las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto, separadas no más de seis metros (6 m) en las uniones longitudinales o uno coma cinco metros (1,5 m) en las uniones transversales. En el caso de subrasantes muy blandas (CBR < 1 %), los traslapos se deben amarrar con cable de nylon para mantener sus dimensiones.

En el caso de conexiones mecánicas, los elementos que se usen y los procedimientos de instalación se deben acoger a las recomendaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante de la geomalla. La durabilidad de estos elementos debe ser, como mínimo, igual a la durabilidad de la geomalla.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, la resistencia última a la tensión de las uniones mecánicas, medida en la dirección perpendicular al empalme, debe ser, como mínimo, igual a la resistencia última de la geomalla a la tensión en prueba con costillas múltiples especificada en la Tabla 233 — 1. La medición de la resistencia de la unión se debe realizar con el mismo procedimiento de ensayo que se utiliza para medir la resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples de la geomalla.

233.4.5 Colocación del material de cobertura

El material de cobertura se debe descargar en un lugar previamente escogido y autorizado por el interventor. Luego, el material se debe extender cuidadosamente, empleando un método que no dé lugar a daños en la geomalla.

Sobre la geomalla no deben transitar directamente los equipos de construcción de orugas. Debe haber una cobertura mínima de quince centímetros (15 cm) para permitir su circulación. Los equipos de llantas pueden transitar sobre la geomalla, siempre y cuando el material de apoyo lo permita, a una velocidad máxima de cinco kilómetros por hora (5 km/h).

No se debe permitir el giro de maquinaria sobre la primera capa de dicho material de cobertura.

El espesor de la primera capa compactada de material de cobertura sobre la geomalla debe estar definido en los documentos del proyecto, en función de la granulometría del material, de las características de la geomalla y del equipo de construcción. En general, para materiales pétreos de tamaño máximo igual o mayor a treinta milímetros (≥ 30 mm), el espesor de la primera capa compactada

de material de cobertura debe ser de veinte centímetros como mínimo (≥ 20 cm). Para materiales pétreos de tamaño máximo menor de treinta milímetros (< 30 mm), el espesor de la primera capa compactada debe ser de quince centímetros como mínimo (≥ 15 cm).

El material de cobertura se debe compactar con el equipo adecuado, hasta lograr el grado de compactación exigido para el material en la especificación respectiva, antes de dar paso al tránsito temporal sobre la vía o comenzar las labores de colocación de la siguiente capa. El relleno se debe llevar a cabo hasta la cota indicada en los documentos del proyecto.

233.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

El constructor debe contar con un PMT e instalar todos los elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, los cuales deben garantizar la permanente seguridad, tanto del personal y de los equipos de construcción, como de usuarios y de transeúntes.

233.4.7 Limitaciones en la ejecución

Por ningún motivo se debe permitir adelantar los trabajos objeto del presente artículo, cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

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

233.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

233.4.9 Reparaciones

Todos los defectos que se presenten en la extensión, en los traslapos, en las uniones, en los elementos de sujeción, en los cortes de la geomalla, en la extensión y la compactación del material de cobertura, así como los que se deriven de un incorrecto control del tránsito recién terminados los trabajos, deben ser corregidos por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor, sin costo alguno para INVÍAS.

233.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

233.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Verificar que la subrasante o la capa de apoyo estén preparadas adecuadamente y que se cumplan las dimensiones y las cotas señaladas en los documentos del proyecto, antes de autorizar la colocación de la geomalla.
- Verificar que cada rollo de geomalla presente, en forma clara, la información del fabricante, el número del lote y la referencia del producto, así como la composición química del mismo.
- Comprobar que, durante el transporte y el almacenamiento, las geomallas tengan los empaques que las protejan de la acción de los rayos ultravioleta, agua, barro, polvo, y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Verificar que el sistema de almacenamiento garantice la protección de las geomallas contra cualquier tipo de deterioro.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la preparación de la subrasante o capa granular de apoyo, la colocación de la geomalla y la construcción de las capas de material de cobertura.
- Efectuar ensayos de control sobre la geomalla, en un laboratorio independiente al del fabricante o proveedor, y los ensayos pertinentes al material de cobertura.

Para efectos de pago, el interventor debe medir las cantidades de obra ejecutadas a satisfacción.

233.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

233.5.2.1 Calidad de la geomalla

Por cada lote de rollos que llegue a la obra, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante de la geomalla, donde se establezca el nombre del producto, la composición química y toda la información que describa la geomalla, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o en las Tablas 233 — 1 y 233 — 2, según los que prevalezcan. El interventor no debe aceptar el empleo de suministros de geomalla que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega.

Además, el interventor debe escoger al azar un número de rollos equivalente a la raíz cúbica del número total de rollos que conformen el lote. Se deben evaluar rollos estándar con un área entre cuatrocientos y seiscientos metros cuadrados (400 m^2 — 600 m^2) cada uno. En el caso de rollos con áreas diferentes, el total de metros cuadrados se debe convertir a unidades de rollos equivalentes de quinientos metros cuadrados (500 m^2).

De cada rollo se deben descartar las dos primeras vueltas de geomalla para el muestreo. Posteriormente, se debe tomar una muestra, como mínimo de un metro (1 m) por el ancho correspondiente al rollo, verificando que esté totalmente seca y limpia. Tales especímenes, debidamente identificados (número de lote, referencia del producto, etc.), se deben empacar y enviar a un laboratorio distinto al del fabricante o proveedor, para que les sean realizadas las pruebas especificadas en los documentos del proyecto o en la Tabla 233 — 4, según lo que prevalezca.

En relación con los resultados de las pruebas, no se debe admitir ninguna tolerancia sobre los límites establecidos.

Tabla 233 — 4. Pruebas de verificación de la calidad de la geomalla

Propiedad	Norma de ensayo
Propiedades de refuerzo	
Resistencia última a la tensión en prueba con costillas múltiples (kN/m). (Nota 1).	ASTM D6637
Módulos secantes a la tensión para el dos y el cinco por ciento (2 % y 5 %) de elongación (kN/m).	ASTM D6637
Área abierta, como porcentaje (%) del área total.	Medido
Tamaño de abertura (mm). (Nota 2).	Medido
Propiedades de supervivencia	
Resistencia de las uniones o nodos, VMPR (N).	ASTM D7737
Estabilidad ultravioleta: resistencia retenida después de quinientas horas (500 h) de exposición (%).	ASTM D4355

Nota 1: para aplicaciones de refuerzo de capas granulares.

Nota 2: la abertura de la geomalla se debe medir con un calibrador tipo Vernier, con precisión de cero coma cero un milímetro (0,01 mm). Se deben medir las dimensiones internas (entre costillas) en cada dirección principal, en cinco (5) sitios escogidos aleatoriamente.

233.5.2.2 Calidad del producto terminado

La geomalla colocada debe presentar una superficie uniforme y templada. Se debe verificar, además, que:

- La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la geomalla no sea inferior a la señalada en los documentos del proyecto.
- Los traslapos, las uniones y las sujeciones cumplan con los requisitos establecidos en este artículo.

233.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de geomalla colocada; aprobada por el interventor, de acuerdo con lo exigido por la presente

especificación. El área se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de la vía, por el ancho especificado en los documentos del proyecto. No se debe medir ningún área por fuera de tales límites, ni se debe considerar, para efecto del pago, los traslapos.

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

233.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para todo trabajo ejecutado, de acuerdo con la presente especificación y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir el suministro, el almacenamiento y el transporte de la geomalla; la colocación de la geomalla, con sus uniones y elementos de fijación; los traslapos; los desperdicios; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período posterior en que se deba impedir o controlar, de acuerdo con las instrucciones del interventor; así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

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

El material de cobertura se debe pagar de acuerdo con la especificación que corresponda al material utilizado, según se indica en el numeral 233.2.3.

La instalación del geotextil de separación, si se requiere, se debe pagar según el artículo 231, Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil.

233.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
233.1	Geomalla para estabilización de suelos de subrasante	Metro cuadrado (m^2)
233.10	Geomalla para refuerzo de capas granulares	Metro cuadrado (m^2)

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada tipo de geomalla que se especifique en el contrato.

Conformación de taludes existentes

Artículo 234 – 22

234.1 Descripción

Este trabajo consiste en las operaciones necesarias para mejorar geométricamente superficies irregulares o deterioradas de taludes existentes de excavaciones, terraplenes y pedraplenes que así lo requieran, de acuerdo con los documentos del proyecto.

La ejecución de las labores de acabado geométrico de taludes nuevos, que se construyan como parte del proyecto está incluida en las respectivas unidades de obra: artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 220, Terraplenes; y 221, Pedraplenes, según corresponda.

234.2 Materiales

Los materiales requeridos para las operaciones de relleno descritas en el numeral 234.4, deben ser los que autorice el interventor. Los materiales por emplear deben ser preferiblemente provenientes de las obras de la explanación. El uso de materiales de préstamo debe ser justificado por el constructor y aprobado por el interventor.

234.3 Equipo

El equipo que se utilice para el perfilado debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en la cantidad suficiente para producir el rendimiento y para garantizar el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo. Su selección es responsabilidad del constructor. Dicho equipo se debe mantener en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que dure la ejecución de la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si durante el trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo, en tanto que el constructor corrija las deficiencias. Los atrasos en el programa de ejecución, que se ocasionen por este motivo, son responsabilidad del constructor.

Los equipos y los procedimientos constructivos deben garantizar la conservación de obras elaboradas previamente, árboles u otros elementos existentes.

234.4 Ejecución de los trabajos

En lo posible, las obras de conformación de taludes se deben realizar con posterioridad a la explanación y después de construir los drenajes y obras de arte que no interfieran con la operación.

Se debe eliminar de la superficie de los taludes, cualquier material inadecuado o inestable que no se pueda compactar debidamente o que el interventor considere que no sirva a los fines previstos. Los huecos resultantes se deben rellenar con materiales

adecuados, preferiblemente provenientes de la misma explanación, de acuerdo con las indicaciones del interventor.

En caso de que se produzca un deslizamiento o un proceso de inestabilidad en el talud de un terraplén, se debe retirar y sustituir el material afectado por el movimiento, y reparar el daño producido en la obra. El contacto entre el material sustituido y el remanente en el talud se debe escalonar para asegurar la estabilidad del primero. A continuación, la superficie final del talud se debe perfilar, de acuerdo con los criterios definidos en este artículo.

Los taludes deben quedar conformados de acuerdo con los documentos del proyecto y las instrucciones complementarias del interventor, y se debe mantener en perfecto estado hasta el recibo definitivo de las obras, tanto en lo que se refiere a los aspectos funcionales como a los estéticos.

Los perfilados de taludes que se efectúen para armonizar con el paisaje circundante se deben hacer con una transición gradual, cuidando especialmente las transiciones entre taludes de distinta inclinación. En los tramos de paso de excavación a terraplén y viceversa, los taludes se curvan gradualmente para unirse entre sí y con la superficie natural del terreno, sin originar una discontinuidad visible.

El vértice inferior y superior de la cara de cada talud se debe redondear, excepto en aquellos sobre roca dura, ajustándose a los documentos del proyecto e instrucciones del interventor. Del mismo modo, se deben redondear los recubrimientos de tierra sobre masas de roca.

El acabado de los taludes debe ser suave, uniforme y totalmente acorde con la superficie del terreno y la carretera, sin grandes contrastes, y ajustándose al proyecto, procurando evitar daños a árboles existentes o rocas que tengan pátina (cualquier superficie expuesta donde sea evidente la alteración, física o química, de los minerales de la roca *in situ*), para lo cual se deben hacer los ajustes necesarios.

Los materiales que no se utilicen se deben retirar del sitio de los trabajos, y se deben depositar en las Zonas de Disposición de Materiales de Excavación (ZODME) o zonas de disposición autorizadas, en la forma que indique el proyecto o apruebe el interventor. Con esto se busca evitar alteraciones a la funcionalidad de la carretera, al paisaje y a cuerpos de agua, así como para no obstaculizar el drenaje natural. Se debe seguir, en todo caso, lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Cualquier daño no previsto a una estructura o construcción existente causado por la ejecución de los trabajos de excavación debe ser asumido por el constructor, quien debe reponer el bien a entera satisfacción de su propietario sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

234.4.1 Limitaciones en la ejecución

No se deben adelantar los trabajos objeto del presente artículo cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie sean inferiores a dos grados Celsius (2 °C) o haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra.

Los trabajos de conformación de taludes existentes se deben realizar en condiciones de luz

solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

De cualquier modo, a pesar de las limitaciones en la ejecución de las labores, estas se deben considerar en la planeación del trabajo para su realización.

234.4.2 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a la presente especificación se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

234.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

234.5.1 Controles

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

- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo de construcción.
- Verificar la eficiencia y la seguridad de los procedimientos de construcción.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas conformadas.
- Comprobar que se cumplen las exigencias de la ejecución de los trabajos y las tolerancias definidas en el presente artículo.

Para efectos de pago, el interventor debe medir las unidades de trabajo ejecutado por el constructor, de acuerdo con la presente especificación.

234.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los taludes deben ser perfilados, de acuerdo con las pendientes establecidas en los documentos del proyecto. Ningún punto de su superficie se debe alejar más de diez centímetros (10 cm) del plano teórico de dicho talud. Si el material del talud es conglomerado o roca, la tolerancia debe ser de treinta centímetros (30 cm).

La medida se debe hacer en la dirección perpendicular al plano del talud. Se exceptúan de estos requisitos las áreas con afloramientos rocosos, cuya permanencia haya sido aprobada por el interventor.

234.6 Medida

La conformación de taludes existentes se debe pagar por metro cuadrado (m^2), aproximado a la décima (0,1), medido sobre el plano del talud. El resultado de la medida se

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

No debe haber medición para efectos de pago por la construcción de escalones, ni por los redondeos de los bordes superiores de los cortes. Las sobreexcavaciones y los cortes no autorizados por el interventor, deben ser a cargo del constructor, incluso sus rellenos, cuando corresponda.

234.7 Forma de pago

El trabajo de conformación de taludes existentes, se debe pagar al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada, de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario para la conformación de taludes existentes debe cubrir todos los costos por concepto de excavación, remoción, cargue, acarreo libre, y descargue de los materiales en la zona de utilización o desecho, así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

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

El pago de este ítem se debe realizar cuando, por la naturaleza del proyecto, se haya contemplado como actividad independiente. De otra forma, se debe considerar incluido en las unidades de obra definidas por los artículos: artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 220, Terraplenes; y 221, Pedraplenes, según corresponda.

234.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
234.1	Conformación de taludes existentes	Metro cuadrado (m^2)

Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento

Artículo 235 – 22

235.1 Descripción

Este trabajo consiste en la estabilización, en sitio o en planta, de los suelos de subrasante y terraplén, mediante su mezcla homogénea con cemento hidráulico, de acuerdo con las dimensiones, los alineamientos y las secciones indicados en los documentos del proyecto.

Para la estabilización de suelos, se deben definir tramos homogéneos que permitan garantizar los diseños de mezcla, los procesos constructivos y el control de calidad de la obra.

235.2 Materiales

235.2.1 Suelos

Los suelos que se van a estabilizar con cemento hidráulico pueden resultar de la combinación de gravas, arenas, limos y arcillas, existentes o provenientes de zonas de préstamo, siempre y cuando estos no presenten altos contenidos de materia orgánica o sales en cantidades perjudiciales que afecten su desempeño.

La caracterización del suelo debe tener como objetivo obtener una mezcla económica y un buen desempeño estructural, en términos de la cantidad de cemento.

Los suelos, para su estabilización con cemento, deben cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 235 — 1. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos adicionales para los suelos por estabilizar con cemento.

Tabla 235 — 1. Requisitos de suelos para la estabilización de suelos con cemento

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Composición (F)		
Material que pasa el tamiz de 4,75 mm (nro. 4) (%)	INV E-213	Reportar
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) (%)	INV E-214	Reportar
Limpieza (F)		
Límite líquido (%)	INV E-125	Reportar
Límite plástico (%)	INV E-126	Reportar
Contenido de materia orgánica, máximo (%). (Nota 1)	INV E-121/UNE 103204	2

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos, expresada como $SO_4^=$, máximo (%)	INV E-233/UNE 103201	0,9 (Nota 2)

Nota 1: se pueden estabilizar suelos con contenido de materia orgánica entre dos y tres por ciento (2 % – 3 %) cuando la viabilidad de su estabilización sea demostrada mediante un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental. El ensayo de contenido de materia orgánica se puede realizar mediante la norma INV E-121 o la UNE 103204.

Nota 2: la utilización de suelos con sulfatos solubles puede dar lugar a hinchamientos por la formación de ettringita secundaria y otros compuestos. Cuando en las características geológicas de la zona, hayan dificultades para disponer de suelos o materiales locales con contenidos de sulfatos solubles iguales o superiores a cero coma nueve por ciento (0,9 %), se requiere la realización de un estudio específico de aptitud de uso:

- El valor de expansión volumétrica de suelo estabilizado después de siete días (7 d) de inmersión en agua, debe ser inferior al cinco por ciento (5 %), de acuerdo con la norma UNE-EN 13286-49.
- Se debe cumplir, además, que la resistencia a la tracción indirecta, norma UNE-EN 13286-42 (o NTC 722), sea mayor o igual a cero coma dos megapascales (0,2 MPa).

235.2.2 Cemento

Los documentos del proyecto deben establecer el tipo de cemento por utilizar, teniendo en cuenta las recomendaciones del artículo 501, Suministro de cemento hidráulico, o de la NTC 4050. La selección se debe acompañar de la definición de los procesos de colocación y compactación que garanticen la adecuada disposición y curado de las capas, los cuales deben ser confirmados y aprobados por el interventor en la fase experimental.

El constructor debe presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con el cemento, como parte del diseño de la mezcla.

Si por alguna razón el cemento ha fraguado parcialmente o contiene terrones del producto endurecido, no debe ser utilizado. Tampoco se debe permitir emplear cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

235.2.3 Agua

El agua que se requiera para la estabilización con cemento debe ser limpia y libre de cantidades apreciables de aceites, ácidos, álcalis, azúcares, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial que pueda afectar al cemento. Así mismo, el agua no debe afectar negativamente el fraguado, el endurecimiento y el comportamiento de la mezcla. El agua utilizada en la mezcla debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 235 — 2.

Tabla 235 — 2. Requisitos del agua no potable para la estabilización de suelos con cemento

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH, mínimo	D1293	5,5
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

235.2.4 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada, mejorar las características de la mezcla o mejorar el comportamiento esperado de la mezcla; para su uso, se recomienda establecer una especificación particular como la que se presenta en la «*Guía para el diseño y construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos*» del Instituto de Desarrollo Urbano - IDU, 2005, o similar, y que tenga en cuenta:

1. Establecimiento de las condiciones de humedad relativa, temperatura media y viento de la zona de los trabajos.
2. Clasificación del aditivo según el tipo de procesos de estabilización; los tipos de procesos de estabilización son:
   - Sistemas de transporte coloidal (STC)
   - Estabilización suelo-polvo de roca (SPR)
   - Estabilización por medio de enzimas (ENZ)
   - Estabilización electromecánica de suelos (EQS)
   - Estabilización a través de bases orgánicas (BO)
   - Estabilizaciones con adiciones a suelos cemento (ASC)
3. Ejecución de ensayos (laboratorio y/o in situ) y análisis de resultados que demuestren que los aditivos cumplen la función prevista con los materiales.
4. Determinación de las dosificaciones de la fórmula de trabajo y metodología de puesta en obra.
5. Con base en los resultados de laboratorio de la fase exploratoria, determinación del módulo de rigidez estimado (*Ee*) de la capa estabilizada.

El empleo de aditivos retardadores de fraguado es obligatorio cuando se prevea que la temperatura ambiente durante la construcción de la capa estabilizada sea mayor a treinta grados Celsius (30 °C), salvo que el interventor, con base en los resultados de ensayos realizados para obtener la fórmula de trabajo, apruebe la construcción convencional sin uso de aditivos.

Para la ejecución de los trabajos, el constructor debe constatar y establecer la fecha de vencimiento de los aditivos. Por ningún motivo se pueden aplicar aditivos que se encuentren vencidos.

Luego de ejecutados los trabajos, se deben realizar ensayos a muestras extraídas *in-situ* de la capa estabilizada que determinen el módulo de rigidez obtenido (*Eo*) de la capa estabilizada, con el propósito de verificar y documentar el grado de mejora logrado.

235.2.5 Del suelo estabilizado para rellenos de terraplén

En los documentos del proyecto o durante la ejecución de la obra se puede determinar la necesidad de estabilización de materiales usados para la formación de rellenos tipo terraplén cuando, como resultado de la caracterización de los materiales efectuada, se incumpla con alguno de los criterios establecidos en el artículo 220, Terraplenes, pero se cumplan los establecidos en la Tabla 235 — 3. En este caso, la estabilización debe tener alguno de los siguientes objetivos:

- Disminución del potencial expansivo y de contracción del suelo a nivel medio para cuerpo de terraplén y nivel bajo para corona respectivamente, de acuerdo con los requerimientos de la norma INV E-132.
- Aumento de la resistencia medida a través del CBR y reducción del potencial de expansión, a través de la norma INV E-148.
- Reducción del potencial de colapso del suelo medido a través de la norma INV E-157.

En tal caso, deben ser aplicables, la definición de las partes de un terraplén, los requisitos de acabado y las demás descritas en el artículo 220.

Cuando así se determine, los materiales estabilizados con cemento que se empleen en la construcción de los terraplenes deben cumplir los requisitos indicados en la Tabla 235 — 3.

Tabla 235 — 3. Características del material para terraplén estabilizado con cemento

Característica	Norma de ensayo	Cimiento y núcleo	Espaldones y corona
Valor de azul de metileno, máximo (g/kg).	INV E-235	40	40
Límite líquido, máximo (%). (Nota 1).	INV E-125	40	40
Límite de contracción, Método de Parafina, mínimo (%).	INV E-129	13	13
Contenido mínimo de cemento (%). (Nota 2).	INV E-617	2	2
Característica	**Norma de ensayo**	**Cimiento y núcleo**	**Espaldones y corona**
CBR de laboratorio cuatro días (4 d) sumergido, mínimo (%). Los valores de CBR indicados corresponden a la densidad mínima exigida en el numeral 235.5.3.1 de esta especificación.	INV E-148	6	6
Expansión libre en edómetro, máximo (%).	ASTM D4546	1,5	No expansivo
Índice de colapso, máximo (%). El espécimen se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 235.5.3.1. de esta especificación y con el contenido de agua correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.	INV E-157/ ASTM D4546	0,5	No colapsable

Nota 1: cuando el límite líquido sea mayor al treinta por ciento (30 %) el índice de plasticidad debe ser mayor a cuatro (4).

Nota 2: el contenido mínimo de cemento se puede disminuir hasta uno coma cinco por ciento (1,5 %) siempre que se justifique adecuadamente, se compruebe en el tramo de prueba con los medios y equipos que se vayan a emplear en la obra, y se cuente con la autorización del interventor.

235.3 Equipo

Para la ejecución de los trabajos de estabilización se deben emplear equipos mecánicos, que pueden ser independientes, o equipos que realicen dos o más operaciones. En general, el equipo que se utilice para la construcción de capas estabilizadas debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en la cantidad suficiente para producir el volumen establecido, conforme a los resultados de los tramos de prueba, y es responsabilidad del constructor su selección. Dicho equipo se debe mantener en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo, hasta que el constructor corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución son responsabilidad del constructor.

El constructor debe emplear en la obra el tipo de equipo señalado en los documentos del proyecto. Si estos documentos no definen el equipo, se debe usar una máquina de tambor rotatorio y cámara de mezclado como mínima categoría de equipo.

235.4 Ejecución de los trabajos

235.4.1 Diseño de la mezcla y determinación de la fórmula de trabajo

235.4.1.1 Diseño de la mezcla

El diseño de la mezcla se debe ajustar al propósito de estabilización de suelos, de acuerdo con las características requeridas del suelo.

Los documentos del proyecto establecen los criterios de diseño de mezcla, dentro de los cuales pueden estar los citados en la Tabla 235 — 4.

Tabla 235 — 4. Criterios de diseño estabilización de suelos con cemento

Característica	Norma de ensayo INV
Reducción del contenido de agua	E-122
Reducción de la plasticidad	E-125 y E-126
Reducción de la expansión en prueba de CBR	E-148
Aumento de la capacidad de soporte (Nota)	E-148
Aumento de la resistencia a la compresión inconfinada	E-614

Nota: el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión en agua.

235.4.1.2 Fórmula de trabajo

Si en el corredor por estabilizar existe variabilidad de zonas geotécnicas, se debe dividir en zonas homogéneas, a cada una de las cuales se debe asignar una fórmula de trabajo. El interventor debe velar por la correcta aplicación de cada una y no está facultado

para autorizar pagos adicionales cuando las labores del constructor se hayan desviado de los diseños establecidos para cada zona. El constructor debe entregar con suficiente antelación al interventor las fórmulas de trabajo para ser avaladas. No se debe permitir proceder con la estabilización sin el cumplimiento de dicho requisito.

Si la característica requerida del suelo corresponde a un aumento de la resistencia, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del suelo por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño.
- El contenido de agua del suelo inmediatamente antes de la mezcla y el de la mezcla en el momento de la compactación.
- El contenido óptimo de cemento (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de acuerdo con el método de ensayo INV E-148.
- Cada uno de los valores de todos los criterios de diseño establecidos en los documentos del proyecto.

Para los procesos de estabilización con cemento para material de terraplén, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del material de terraplén por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo de cemento empleado en el diseño.
- Propiedades físicas del cemento.
- El diseño de la mezcla debe garantizar que se cumpla la normativa del cemento a usar; para el caso colombiano, la norma NTC 121.
- El contenido óptimo de cemento (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con lo definido en los documentos del proyecto o en su defecto lo aprobado por el interventor, con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de la mezcla de acuerdo con el método de ensayo INV E-148.
- Expansión libre de la muestra de acuerdo con la norma ASTM D4546.
- Índice de colapso de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-157/ASTM D4546.
- Cada uno de los valores de los diferentes criterios de diseño que se establezcan en los documentos del proyecto.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. La fórmula ajustada debe satisfacer los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla los cuales deben estar en los documentos del proyecto.

Si durante la ejecución de las obras se presentan variaciones en las características de los suelos por estabilizar, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

235.4.2 Fase de experimentación

Previo al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo y se debe determinar el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Se deben realizar tantos tramos de experimentación y validación, como tramos homogéneos que fueron identificados en la fase de diseño, además de los que se identifiquen durante el desarrollo del proyecto.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado y debe decidir su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, contenido de agua, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material mezclado con cemento previo a la compactación en campo, y de acuerdo con las normas INV E-148 e INV E-157 respectivamente. Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado, y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

La compactación en laboratorio del material con cemento, para ensayos de CBR e índice de colapso, se debe realizar máximo dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) posteriores a la finalización del proceso de mezclado.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las modificaciones necesarias y, si fuese preciso, modificar el diseño, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta que ellas resulten aprobadas por el interventor sin que con ello se afecten los tiempos y plazos del proyecto. Los tramos que no cumplan deben ser retirados a costo del constructor.

Tanto el constructor como el interventor deben emitir un informe con los resultados de la fase de experimentación y validación, y su cumplimiento como requisito para el inicio de la fase de construcción.

En cada tramo de experimentación y validación, deben quedar definidos los siguientes aspectos:

- Para estabilización en el sitio de obra.
  - Escarificación de los suelos para estabilización en el sitio (espesor y tipo de material).
  - Metodología de aplicación del cemento de acuerdo con la condición planteada en la fase de experimentación.
  - Homogeneidad de la mezcla.

- Para mezcla en planta mediante bachadas de prueba.
  - Gradación del material mezclado.
  - Tiempos de producción.
  - Método y tiempo de transporte de la mezcla hasta la obra.

- Para estabilización en sitio o mezcla en planta.
  - Equipos y metodología para el perfilado.
  - Metodología para el ajuste del contenido de agua.
  - Metodología para la compactación.
  - Juntas de trabajo.
  - Metodología para el curado de la capa compactada.
  - Tiempo de apertura al tránsito.
  - Limitaciones en la ejecución.

Todos los trabajos descritos en los numerales siguientes se deben realizar de acuerdo con lo aprobado en la fase de experimentación y validación, para cada uno de los tramos homogéneos definidos en la etapa de diseño o de construcción.

235.4.3 Preparación de la superficie a intervenir

Antes de dar inicio a los trabajos de estabilización, se debe verificar que todo el personal cuente con la dotación y elementos de seguridad industrial de conformidad con el artículo 102, Aspectos generales de seguridad y salud. Además, se debe asegurar el control adecuado del tránsito, así como colocar los dispositivos de seguridad transitorios que sean necesarios, de acuerdo con lo indicado en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

La conformación de la capa se debe ejecutar acomodándose a las dimensiones de la sección existente en la carretera, las nuevas secciones transversales indicadas en los documentos del proyecto o siguiendo otras disposiciones aprobadas por el interventor.

Se debe considerar que los materiales para la estabilización se disponen de conformidad con el espesor de diseño, teniendo en cuenta la reducción de espesor que se produce después de mezclar y compactar la capa para tomar las medidas necesarias que garanticen su correcta ejecución. Adicionalmente, antes de extender el suelo de aportación se debe comprobar que la superficie subyacente tenga la densidad exigida y las rasantes indicadas en los documentos del proyecto.

Previamente se debe remover el material orgánico o deteriorado, las raíces, la basura y los agregados mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm).

Antes de proceder con los trabajos de disgregación de los suelos, es de tenerse en cuenta que, de acuerdo con los documentos del proyecto o las indicaciones del interventor, se deben garantizar los equipos idóneos para que el material que sea escarificado se pueda conformar en camellones o colchones adecuados para efectuar la mezcla.

235.4.4 Disgregación de los suelos

Antes de aplicar el cemento, el suelo se debe disgregar con el equipo definido en los documentos del proyecto en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en estos documentos. El suelo disgregado no debe contener elementos ni terrones de tamaños superiores a ochenta milímetros (80 mm). Una vez disgregado el suelo de subrasante, este se debe conformar a la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

La superficie sobre la que se debe colocar la capa estabilizada no debe presentar irregularidades, por lo que se deben reparar satisfactoriamente los baches existentes.

Debido a eventuales factores externos que alteren el contenido de agua de la capa a estabilizar, se debe garantizar el cumplimiento del intervalo de tolerancia del contenido de agua del suelo inmediatamente antes de la aplicación del cemento y de su mezclado, de acuerdo con lo definido en la fórmula de trabajo, mediante el humedecimiento o el secado homogéneo del suelo disgregado.

La longitud de calzada disgregada no debe exceder la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos días (2 d) de trabajo, salvo autorización escrita del interventor.

Al final de cada día de trabajo se debe dejar la superficie del suelo con una pendiente positiva y se debe proporcionar una junta de construcción de acuerdo con el numeral 235.4.8 para unirla al suelo estabilizado existente.

235.4.5 Aplicación del cemento

235.4.5.1 Aplicación del cemento en polvo

El cemento se puede aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se debe esparcir sobre el suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material no puede ser superior al definido durante el proceso de diseño como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido solo se debe permitir el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el suelo.

El cemento solo se debe extender en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo.

235.4.5.2 Aplicación del cemento en forma de lechada

La lechada de cemento se debe elaborar con un mezclador apropiado en proporciones aproximadas en masa de sesenta y cinco por ciento (65 %) de agua y treinta y cinco por ciento (35 %) de cemento, con una anticipación no mayor a treinta minutos (30 min) de su utilización.

La lechada de cemento se debe añadir al suelo en forma simultánea con la ejecución de la mezcla con el suelo por estabilizar.

Antes de iniciar los trabajos se deben purgar y poner a punto las bombas y los dispersores de agua y de lechada, fuera del lugar de empleo, para garantizar las cantidades establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua y uniforme. Se debe realizar la limpieza de los difusores durante cada parada del equipo y como mínimo, dos (2) veces al día. En el caso de la aplicación del cemento en seco, se deben coordinar adecuadamente los avances de los procesos de dosificación y de mezcla del estabilizante, sin que exista entre ambos un desfase superior a veinte metros (20 m).

235.4.6 Elaboración de la mezcla

Se puede emplear el mezclado en acopio, en planta o en vía de acuerdo con lo siguiente:

235.4.6.1 Mezclado en acopio

El material aprobado para su uso conforme a los requisitos de la Tabla 235 — 1 se debe dosificar con la cantidad de cemento definido, de acuerdo con el diseño en peso del material suelto.

El mezclado inicial se debe hacer con un equipo adecuado, para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. Posteriormente este material se debe transportar y mezclar nuevamente en la vía para terminar la disgregación del material y lograr una mezcla homogénea.

Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento.

235.4.6.2 Mezclado en planta

En dicho caso, se debe usar una planta continua con equipos que aseguren la homogeneidad de la mezcla. El transporte de la mezcla a la obra se debe realizar en volquetas estancas y cubiertas.

La planta debe permitir dosificar por separado el material, suministrar el cemento y el agua en las proporciones y con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo.

Las tolvas para los materiales deben tener paredes resistentes y estancas, y bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente. Deben estar provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero u otro sistema que evite un exceso de contenido. Se deben evitar contaminaciones entre las tolvas y estas deben estar provistas a su salida de dispositivos ajustables de dosificación.

Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento.

235.4.6.3 Mezclado en vía

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento en polvo o simultáneamente con la adición del cemento en forma de lechada, se debe efectuar la mezcla, empleando el equipo aprobado, en el espesor establecido en los documentos del proyecto. El número de pasadas depende del equipo utilizado y debe ser el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante y se continúa mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad.

Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento.

235.4.7 Compactación

La compactación de la mezcla se debe realizar de acuerdo con el plan propuesto por

el constructor y aprobado por el interventor durante la fase previa de experimentación. Los trabajos de compactación deben ser terminados en un lapso no mayor de dos horas (2 h) desde el inicio de la mezcla.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se debe mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

El material extendido se debe compactar hasta alcanzar el grado de compactación indicado en los documentos del proyecto o aprobado por el interventor.

Entre las sucesivas pasadas longitudinales del equipo de estabilización para tratar toda la sección transversal, se debe producir un solape transversal que evite la existencia de zonas insuficientemente estabilizadas o la acumulación de segregaciones. El solape se condiciona por el ancho de las máquinas y las franjas tratadas y debe estar comprendido generalmente entre quince a veinticinco centímetros (15 cm – 25 cm).

En el caso de estabilización de suelos para la formación de terraplenes, durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas terminadas debe tener una pendiente transversal mínima de cuatro por ciento (4 %).

235.4.8 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deben cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al término de la jornada de trabajo o cuando las operaciones de colocación se paralicen por más de dos horas (2 h) se debe formar una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de suelo estabilizado con cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada, mediante un procedimiento aceptable para el interventor.

Todo material producto de los cortes debe ser retirado de la obra. Las caras verticales, producto de los cortes, se deben humedecer antes de continuar con la colocación del material en áreas adyacentes.

235.4.9 Curado de la capa compactada

Terminada la conformación y la compactación de la capa de suelo estabilizada con cemento, esta se debe proteger contra pérdidas de contenido de agua por un periodo de siete días (7 d), aquel que haya sido definido en la fase experimental o hasta que el suelo estabilizado se cubra con la capa superior, mediante humedecimiento frecuente.

El tiempo de apertura al tránsito debe ser el determinado en la fase de experimentación. Cuando no existan validaciones al respecto, el tiempo de apertura debe ser igual o mayor a siete días (7 d) después de la compactación

y curado. Cuando el tiempo de apertura al tránsito sea menor a siete días (7 d), la velocidad de circulación debe ser menor a treinta kilómetros por hora (30 km/h) para evitar posibles afectaciones por abrasión.

235.4.10 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento solo se pueden llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5 °C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella ocurra. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado el contenido de agua de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 235.4.6, el constructor debe retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado hasta ser aprobado por el interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

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

235.4.11 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de la estabilización de suelos con cemento se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto, en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada se deben mantener correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- El manejo y la aplicación del cemento se deben realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.
- El constructor debe especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que se deben utilizar en la ejecución de los trabajos. Estos métodos deben ser presentados al interventor y aprobados por este antes de cada jornada.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

235.4.12 Conservación de la capa terminada

El constructor debe conservar la capa estabilizada con cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido hasta ser aprobado por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

235.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Deben ser de estricto cumplimiento las verificaciones para el control de calidad de los materiales y la capa terminada.

235.5.1 Calidad de los materiales

235.5.1.1 Calidad de los suelos

Se deben efectuar las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 235 — 5. Los resultados obtenidos deben cumplir los valores establecidos en la Tabla 235 — 1.

Además, el interventor puede adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 235 — 5. Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Material que pasa el tamiz de 4,75 mm (nro. 4)	INV E-213	1 por jornada
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200)	INV E-214	1 por jornada
Característica	**Norma de ensayo**	**Frecuencia**
Limpieza (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Límite plástico	INV E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	1 a la semana
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del suelo a tratar, expresada como $SO_4^=$	INV E-233/UNE 103201	1 al mes

235.5.1.2 Calidad del cemento

Por cada suministro de cemento que llegue a la obra, el proveedor debe entregar un certificado de calidad donde se indiquen las propiedades del producto entregado, de acuerdo con el artículo 501 o la NTC 4050, con la finalidad de verificar la calidad del producto y establecer su aceptación o rechazo.

Las verificaciones se deben realizar conforme al numeral 501.5.2 del artículo 501. Así mismo, cuando el cemento haya superado la fecha de vencimiento establecida por el proveedor, si fuere el caso, lleve más de tres (3) meses almacenado en condiciones atmosféricas normales, o ambos, antes de su empleo, el constructor debe realizar, como mínimo, sobre una muestra representativa del cemento almacenado, sin excluir los terrones que se hubieran podido formar, los ensayos que permitan medir sus propiedades de desempeño. Si los resultados no cumplen con lo establecido en el artículo 501 o en la NTC 4050, se debe proceder a su homogenización y se deben realizar nuevos ensayos. Si no cumple, se debe proceder a su desuso y retiro de la obra.

En ambientes muy húmedos o en condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el constructor puede reducir el plazo de tres (3) meses para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del cemento.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el constructor lo considere conveniente, se deben llevar a cabo ensayos adicionales para la comprobación de las características que estime necesarias.

La toma de muestras del cemento se debe realizar lo más rápido posible, para reducir al mínimo la absorción de humedad. Una vez recogida la muestra, se debe guardar en un recipiente estanco y con cierre hermético hasta su análisis.

Como alternativa, se puede realizar un tramo de prueba que permita validar la calidad del cemento almacenado.

235.5.1.3 Calidad del agua

Una vez al mes, cada vez que cambie la fuente o siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se debe verificar su pH y su contenido de sulfatos. Los resultados obtenidos deben cumplir los valores establecidos en la Tabla 235 — 2.

235.5.2 Calidad de la mezcla

235.5.2.1 Contenido de cemento

Para verificar la homogeneidad de la mezcla, se debe determinar el contenido de cemento mediante la norma INV E-617 o ASTM D5982 de tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 235.5.3.

El porcentaje de cemento promedio de las tres (3) muestras que representan al lote (*CPL* %), debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*CFT* %).

$$CFT\ \% - 0{,}3\ \% \leq CPL\ \% \leq CFT\ \% + 0{,}3\ \% \quad [235.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (*CI* %), no debe diferir del valor promedio del lote (*CPL* %), en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$CPL\ \% - 0{,}5\ \% \leq CI\ \% \leq CPL\ \% + 0{,}5\ \% \quad [235.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (*CPL* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de

los límites, implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada con cemento.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

235.5.2.2 Resistencia a la compresión inconfinada (cuando los documentos del proyecto establecen un requisito para este parámetro)

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra, se deben moldear probetas (dos por muestra) de acuerdo con la norma de ensayo INV E-141 o INV E-142, según corresponda, y teniendo en cuenta las condiciones evaluadas en la fase experimental, para verificar en el laboratorio su resistencia a la compresión simple, luego de siete días (7 d) de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. El ensayo de resistencia a la compresión inconfinada se debe ejecutar según la norma INV E-614.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote (R_m), debe ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el constructor (R_d) y aprobado por el interventor.

$$R_m \geq 0{,}92 * R_d \quad [235.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio (R_m), y se debe admitir solo un valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0{,}90 * R_m \quad [235.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

235.5.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se debe considerar como lote que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa estabilizada con cemento.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de capa estabilizada con cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustada a las rasantes y las pendientes establecidas. La distancia entre

el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota de cualquier punto de la capa compactada no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deben realizar los siguientes controles:

235.5.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de los suelos estabilizados con cemento, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [235.5]$$

Donde:

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

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

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-141 o INV E-142, realizado sobre una muestra representativa del mismo.

Los documentos del proyecto deben definir el ensayo de referencia para obtener el peso unitario entre el ensayo INV E-141 y el INV E-142.

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-141:

GC_l (90) ≥ 98,0 % *se acepta el lote* [235.6]

GC_l (90) < 98,0 % *se rechaza el lote* [235.7]

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-142:

GC_l (90) ≥ 95,0 % *se acepta el lote* [235.8]

GC_l (90) < 95,0 % *se rechaza el lote* [235.9]

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se debe calcular según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada

por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

235.5.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no debe ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [235.10]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), debe ser cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose solo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [235.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote. En este caso, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y la estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

Opcionalmente, el interventor puede autorizar que la capa de espesor deficiente sea complementada mediante la colocación de un espesor adicional de material estabilizado de similares características que complete el espesor de diseño, siempre y cuando no se alteren los niveles de rasante del proyecto. En caso de ser autorizada, esta labor debe ser adelantada por el constructor sin costo adicional para INVÍAS.

235.5.3.3 Planicidad

La superficie acabada no debe presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), norma de ensayo INV E-793, colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

Para suelos empleados para la conformación de terraplenes se aplican los requisitos de planicidad y acabado definidos en el artículo 220.
Todas las áreas de capa estabilizada con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deben ser corregidas por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este, sin costo adicional para INVÍAS.

235.5.3.4 Suelos estabilizados para terraplén

Cuando el suelo de subrasante estabilizado con cemento sea usado para la conformación de terraplenes, se deben realizar los siguientes controles:

Se deben tomar muestras de material estabilizado una vez finalicen los procesos de mezclado, conformación y nivelación del material, y previo al inicio de la compactación de este.

Tabla 235 — 6. Verificaciones periódicas sobre el material de terraplén por estabilizar

Material	Norma de ensayo	Cimiento, núcleo y corona
Límite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice plástico	INV E-126	Una (1) vez por jornada
Límite de contracción	INV E-127	Una (1) vez por semana
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Valor de azul de metileno	INV E-235	Una (1) vez por semana, cuando así se requiera
CBR de laboratorio	INV E-148	Una (1) vez por mes
Expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por mes
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material cuyo proceso de mezclado con el cemento haya finalizado y previo a la compactación en campo, y de acuerdo con la norma de ensayo INV E-148.

Si se requiere evaluar la resistencia del material ya colocado y compactado en campo, los ensayos anteriormente mencionados se deben realizar sobre muestras inalteradas talladas *in situ* tomando el cuidado requerido para evitar la pérdida de integridad de la muestra.

Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado en el terraplén y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

235.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla colocada y compactada, aprobada por el interventor, de acuerdo con esta especificación. El volumen se debe determinar utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los documentos del proyecto, previa verificación de la conformidad de su anchura y espesor con dichos documentos y dentro de las tolerancias permitidas en este artículo.

No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones por parte del constructor.

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se debe pagar por aparte, la unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor.

En este caso, para determinar la cantidad de cemento efectivamente incorporada a la mezcla se debe tomar el porcentaje de cemento promedio del lote (*CPL*), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla, como se indica en el numeral 235.5.2.1, se debe efectuar el cálculo correspondiente y se debe aproximar al kilogramo entero.

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

235.7 Forma de pago

El pago de la capa estabilizada con cemento se debe hacer por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir la escarificación de la subrasante en el espesor requerido y su posterior disgregación, hasta cumplir las exigencias de este artículo; los costos de suministro del cemento en el sitio, en acopio o en planta; los costos de suministro en el sitio, en acopio o en planta del agua y de aditivos que se puedan requerir para la estabilización; los costos de mezcla, colocación, nivelación y compactación, y los costos de transporte para las mezclas elaboradas en acopio o en planta.

El precio unitario debe incluir, también, el suministro en el sitio y la aplicación del agua para el curado de la capa compactada y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de obtención de todos los permisos ambientales requeridos; las instalaciones provisionales; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras. Además, debe incluir los costos de la fase de experimentación, de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del constructor, así como los de la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

Si los documentos del proyecto indican que el cemento se debe pagar por aparte, el precio unitario de la capa estabilizada con cemento debe excluir el suministro en el sitio de este.

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

235.8 Ítem de pago

La presente especificación cuenta con las siguientes partidas de pago, las cuales se deben indicar en los documentos del proyecto.

Opción 1: el precio unitario del suelo estabilizado con cemento incluye el suministro del cemento.

Ítem	Descripción	Unidad
235.1	Suelo de subrasante estabilizado con cemento (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
235.2	Terraplén estabilizado con cemento (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)

Opción 2: el precio unitario de suelo estabilizado con cemento no incluye el suministro del cemento.

Ítem	Descripción	Unidad
235.10	Suelo de subrasante estabilizado con cemento (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)
235.11	Cemento para estabilización de suelos	Kilogramo (kg)
235.12	Terraplén estabilizado con cemento (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m^3)

Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cal

Artículo 236 – 22

236.1 Descripción

Este trabajo consiste en el tratamiento, en sitio o en planta, de los suelos para subrasante y terraplenes, mediante su mezcla homogénea con cal viva (óxido de calcio) o cal hidratada (hidróxido de calcio), de acuerdo con las dimensiones, los alineamientos y las secciones indicadas en los documentos del proyecto.

Para la estabilización de suelos, se deben definir tramos homogéneos que permitan garantizar los diseños de mezcla, los procesos constructivos y el control de calidad de la obra.

236.2 Materiales

236.2.1 Suelos

Los suelos que se van a estabilizar con cal pueden resultar de la combinación de gravas, arenas, limos y arcillas, existentes o provenientes de zonas de préstamo, siempre y cuando estos no presenten altos contenidos de materia orgánica o sales de sulfato en cantidades perjudiciales que afecten su desempeño.

La caracterización del suelo de subrasante tiene como objetivo obtener una mezcla óptima (funcional y económica) y un buen desempeño estructural, en términos de la cantidad de cal.

Los suelos para su estabilización con cal deben cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 236 — 1. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos adicionales para los suelos que van a ser estabilizados.

Tabla 236 — 1. Requisitos de suelos de subrasante y terraplén para la estabilización con cal

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Composición (F)		
Material que pasa el tamiz de 4,75 mm (nro. 4) (%)	INV E-213	Reportar
Material que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro. 10) (%)		Reportar
Material que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40) (%)		Reportar
Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200), mínimo (%). (Nota 1)		25

Característica	Norma de ensayo	Requisito
Limpieza (F)		
Límite líquido (%)	INV E-125	Reportar
Índice de plasticidad, mínimo (%)	INV E-125 e INVE-126	12
Contenido de materia orgánica, máximo (%). (Nota 2)	INV E-121/UNE 103204	2
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos, expresada como $SO_4^=$, máximo (%). (Nota 3)	INV E-233/UNE 103201	0,9

Nota 1: suelos clasificados por el Sistema Unificado (SUCS) como CH, CL, MH, SC, SM, GC, SW-SC, SP-SC, SM-SC, GP-GC o GM-GC son potencialmente tratables con cal. Se pueden estabilizar suelos con material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) entre el quince y el veinticinco por ciento (15 % – 25 %), cuando la viabilidad de su estabilización sea demostrada, mediante un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental.

Nota 2: se pueden estabilizar suelos con contenido de materia orgánica entre el dos y el tres por ciento (2 % – 3 %) cuando la viabilidad de su estabilización sea demostrada mediante un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental. El ensayo de contenido de materia orgánica se puede realizar mediante la norma INV E-121 o la UNE 103204.

Nota 3: las concentraciones de sulfato en el suelo menores que tres mil partes por millón (3 000 ppm) (0,3 %) difícilmente causan problemas. Las concentraciones de tres mil a cinco mil partes por millón (3 000 ppm – 5 000 ppm) (0,3 % – 0,5 %) pueden ser estabilizadas fácilmente si se tiene cuidado para seguir buenas prácticas constructivas, tales como el usar suficiente cantidad de agua y permitir un buen tiempo para que la mezcla de cal y suelo fragüen. Cuando exista una alta proporción de sulfatos, se debe tener en cuenta el debido proceso constructivo (estabilización previa del cincuenta por ciento (50 %) de la cal obtenida en el diseño y después de ocho horas (8 h) dosificar el otro cincuenta por ciento (50 %) de cal).

236.2.2 Cal

Se debe usar cal que cumpla con los requisitos de la Tabla 236 — 2.

Tabla 236 — 2. Características de la cal para estabilización de subrasante

Propiedades	Parámetro	Norma de ensayo	Requisito cal hidratada	Requisito cal viva 90 (Nota 2)	Requisito cal viva 85 (Nota 2)
Químicas	Óxido total (CaO + MgO), sobre base no volátil, mínimo (%)	NTC 5059:2002/ ASTM C25	-	90	85
	Hidróxido de Calcio ($Ca(OH)_2$), mínimo (%)	NTC 5059:2002/ ASTM C25	80	-	-
	Dióxido de carbono sobre base no volátil, tomado en la planta de fabricación, máximo (%)	NTC 5059:2002/ ASTM C25/ UNE-EN 459-2	4	4	7

Propiedades	Parámetro	Norma de ensayo	Requisito cal hidratada	Requisito cal viva 90 (Nota 2)	Requisito cal viva 85 (Nota 2)
Físicas	Contenido de agua libre en punto de fabricación, máximo (%)	NTC 5233:2003/ ASTM C110	2	-	-
	Reactividad (velocidad de apagado), mínimo (minutos)	NTC 5233:2003/ ASTM C110	-	40 °C en 6 minutos	40 °C en 6 minutos
	Tamaño de la partícula (Nota 1)	NTC 5233:2003/ ASTM C110	Partículas retenidas en el tamiz de 0,212 mm (nro. 70), 2 % máximo. Partículas retenidas en el tamiz de 0,09 mm (nro. 170), 7 % máximo	Partículas retenidas en el tamiz de 0,212 mm (nro. 70), 5 % máximo. Partículas retenidas en el tamiz de 0,09 mm (nro. 170), 15 % máximo	Partículas retenidas en el tamiz de 0,212 mm (nro. 70), 5 % máximo. Partículas retenidas en el tamiz de 0,09 mm (nro. 170), 15 % máximo

Nota 1: en el caso de la cal viva, considerando que pueda ser ventajosas granulometrías más gruesas para el control de volátiles en obra, se puede hacer uso de tamaños de partícula mayores siempre y cuando la viabilidad de su uso sea demostrada mediante un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental. En todo caso, el porcentaje de material retenido en el tamiz de 6,35 mm (1/4 de pulgada) debe ser siempre inferior a quince por ciento (15 %).

Nota 2: en el caso de la cal viva, el requisito de cal viva 85 y el requisito de cal viva 90 corresponden al ochenta y cinco por ciento (85 %) y noventa por ciento (90 %) de pureza de la cal, respectivamente.

No se debe permitir el empleo de cal que haya fraguado parcialmente o presente grumos o indicios de prehidratación.

236.2.3 Agua

El agua que se utilice para los procesos de estabilización con cal y curado de la mezcla debe ser limpia, libre de cantidades apreciables de materia orgánica y otras sustancias perjudiciales. Así mismo, el agua no debe afectar negativamente el fraguado, endurecimiento y comportamiento de la mezcla. En todo caso, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 236 — 3.

Tabla 236 — 3. Requisitos del agua no potable para la estabilización con cal

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH, mínimo	D1293	5,5
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

236.2.4 Del suelo estabilizado para rellenos de terraplén

En los documentos del proyecto o durante la ejecución de la obra se puede determinar la necesidad de estabilización de materiales usados para la formación de rellenos tipo terraplén, cuando como resultado de la caracterización de los materiales efectuada se incumpla con alguno de los criterios establecidos en el artículo 220, Terraplenes, pero se cumplan los establecidos en la Tabla 236 — 1. En este caso, la estabilización debe tener alguno de los siguientes objetivos:

- Disminución del potencial expansivo y de contracción del suelo al nivel medio para cuerpo de terraplén y nivel bajo para corona respectivamente, de acuerdo con los requerimientos de la norma INV E-132.
- Aumento de la resistencia medida a través del CBR y reducción del potencial de expansión, a través de la norma INV E-148.
- Reducción del potencial de colapso del suelo medido a través de la norma INV E-157.

En tal caso, deben ser aplicables, la definición de las partes de un terraplén, los requisitos de acabado y las demás descritas en el artículo 220.

Cuando así se determine, los materiales estabilizados con cal que se empleen en la construcción de los terraplenes deben cumplir los requisitos indicados en la Tabla 236 — 4.

Tabla 236 — 4. Requisitos del material para terraplén estabilizado con cal

Característica	Norma de ensayo	Cimiento y núcleo	Corona
Valor de azul de metileno, máximo (g/kg).	INV E-235	40	40
Límite líquido, máximo (%). (Nota 1).	INVE-125	-	40
Índice de plasticidad, máximo (%).	INV E-126	15	15
Límite de contracción, Método de Parafina, mínimo (%).	INV E-129	13	13
Contenido mínimo de cal (%). (Nota 2)	INV E-606	2	2
CBR de laboratorio cuatro días (4 d) sumergido, mínimo (%). Los valores de CBR indicados corresponden a la densidad mínima exigida en el numeral 236.5.3.1 de esta especificación.	INV E-148	6	6
Expansión libre en edómetro.	ASTM D4546	2	1
Índice de colapso, máximo (%). El espécimen se debe fabricar con la densidad mínima exigida en el numeral 236.5.3.1. de esta especificación y con el contenido de agua correspondiente en el lado seco de la curva de compactación.	INV E-157	1	No colapsable

Nota 1: cuando el límite líquido sea mayor al treinta por ciento (30 %) el índice de plasticidad debe ser mayor al cuatro por ciento (4 %).

Nota 2: el contenido mínimo de cal se puede disminuir hasta uno coma cinco por ciento (1,5 %) siempre que se justifique adecuadamente, se compruebe en el tramo de prueba con los medios y equipos que se vayan a emplear en la obra, y se cuente con la autorización del interventor.

236.3 Equipo

La ejecución de los trabajos de estabilización debe emplear equipos mecánicos, que pueden ser independientes, o equipos que realicen dos o más operaciones. En general, el equipo que se utilice para la construcción de capas estabilizadas debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido, conforme a los resultados de los tramos de prueba, y es responsabilidad del constructor su selección. Dicho equipo se debe mantener en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo hasta que el constructor corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución son responsabilidad del constructor.

En la obra, el constructor debe emplear el tipo de equipo señalado en los documentos del proyecto. Si estos no definen el equipo, se debe dar por definido el uso de una máquina de tambor rotatorio con cámara de mezclado como mínima categoría de equipo.

236.4 Ejecución de los trabajos

236.4.1 Diseño de la mezcla y determinación de la fórmula de trabajo

236.4.1.1 Diseño de la mezcla

El diseño de la mezcla se debe ajustar al propósito de mejoramiento o de estabilización de suelos, de acuerdo con las características requeridas.

Los documentos del proyecto deben establecer los criterios de diseño de mezcla, dentro de los cuales pueden estar los citados en la Tabla 236 — 5.

Tabla 236 — 5. Criterios de diseño estabilización de suelo con cal

Característica	Norma de ensayo INV
Reducción del contenido de agua	E-122
Reducción de la plasticidad	E-604, E-125 y E-126
Reducción de la expansión	E-148, E-607
Aumento de la capacidad de soporte (Nota)	E-148
Resistencia a la compresión inconfinada	E-605

Nota: el CBR se mide sobre muestras sometidas previamente a siete días (7 d) de inmersión en agua.

236.4.1.2 Fórmula de trabajo

Si en el corredor que se va a estabilizar existe variabilidad de zonas geotécnicas, se debe dividir en zonas homogéneas, a cada una de las cuales se debe asignar una fórmula de trabajo. El interventor debe velar por la correcta aplicación de cada una y no está facultado

para autorizar pagos adicionales, cuando las labores del constructor se hayan desviado de los diseños establecidos para cada zona. El constructor debe entregar con suficiente antelación al interventor las fórmulas de trabajo para ser avaladas. No se debe permitir proceder con la estabilización sin el cumplimiento de dicho requisito.

Si la característica requerida del suelo de subrasante corresponde a un aumento de la resistencia, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del material de subrasante por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo y la marca de cal empleada en el diseño.
- Propiedades físicas y químicas de la cal (incluyendo el pH).
- El contenido óptimo de cal (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de acuerdo con los métodos de ensayo INV E-148 e INV E-607.
- Cada uno de los valores de los diferentes criterios de diseño que se establezcan en los documentos del proyecto.

Para otros procesos de estabilización con cal como secado o modificación, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- El tipo de cal empleada en el diseño.
- Propiedades físicas y químicas de la cal (incluyendo el pH).
- El contenido óptimo de cal (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- Cada uno de los valores de los diferentes criterios de diseño que se establezcan en los documentos del proyecto.

Para los procesos de estabilización con cal para material de terraplén, la fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar, como mínimo, lo siguiente:

- La clasificación del material de terraplén por estabilizar (granulometría y límites de Atterberg).
- El tipo de cal empleada en el diseño.
- Propiedades físicas y químicas de la cal (incluyendo el pH).
- El contenido óptimo de cal (*CFT* %).
- El valor de densidad máxima de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- El porcentaje óptimo de agua para mezcla y compactación, de acuerdo con el método de ensayo INV E-141 o INV E-142.
- CBR y expansión, de la mezcla de acuerdo con los métodos de ensayo INV E-148 e INV E-607.
- La expansión libre de la muestra de acuerdo con la norma ASTM D4546.
- El índice de colapso de la mezcla, de acuerdo con el método de ensayo INV E-157.

- Cada uno de los valores de los diferentes criterios de diseño que se establezcan en los documentos del proyecto.

La fórmula de trabajo que se establezca en el laboratorio puede ser ajustada con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase experimental. La fórmula ajustada debe satisfacer los requisitos establecidos en los documentos del proyecto para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras se presentan variaciones en las características de los suelos por estabilizar, se deben realizar los estudios conducentes a una nueva fórmula de trabajo. En tal caso se deben definir nuevos tramos homogéneos y fórmulas de trabajo asociadas.

236.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones representativas de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo y se debe determinar el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Se deben realizar tantos tramos de experimentación y validación, como tramos homogéneos que fueron identificados en la fase de diseño, además de los que se identifiquen durante el desarrollo del proyecto.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado y debe decidir su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, contenido de agua, espesor de la capa, proporción de cal y demás requisitos exigidos.

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material mezclado con la cal previo a la compactación en campo, y de acuerdo con las normas INV E-148 y INV E-157 respectivamente. Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado, y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

La compactación en laboratorio del material con cal, para ensayos de CBR e índice de colapso, se debe realizar máximo dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) posteriores a la finalización del proceso de mezclado.

Cuando los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las modificaciones necesarias y, si fuese preciso, modificar el diseño, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta ser aprobadas por el interventor, sin que con ello se afecten los tiempos y los plazos del proyecto. Los tramos que no cumplan deben ser retirados a costo del constructor.

Tanto el constructor como el interventor deben emitir un informe con los resultados de la fase de experimentación y validación que evidencie su cumplimiento como requisito para el inicio de la fase de construcción.

En cada tramo de experimentación y validación, deben quedar definidos los siguientes aspectos:

- Para estabilización en el sitio de obra:

  - Escarificación de los suelos para estabilización en el sitio (espesor y tipo de material).
  - Metodología para la aplicación de la cal.
  - Homogeneidad de la mezcla.

- Para mezcla en planta, mediante bachadas de prueba:

  - Gradación del material mezclado.
  - Tiempos de producción.
  - Método y tiempo de transporte de la mezcla hasta la obra.

- Para estabilización en sitio o mezcla en planta:

  - Equipos y metodología para el perfilado.
  - Metodología para el ajuste del contenido de agua.
  - Tiempo necesario para la reacción química.
  - Metodología para la compactación.
  - Juntas de trabajo.
  - Metodología para el curado de la capa compactada.
  - Tiempo de apertura al tránsito.
  - Limitaciones en la ejecución.

Todos los trabajos descritos en los numerales siguientes se deben realizar de acuerdo con lo aprobado en la fase de experimentación y validación, para cada uno de los tramos homogéneos definidos en la etapa de diseño o de construcción.

236.4.3 Preparación de la superficie a intervenir

Antes de dar inicio con los trabajos de estabilización, se deben colocar los dispositivos de seguridad transitorios que sean necesarios, se debe verificar que todo el personal cuente con la dotación completa, en buen estado y los elementos de protección obligatorios y se debe asegurar el control adecuado del tránsito.

La conformación de la capa se debe ejecutar acomodándose a las dimensiones de la sección existente en la carretera, las nuevas secciones transversales indicadas en los documentos del proyecto o siguiendo otras disposiciones aprobadas por el interventor.

Los materiales para la estabilización se deben colocar de conformidad con el espesor especificado, teniendo en cuenta la reducción de espesor que se produce después de mezclar y compactar la capa. Antes de extender el material se debe comprobar que la superficie subyacente tenga la densidad exigida y las rasantes indicadas en los documentos del proyecto.

Previamente se debe remover el material orgánico o deteriorado, raíces, basura y agregados mayores de setenta y cinco (75 mm). El material que sea escarificado se debe conformar en camellones o colchones adecuados para efectuar la mezcla. La escarificación se debe realizar con un equipo idóneo que garantice la ejecución del proceso con los rendimientos establecidos en la etapa de experimentación.

La superficie sobre la que se debe colocar capa estabilizada no debe presentar irregularidades, por lo que se deben reparar satisfactoriamente los baches existentes.

236.4.4 Disgregación de los suelos

Antes de aplicar la cal, el suelo se debe disgregar con el equipo definido en los documentos

del proyecto en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en estos documentos. El suelo disgregado no debe contener elementos ni terrones de tamaños superiores a ochenta milímetros (80 mm). Una vez disgregado el suelo de subrasante, este se debe conformar a la sección transversal de la calzada.

La longitud de calzada disgregada no debe exceder de la que se pueda tratar y compactar de acuerdo con esta especificación en dos días (2 d) de trabajo, salvo cuando exista autorización escrita del interventor.

Cuando se cuente con equipos especializados para tal fin (estabilizadoras o recicladoras) la cal puede ser aplicada sin una escarificación previa. Esto debe facilitar el tránsito de los camiones esparcidores de cal en especial en suelos húmedos. El uso de equipos sin escarificación debe ser avalado en la fase de experimentación.

236.4.5 Aplicación de la cal

236.4.5.1 Aplicación de la cal en polvo

La cal se puede aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se debe esparcir sobre el suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar.

Durante la aplicación de la cal, el contenido de agua del material no debe ser superior al definido como adecuado en la fórmula de trabajo para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con la cal. Se debe hacer una mezcla de cal, suelo y agua adecuadas para obtener una mezcla friable y homogénea. Sobre la cal esparcida solo se debe permitir el tránsito del equipo que la va a mezclar con el suelo.

La cal solo se debe extender en la superficie que pueda terminarse en la jornada de trabajo. Se deben coordinar adecuadamente los avances de los procesos de dosificación y de mezcla del estabilizante, sin que exista entre ambos un desfase superior a veinte metros (20 m).

Para la aplicación de cal viva en polvo se deben adoptar las medidas de prevención necesarias para la protección colectiva e individual, que reduzcan al máximo los riesgos, tanto para contacto con la piel y los ojos, como por inhalación de aerosoles que se hayan dispersado en el aire durante las operaciones de dosificación y mezcla.

236.4.5.2 Aplicación de la cal en forma de lechada

La lechada de cal se debe fabricar con un mezclador apropiado en proporciones aproximadas en masa de sesenta y cinco por ciento (65 %) de agua y treinta y cinco por ciento (35 %) de cal hidratada, con una anticipación no mayor a treinta minutos (30 min) de su utilización.

La lechada de cal se debe añadir al suelo, en forma simultánea con la ejecución de la mezcla con el suelo de subrasante por estabilizar.

Antes de iniciar los trabajos se deben purgar y poner a punto las bombas y los dispersores de agua y de lechada, fuera del lugar de empleo, para garantizar las cantidades establecidas en la fórmula de trabajo de manera continua

y uniforme. Se debe realizar la limpieza de los difusores durante cada parada del equipo y como mínimo, dos (2) veces al día.

236.4.6 Elaboración de la mezcla

Se puede emplear el mezclado en acopio, en planta o en vía de acuerdo con lo siguiente.

236.4.6.1 Mezclado en acopio

El material aprobado para su uso conforme a los requisitos de la Tabla 236 — 1 se dosifica con la cantidad de cal definida de acuerdo con el diseño en peso del material suelto.

El mezclado inicial se hace con un equipo adecuado para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. Posteriormente este material es transportado y mezclado nuevamente en la vía para terminar la disgregación del material y lograr una mezcla homogénea.

Durante la aplicación de la cal, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con la cal.

236.4.6.2 Mezclado en planta

Se debe usar en dicho caso una planta continua con equipos que aseguren la homogeneidad de la mezcla. El transporte de la mezcla a la obra se debe realizar en volquetas estancas y cubiertas.

La planta debe permitir dosificar por separado el material, suministrar la cal y el agua en las proporciones y con las tolerancias fijadas en la fórmula de trabajo.

Las tolvas para los materiales deben tener paredes resistentes y estancas, y bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, deben estar provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero u otro sistema que evite un exceso de contenido. Se debe evitar contaminaciones entre las tolvas y estas deben estar provistas a su salida de dispositivos ajustables de dosificación.

Durante la aplicación de la cal, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con la cal.

236.4.6.3 Mezclado en vía

Inmediatamente después de ser esparcida la cal en polvo o simultáneamente con la adición de la cal en forma de lechada, se debe efectuar la mezcla, empleando el equipo aprobado, en el espesor establecido en los documentos del proyecto. El número de pasadas depende del equipo utilizado y es necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante y se continúa mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad.

Durante la aplicación de la cal, el contenido de agua del material solo puede variar, más o menos, el uno por ciento (± 1 %) del definido como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con la cal.

236.4.6.4 Maduración y remezclado

Una vez se ha mezclado el material con la cal y para permitir que el agua y la cal reaccionen con las arcillas de los materiales, es necesario permitir un tiempo de maduración inicial de doce a cuarenta y ocho horas (12 h – 48 h) desde que finaliza el mezclado inicial y antes de la compactación. Se pueden emplear tiempos de maduración inicial menores a doce horas (12 h) cuando sean validados por un estudio específico aprobado por el interventor y validado en la fase experimental. En todo caso, los tiempos de maduración deben ser de al menos tres horas (3 h).

La mezcla de suelo-cal puede ser almacenada siguiendo lo establecido en el artículo 300, previa autorización del interventor, hasta por siete días (7 d) antes de la colocación y compactación. Cuando el suelo sea almacenado, se debe efectuar nuevamente el mezclado y la disgregación del suelo-cal con maquina estabilizadora o con motoniveladora de tal forma que no se evidencie presencia de grumos antes de su colocación. Durante esta etapa se puede requerir la adición de agua para alcanzar el contenido de agua óptimo de compactación.

236.4.7 Compactación

La compactación de la mezcla se debe realizar de acuerdo con el plan propuesto por el constructor y aprobado en el interventor durante la fase previa de experimentación.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se debe mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

Entre las sucesivas pasadas longitudinales del equipo de estabilización para tratar toda la sección transversal, se debe producir un solape transversal que evite la existencia de zonas insuficientemente estabilizadas o la acumulación de segregaciones. El solape se condiciona por el ancho de las máquinas y las franjas tratadas y debe estar comprendido generalmente entre quince a veinticinco centímetros (15 cm – 25 cm).

En el caso de estabilización de suelos para la formación de terraplenes, durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas terminadas debe tener una pendiente transversal mínima de cuatro por ciento (4 %).

236.4.8 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deben cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Al efecto, al término de la jornada de trabajo se deben formar una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de subrasante estabilizada con cal no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje

longitudinal de la calzada, mediante un procedimiento aceptable para el interventor.

236.4.9 Curado de la capa compactada

Terminada la conformación y la compactación de la capa de subrasante estabilizada con cal, esta se debe proteger contra pérdidas de agua por un período no menor de siete días (7 d) o hasta que la subrasante estabilizada se cubra con la capa superior. El curado se puede hacer mediante humedecimiento frecuente o mediante la aplicación de un riego de curado dentro de la misma jornada de trabajo.

El tiempo de apertura al tránsito debe ser el determinado en la fase de experimentación. Cuando no existan validaciones al respecto, el tiempo de apertura debe ser igual o mayor a siete días (7 d) después de la compactación y curado. Cuando el tiempo de apertura al tránsito sea menor a siete días (7 d), la velocidad de circulación debe ser menor a treinta kilómetros por hora (30 km/h) para evitar posibles afectaciones por abrasión.

236.4.10 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cal solo se pueden llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5 °C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. Cuando la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y, como resultado de ello, el contenido de agua de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 236.4.6, el constructor debe validar las propiedades de la mezcla afectada para verificar su funcionalidad antes de proceder a retirar la mezcla que no cumpla con el numeral 236.5.2 y reconstruir el sector deteriorado hasta ser aprobado por el interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

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

236.4.11 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores requeridas para la ejecución de la estabilización de suelos con cal, se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.

- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada se deben mantener correctamente durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.
- El manejo y aplicación de la cal se debe realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.
- El constructor debe especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que se deben utilizar en la ejecución de los trabajos. Estos métodos deben ser presentados al interventor y aprobados por este antes de cada jornada.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

236.4.12 Conservación de la capa terminada

El constructor debe conservar la capa estabilizada con cal en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente debe corregirlo hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

236.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Debe ser de estricto cumplimiento las verificaciones para el control de la calidad de los materiales y la capa estabilizada terminada.

236.5.1 Calidad de los materiales

236.5.1.1 Calidad de los suelos

Se deben efectuar las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 236 — 6. Los resultados obtenidos deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 236 — 1.

Además, el interventor puede adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 236 — 6. Verificaciones periódicas sobre el suelo por estabilizar

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría	INV E-213	1 por jornada
Limpieza (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125 e INV E-126	1 por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	1 a la semana

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Características químicas (O)		
Proporción de sulfatos del suelo a tratar, expresado como $SO_4^=$	INV E-233/ UNE 103201	1 al mes

236.5.1.2 Calidad de la cal

Cada vez que el interventor lo considere necesario, se deben efectuar ensayos de control que permitan verificar la calidad de la cal. Los resultados obtenidos deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 236 — 2. Además, el proveedor debe entregar un certificado de calidad donde se indiquen las propiedades del producto entregado, de acuerdo con la Tabla 236 — 2, con la finalidad de verificar la calidad del producto y establecer su aceptación o rechazo.

Cuando la cal haya superado la fecha de vencimiento establecida por el proveedor (si corresponde), lleve más de dos (2) meses almacenada en condiciones atmosféricas normales, o ambos, antes de su empleo, el constructor debe realizar, como mínimo, sobre una muestra representativa de la cal almacenada, sin excluir los terrones que se hubieran podido formar, los ensayos de contenido de dióxido de carbono y distribución de tamaños. Si los resultados no cumplen con lo establecido en la Tabla 236 — 2 para estas características, se debe proceder a su homogeneización y realización de nuevos ensayos o su desuso y retiro de la obra.

En ambientes muy húmedos o en condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el constructor puede reducir el plazo de dos (2) meses para la comprobación de las condiciones de almacenamiento de la cal.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el constructor lo considere conveniente, se deben llevar a cabo ensayos adicionales para la comprobación de las características que estime necesarias.

La toma de muestra de la cal se debe realizar lo más rápido posible, para reducir al mínimo la absorción de humedad y dióxido de carbono. Una vez recogida la muestra, se debe guardar en un recipiente estanco y con cierre hermético hasta su análisis.

Como alternativa a las pruebas citadas, se puede realizar un tramo de prueba que permita validar la calidad de la cal almacenada.

236.5.1.3 Calidad del agua

Una vez al mes, cada que cambie la fuente o siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se debe verificar su pH y su contenido de sulfatos. Los resultados obtenidos deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 236 — 3.

236.5.2 Calidad de la mezcla

236.5.2.1 Ensayos de control del contenido de cal y homogeneidad de la mezcla en superficie y profundidad

Para verificar la homogeneidad de la mezcla y la profundidad del tratamiento, se deben determinar los valores de pH mediante

la norma INV E-601 y el contenido de cal mediante la norma INV E-606 de muestras de suelos tomadas antes y después de la adición de la cal, en distintas zonas y a diferentes profundidades de la capa. Estas verificaciones se deben realizar sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 236.5.3.

El porcentaje de cal promedio de las tres muestras que representan al lote (*CPL* %), debe tener una tolerancia de cero coma cuatro por ciento (0,4 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*CFT* %).

$$CFT\ \% - 0{,}4\ \% \leq CPL\ \% \leq CFT\ \% + 0{,}4\ \% \quad [236.1]$$

A su vez, el porcentaje de cal de cada muestra individual (*CI* %), no puede diferir del valor promedio del lote (*CPL* %), en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), y se admite un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$CPL\ \% - 0{,}5\ \% \leq CI\ \% \leq CPL\ \% + 0{,}5\ \% \quad [236.2]$$

Cuando la estabilización con cal tenga como objetivo el mejoramiento de propiedades mecánicas el pH obtenido en cada una de las muestras recuperadas debe ser en todos los casos superior a doce coma cuatro (12,4).

Un porcentaje de cal promedio (*CPL* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites o un valor de pH inferior a doce coma cuatro (12,4) (cuando el tratamiento del suelo sea para incrementar sus características mecánicas), implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cal, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS; la capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar las propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para las capas estabilizadas.

Un porcentaje de cal promedio (*CPL* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cal, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa de subrasante estabilizada con cal. El material retirado es de propiedad del constructor.

236.5.2.2 Resistencia a la compresión inconfinada (cuando los documentos del proyecto establecen un requisito para este parámetro)

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se deben moldear probetas (dos (2) por muestra) según la norma de ensayo INV E-605, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete días (7 d) de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote, (R_m), debe ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al

diseño presentado por el constructor (R_d) y aprobado por el interventor

$$R_m \geq 0{,}92 * R_d \quad [236.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio, (R_m), admitiéndose solo un valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0{,}90 * R_m \quad [236.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS; la capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

236.5.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se debe considerar como lote que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa de subrasante estabilizada con cal.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) de capa de subrasante estabilizada con cal.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota de cualquier punto de la capa compactada no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deben realizar los siguientes controles:

236.5.3.1 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de la capa estabilizada con cal, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [236.5]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \quad [236.6]$$

Donde:

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

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

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo, obtenido durante el diseño de la mezcla según se indica en el numeral 6.2.2 de la norma de ensayo INV E-605.

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo, obtenido durante el diseño de la mezcla según se indica en el numeral 6.2.2 de la norma de ensayo INV E-605, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-141 o 142).

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se deben aplicar los siguientes criterios para la aceptación del lote:

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-141:

GC_l (90) ≥ 98,0 % *se acepta el lote* **[236.7]**

GC_l (90) < 98,0 % *se rechaza el lote* **[236.8]**

Cuando el ensayo de compactación de referencia sea el INV E-142:

GC_l (90) ≥ 95,0 % *se acepta el lote* **[236.9]**

GC_l (90) < 95,0 % *se rechaza el lote* **[236.10]**

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad de la subrasante equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la subrasante estabilizada. El material retirado es de propiedad del constructor.

236.5.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [236.11]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), debe ser cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose solo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}90 * e_d \quad [236.12]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote. En este caso, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las rasantes del proyecto y debe garantizar unas propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para las capas estabilizadas. El material retirado es propiedad del constructor.

Opcionalmente, el interventor puede autorizar que la capa de espesor deficiente sea complementada mediante la colocación de un espesor adicional de material estabilizado de similares características que complete el espesor de diseño, siempre y cuando no se alteren los niveles de rasante del proyecto. En caso de ser autorizada, esta labor debe ser adelantada por el constructor sin costo adicional para INVÍAS.

236.5.3.3 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), norma de ensayo INV E-793, colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente.

Para suelos empleados para la conformación de terraplenes se aplican los requerimientos de planicidad y acabado definidos en el artículo 220.

Todas las áreas de capa de subrasante estabilizada con cal donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deben ser corregidas por el constructor de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este, sin costo adicional para INVÍAS.

236.5.3.4 Suelos estabilizados para terraplén

Cuando el suelo de subrasante estabilizado con cal sea usado para la conformación de terraplenes se deben realizar los siguientes controles:

- Se deben tomar muestras de material estabilizado una vez finalizan los procesos de mezclado, conformación y nivelación del material, y previo al inicio de la compactación de este.
- Las muestras se toman dentro de la sección de la vía en conformación y en sitios definidos al azar según la norma de ensayo INV E-730 para los ensayos de evaluación periódica de la calidad del material mezclado estipulados en la Tabla 236 — 7:

Tabla 236 — 7. Verificaciones periódicas sobre el suelo por estabilizar

Material	Norma de ensayo	Cimiento, núcleo y corona
Limite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice plástico	INV E-126	Una (1) vez por jornada
Límite de contracción	INV E-127	Una (1) vez por semana
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Valor de azul de metileno	INV E-235	Una (1) vez por semana, cuando así se requiera
CBR de laboratorio	INV E-148	Una (1) vez por mes
Expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por mes
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes

Los ensayos de control de resistencia CBR e índice de colapso se deben realizar en laboratorio sobre material cuyo proceso de mezclado con la cal viva haya finalizado y previo a la compactación en campo, y de acuerdo con las normas de ensayo INV E-148 y INV E-157 respectivamente.

Si se requiere evaluar la resistencia del material ya colocado y compactado en campo, los ensayos anteriormente mencionados se deben realizar sobre muestras inalteradas talladas *in situ* tomando el cuidado requerido para evitar la pérdida de integridad de la muestra.

Se debe descartar la evaluación de la resistencia CBR e índice de colapso de muestras tomadas al material ya compactado y curado en el terraplén y posteriormente remoldeadas en laboratorio.

236.6 Medida

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de mezcla colocada y compactada, aprobada por el interventor, de acuerdo con esta especificación. El volumen se debe determinar utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los documentos del proyecto, previa verificación de que su anchura y espesor se encuentren conformes con dichos documentos y dentro de las tolerancias permitidas en este artículo.

No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la capa por parte del constructor.

Si los documentos del proyecto indican que la cal se debe pagar por aparte, la unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor.

En este caso, para determinar la cantidad de cal efectivamente incorporada a la mezcla se debe tomar el porcentaje de cal promedio del lote (*CPL* %), determinado en los ensayos de contenido de cal realizados a la mezcla como se indica en el numeral 236.5.2.1. Se debe efectuar el cálculo correspondiente aproximado al kilogramo entero.

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

236.7 Forma de pago

El pago de la capa estabilizada con cal se debe hacer por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe incluir la escarificación de la subrasante en el espesor requerido y su posterior disgregación hasta cumplir las exigencias de este artículo; los costos de suministro de la cal en el sitio, en acopio o en planta; los costos de suministro en el sitio, en acopio o en planta del agua que se pueda requerir para la estabilización; los costos de mezcla, colocación, nivelación y compactación, y los costos de transporte para las mezclas elaboradas en acopio o en planta.

El precio unitario debe incluir, también, el suministro en el sitio del agua para el curado de la capa compactada y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de obtención de todos los permisos ambientales requeridos; las instalaciones provisionales; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras. Además, debe incluir los costos de la fase de experimentación, de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del constructor, así como los de la señalización preventiva de la vía y el control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

Si los documentos del proyecto indican que la cal se debe pagar por aparte, el precio unitario de la capa estabilizada con cal debe excluir su suministro en el sitio.

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

236.8 Ítem de pago

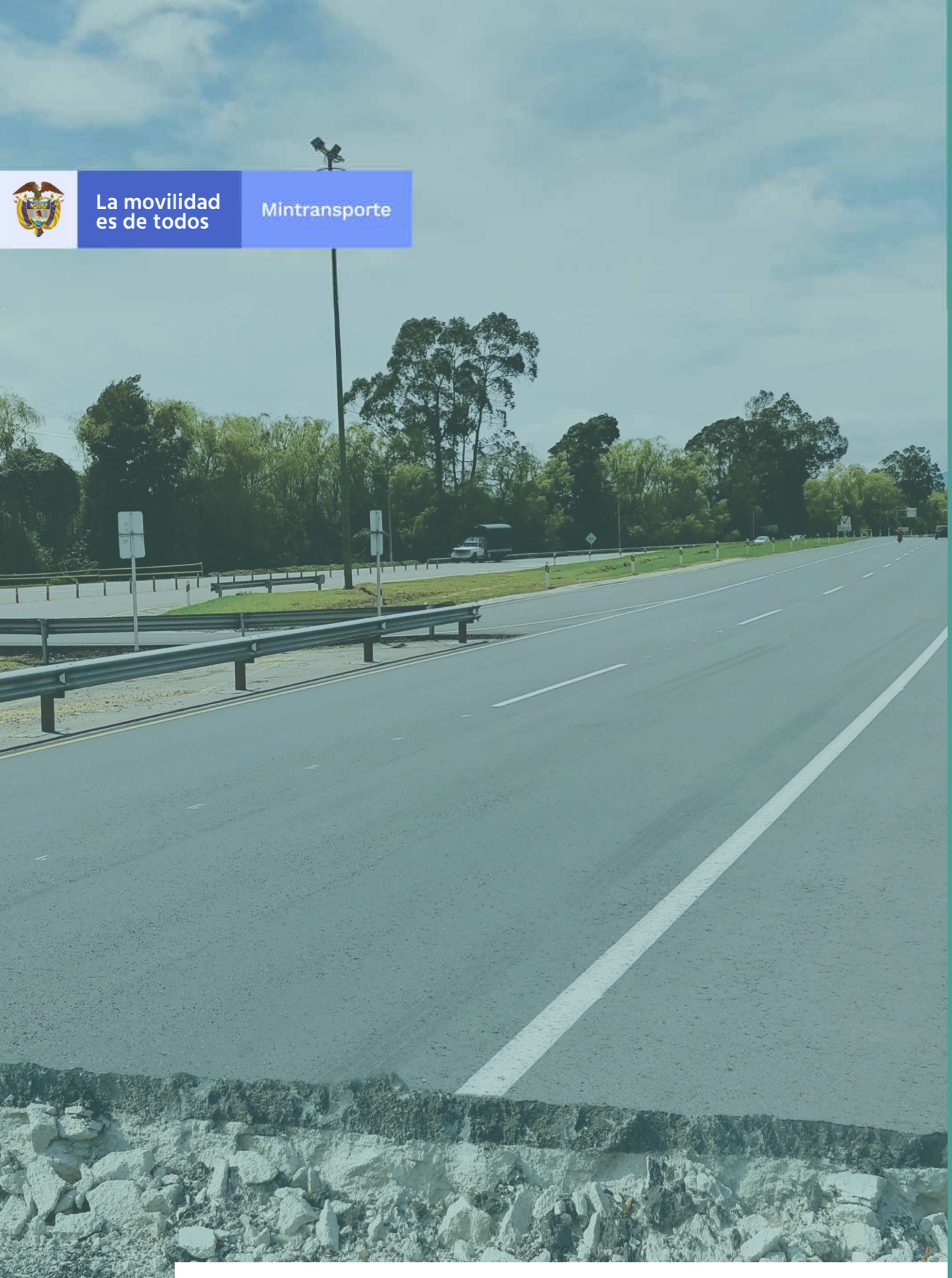
La presente especificación cuenta con las siguientes partidas de pago, las cuales se deben indicar en los documentos del proyecto.

Opción 1: el precio unitario del suelo estabilizado con cal incluye el suministro de la cal.

Ítem	Descripción	Unidad
236.1	Suelo de subrasante estabilizado con cal (incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m^3)
236.2	Terraplén estabilizado con cal (incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m^3)

Opción 2: el precio unitario del suelo estabilizado con cal no incluye el suministro de la cal.

Ítem	Descripción	Unidad
236.10	Suelo de subrasante estabilizado con cal (no incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m^3)
236.11	Cal para estabilización de suelos	Kilogramo (kg)
236.12	Terraplén estabilizado con cal (no incluye suministro de la cal)	Metro cúbico (m^3)



UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS