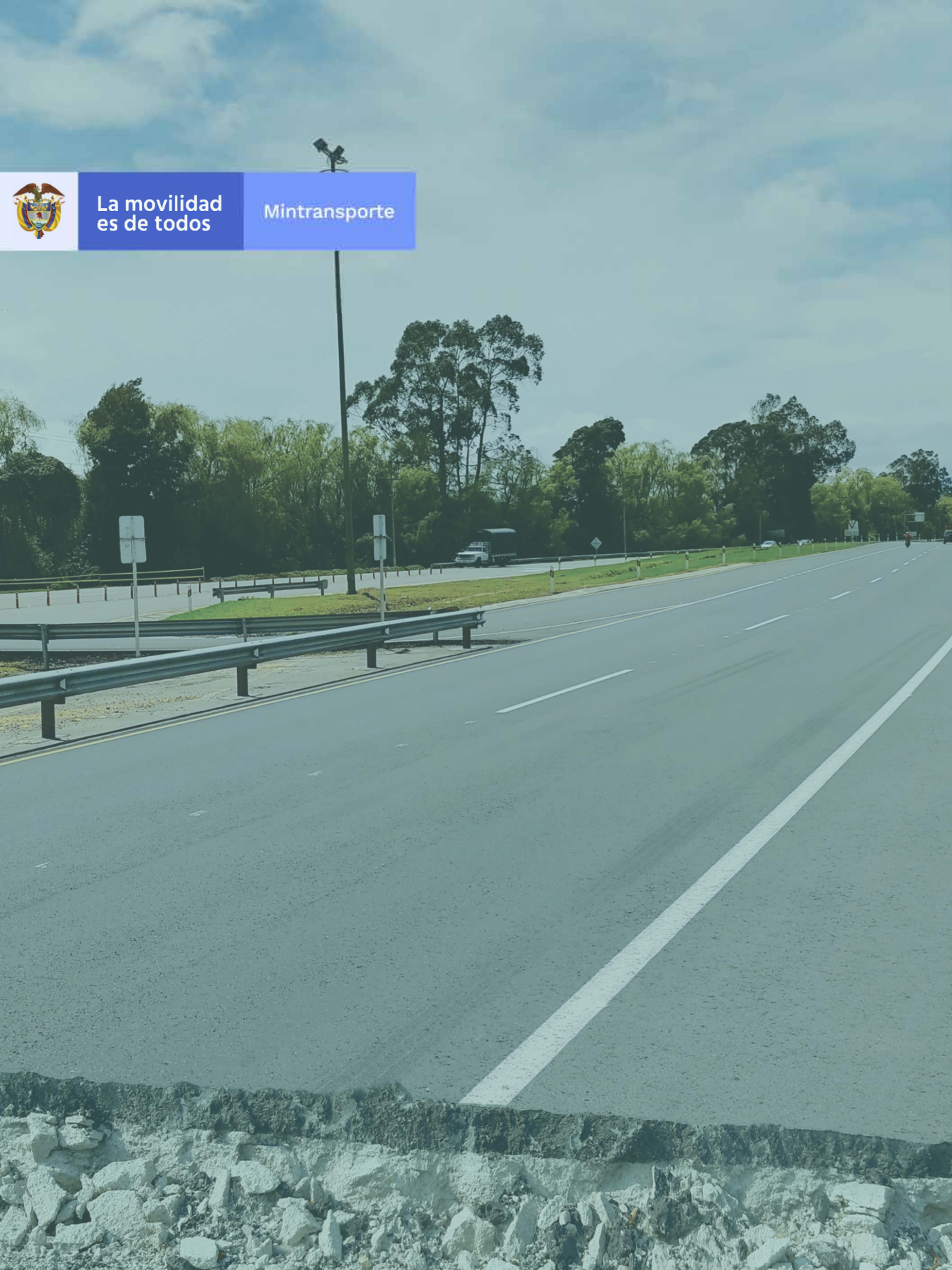




La movilidad
es de todos

Mintransporte



UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS



La movilidad
es de todos

Mintransporte



CAPÍTULO 3

Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022



UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

3

Afirmados,
subbases y bases

Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas

Artículo 300 – 22

300.1 Descripción

Esta especificación presenta las disposiciones generales para los trabajos sobre afirmados, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas.

300.2 Materiales

300.2.1 Agregados pétreos

Los agregados naturales para la construcción de afirmados, subbases y bases deben estar clasificados. Los agregados también pueden provenir de la trituración de rocas y gravas, o pueden estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias, según se establece en el artículo correspondiente a cada partida de trabajo.

Las partículas de los agregados deben ser duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales.

Los requisitos de calidad, limpieza y grado de trituración que deben cumplir los diferentes materiales por emplear en la construcción de cada partida de trabajo, se indican en los artículos 311, Afirmado; 320, Subbase

granular; 330, Base granular; 340, Base estabilizada con emulsión asfáltica; 341, Base estabilizada con una mezcla asfáltica natural; y 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural.

300.2.2 Estabilizantes

Los requisitos que deben cumplir los estabilizantes para la construcción de capas estabilizadas de base y subbase se indican en los artículos 340 y 350.

300.3 Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de afirmados, subbases, bases granulares, bases estabilizadas u otra capa con tratamiento de estabilización, debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en los documentos del proyecto, en la cantidad suficiente para producir y colocar el volumen establecido en el programa de ejecución conforme el programa de utilización de maquinaria, y en cumplimiento de las exigencias de la presente especificación. La selección del equipo es responsabilidad del constructor. El equipo debe ser mantenido en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que se prolongue la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a criterio del interventor y por instrucción de

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

300.4 Ejecución de los trabajos

300.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Se aplican las disposiciones generales establecidas en el numeral 105.13.3 del artículo 105, Desarrollo de los trabajos.

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deben tener aprobación previa del interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y los equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado, mezcla de fracciones para obtener una determinada granulometría y el sistema de almacenamiento, deben garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el constructor no cumple esos requisitos, el interventor debe exigir los cambios que considere necesarios.

Las tolvas para los agregados deben tener paredes resistentes y estancas, bocas de ancho suficiente para que su alimentación

se efectúe correctamente, provistas de una rejilla que permita limitar el tamaño máximo, así como de un rebosadero que evite que un exceso de contenido afecte el funcionamiento del sistema de clasificación. Se deben disponer con una separación suficiente para evitar contaminación entre ellas y deben estar provistas, a su salida, de dispositivos ajustables de dosificación.

Cuando la obtención de la granulometría especificada requiera de la mezcla de dos o más fracciones de esta o de diferentes fuentes, esta mezcla se debe realizar en un patio de trabajo especialmente adecuado para ello y en ninguna circunstancia se debe permitir su mezclado en la vía.

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

300.4.2 Fase de experimentación en la construcción de subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas

Antes de iniciar los trabajos, el constructor debe emprender una fase de experimentación para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de cada especificación.

Para tal efecto, se deben construir una o varias secciones de ancho y longitud definidos, de acuerdo con el interventor y en ellas se deben probar el equipo y el plan de preparación, extensión y compactación. La longitud del tramo no debe ser menor a cien metros (100 m), salvo que los documentos del proyecto o el interventor especifiquen otra longitud.

El interventor debe tomar muestras de la capa construida y las debe ensayar para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de granulometría, densidad seca y demás requisitos.

En el caso de que los ensayos indiquen que las subbases, las bases granulares y las capas granulares estabilizadas no se ajustan a dichas condiciones, el constructor debe efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta ser aprobados por el interventor. En el caso de capas estabilizadas se deben ajustar y corregir las fórmulas de trabajo hasta contar con la aprobación del interventor. Solo cuando estas correcciones se hayan hecho, se debe autorizar la construcción de la capa a escala industrial.

300.4.3 Acopio de los agregados

Los agregados se deben acopiar en cobertizos o cubriéndolos con plásticos, de manera que no sufran daños o transformaciones perjudiciales y se deben disponer sobre lonas de protección tendidas sobre el terreno. Para evitar la mezcla de agregados diferentes, estos se deben disponer suficientemente alejados entre sí por barreras colocadas con tal propósito. Se debe evitar la alteración de la granulometría de cada material debido a la mezcla con otros materiales, a la segre-

gación de partículas o a otros fenómenos. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no se deben utilizar, a menos que la superficie tenga pavimento asfáltico o rígido.

300.4.4 Muestreo y ensayos

El constructor debe permitir al interventor la toma de todas las muestras que exigen las presentes especificaciones, para verificar su conformidad con los requisitos señalados en estas.

Siempre que los ensayos den resultados no satisfactorios, el constructor debe ser el responsable de las consecuencias que se deriven de ello, y todas las correcciones o reparaciones a que haya lugar deben correr a su exclusivo cargo, sin que impliquen ningún costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

300.4.5 Transporte de materiales

Todo transporte de materiales sobre las vías públicas se debe realizar en vehículos aprobados para circular sobre las carreteras nacionales, los cuales deben cumplir la reglamentación vigente sobre pesos y dimensiones del Ministerio de Transporte, así como las normas sobre protección ambiental, expedidas por la entidad que tenga la jurisdicción respectiva.

Los vehículos deben estar equipados con dispositivos para depositar los materiales, de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Además, deben contar con los medios necesarios para proteger los materiales de cambios en su contenido de agua.

Cualquier contaminación que se presente, debe ser subsanada por el constructor antes de continuar con el trabajo, sin cargo para INVÍAS.

En aquellos casos en que el transporte de materiales pueda perjudicar la obra en ejecución, el constructor debe construir los desvíos necesarios.

300.4.6 Plan de Manejo de Tránsito (PMT)

Para la ejecución de la obra, el constructor debe construir y conservar transitables, todo el tiempo requerido, las desviaciones necesarias para mantener el tránsito por fuera de la obra y facilitar su construcción o reparación, así como los caminos de acceso para comunicar los frentes de trabajo, los lugares para la obtención de los materiales destinados a su construcción y para permitir el movimiento de la maquinaria, los equipos y los vehículos necesarios para su realización.

Si los documentos del proyecto no incluyen un PMT óptimo para su ejecución o de sus partes, el constructor debe elaborar dicho plan, incluyendo la señalización, operarios de vía requeridos, adecuación de vías, conformación provisional de calzadas que se requieran y los dispositivos para protección que sean necesarios de conformidad con lo que establece el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte. Los diseños se deben hacer de forma tal que se mantengan condiciones favorables y seguras para los usuarios, y para dar paso a los vehículos de obra, atendiendo las características generales de manejo de tránsito para carreteras en operación, que hayan sido establecidas en las especificaciones de construcción. Se debe elaborar el PMT con anterioridad a la construcción de las

desviaciones, y por cuenta y costo del constructor, quien debe someter dichos proyectos a la aprobación del interventor.

No se debe autorizar al constructor el inicio de la obra hasta que haya construido las desviaciones, instalado las señales y demás disposiciones del PMT, en la forma y las condiciones indicadas en los documentos del proyecto o proporcionadas por el interventor y aprobadas por este.

El constructor debe conservar y mantener en buen estado todos los desvíos y caminos de acceso, incluyendo la señalización, tratamiento paliativo del polvo cuando se considere necesario, según las disposiciones del artículo 312, Tratamiento paliativo del polvo en afirmados, y debe contar con los dispositivos para protección, de conformidad con lo que establece el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte, por su cuenta y costo, hasta que la obra le sea recibida por el interventor. En los casos de las desviaciones para carreteras en operación, el constructor está obligado a mantener la superficie de rodadura en buenas condiciones (limpia y sin baches ni deformaciones) y a renovar la señalización y los dispositivos para protección siempre que sea necesario, para garantizar la seguridad, continuidad y fluidez del tránsito.

300.4.7 Conservación

Toda capa de afirmado, subbase, base o capa estabilizada terminada debe ser conservada, a partir de la fecha de su terminación, en las condiciones en que la recibió el interventor, hasta cuando sea cubierta por la capa superior, aun cuando la superficie fuera liberada parcial o totalmente al tránsito público. El constructor es responsable

por toda alteración y debe reponer la capa en la condición en la cual le fue recibida, sin cargo adicional para INVÍAS, antes de que el interventor autorice la colocación de la capa superior.

300.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las labores para la fabricación de capas granulares y estabilizadas se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto en particular o la legislación ambiental vigente:

- El interventor solo debe aceptar el uso de las fuentes de materiales, después de que el constructor presente la correspondiente licencia ambiental de explotación.
- Las instalaciones de trituración y clasificación de agregados no pueden estar localizadas en áreas de conservación ambiental.
- La explotación de las fuentes debe ser cuidadosamente planeada, de manera que se puedan minimizar los daños inevitables y posibilitar la recuperación ambiental una vez culminada la explotación.
- Se deben construir las piscinas de sedimentación que sean necesarias, con el fin de retener las partículas finas sobrantes y evitar su transporte hacia cursos o láminas de agua.
- Si la fuente es una cantera, no se debe permitir el desmonte mediante quema. Todo

material de descapote debe ser cuidadosamente conservado para colocarlo de nuevo sobre el área explotada, reintegrándola al paisaje.

- Si los agregados son suministrados por terceros, el constructor debe entregar al interventor la documentación que certifique la legalidad de la explotación y el cumplimiento de las normas y disposiciones ambientales vigentes.
- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción, por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada deben ser mantenidos correctamente, durante la ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir la erosión y arrastre excesivo de partículas sólidas.
- Siempre que se usen estabilizantes, su manejo y aplicación se debe realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales, según el tipo de producto utilizado.

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

300.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

300.5.1 Controles

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

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidos en la respectiva especificación.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados, de acuerdo con los programas de trabajo.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la fase de experimentación, en el caso de subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la densidad seca de las capas compactadas, efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella sea necesaria. Este control se debe realizar en el espesor de capa realmente construido, de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles, así como comprobar la uniformidad de la superficie.
- Velar por el cumplimiento de todas las disposiciones relacionadas con el manejo ambiental.

Para efectos de pago, el interventor debe medir las cantidades de obra ejecutadas, aprobadas por este.

300.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Tanto las condiciones de recibo como las tolerancias para las obras ejecutadas se indican en los artículos correspondientes. Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias deben ser corregidas por el constructor, sin

costo adicional para INVÍAS, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta contar con la aprobación de este.

300.5.3 Medidas de deflexión

Si los documentos del proyecto lo contemplan, o lo solicita el interventor, el constructor debe verificar la solidez de la estructura construida al nivel de afirmado, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman o el deflectómetro de impacto (FWD), de acuerdo con las normas de ensayo INV E-795 o INV E-798, respectivamente. Los resultados de las medidas no deben constituir un criterio para aceptación o rechazo de la capa construida de afirmado, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas, pero deben permitir a INVÍAS verificar la homogeneidad de los procesos de construcción de la estructura y realizar los ajustes, que puedan resultar necesarios, al diseño estructural del pavimento.

300.6 Medida

Se debe efectuar aplicando los procedimientos y las unidades de medida que se indican a continuación, con las precisiones que se hacen en algunos de los artículos del presente capítulo. El resultado de la medida se debe informar con la aproximación establecida en la respectiva especificación, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

300.6.1 Construcción de afirmados, subbases granulares y bases granulares y estabilizadas

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material

o mezcla suministrado, colocado y compactado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva. El volumen se debe determinar utilizando la longitud real medida a lo largo del eje de la vía y las secciones transversales establecidas en los documentos del proyecto, previa verificación de que su ancho y espesor se encuentren conformes con dichos documentos y dentro de las tolerancias permitidas en la respectiva especificación.

No se deben medir cantidades en exceso de las especificadas, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones de la subrasante por parte del constructor.

300.6.2 Ejecución de bacheos con materiales granulares de subbase y base

La unidad de medida debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de bacheo con material de subbase granular o base granular, según el caso, ejecutado; aprobado por el interventor, de acuerdo con lo exigido en la especificación respectiva. El volumen se debe determinar multiplicando la superficie donde el interventor haya autorizado el trabajo, por el espesor compactado promedio en que se haya colocado el material, de acuerdo con la especificación respectiva.

300.7 Forma de pago

El pago por la construcción de afirmados, subbases granulares, bases granulares y capas granulares estabilizadas, y bacheos con materiales granulares de subbase y base, se debe hacer por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda

obra ejecutada, de acuerdo con este artículo como con la especificación respectiva, y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; los costos de los desvíos que se requieran construir durante la ejecución de las obras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, eventual lavado, transportes, almacenamiento, clasificación, desperdicios, cargues, descargues, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados, y los de extracción, bombeo, transporte y distribución del agua requerida.

Además, debe incluir los costos de la fase de experimentación cuando ella se encuentre incluida dentro de la respectiva especificación; de todos los ensayos de campo y de laboratorio que estén a cargo del constructor, incluyendo las medidas de deflexión a las que hace referencia el numeral 300.5.3, así como de la señalización preventiva de la vía y del control del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, los de la conservación de la capa terminada y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de la capa respectiva.

El precio unitario debe incluir, también, los costos de adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas al terminar su explotación y demás requisitos establecidos en el artículo 106.

En el caso de la construcción de subbases y bases estabilizadas con materiales provenientes de la misma vía, el precio unitario debe incluir su escarificación en el espesor requerido y su posterior disgregación hasta cumplir las exigencias de la respectiva especificación. Tanto si los materiales provienen de la misma vía como si son transportados, el precio unitario debe incluir, también, el suministro en el sitio del agua que se pueda requerir, la aplicación y la mezcla del producto estabilizante; así como el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargues, transporte, descargues y aplicación del producto requerido para el curado de la capa compactada, según lo exija la respectiva especificación y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

En los artículos correspondientes, se debe definir si se excluye del precio unitario de las subbases y bases estabilizadas, o cualquier otra capa con tratamiento de estabilización, el suministro en el sitio del producto estabilizante. Si el artículo correspondiente indica que uno o varios aspectos se excluyen del precio unitario, se deben aplicar las condiciones dadas en el mismo artículo. Si este

no se excluye explícitamente, el precio unitario de la construcción de subbases y bases estabilizadas debe incluir el suministro, almacenamiento y transporte de este.

El constructor debe considerar, en relación con los explosivos que requiera, todos los costos que implica su adquisición, incluidos los accesorios requeridos para su empleo, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio y el instante de su utilización. También, en todos los casos, el precio unitario debe incluir el costo de la operación de voladura.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por tanto, no debe haber lugar a pago separado por este concepto, salvo que dicho ítem no forme parte del mismo contrato, caso en el cual el constructor debe considerar el costo de la preparación de la superficie existente dentro del ítem objeto del pago.

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

Conformación de la calzada existente

Artículo 310 – 22

310.1 Descripción

Este trabajo consiste en la escarificación, la conformación, la renivelación y la compactación del afirmado existente, con o sin adición de material de afirmado o de subbase granular; así como la conformación o reconstrucción de cunetas.

310.2 Materiales

Se deben aprovechar los materiales del afirmado existente que cumplan los requisitos de calidad estipulados en el artículo 311, Afirmado, y en el artículo 320, Subbase granular.

En el caso de que sea necesaria la adición de nuevo material, este debe cumplir los requisitos de calidad señalados en el artículo 311 o en el artículo 320, según los alcances del proyecto.

310.3 Equipo

Rige lo indicado en el numeral 300.3 del artículo 300. Normalmente, el equipo requerido para la conformación de la calzada incluye elementos para la explotación de materiales, eventualmente una planta de trituración, unidad clasificadora, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

310.4 Ejecución de los trabajos

310.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

310.4.2 Mejoramiento del afirmado

Los materiales existentes que no cumplan los requisitos de calidad establecidos en los artículos 311 o 320, según corresponda, se deben escarificar en el espesor ordenado por el interventor. Así mismo, estos materiales se deben retirar, transportar, depositar y conformar en los sitios destinados para disposición de sobrantes o desechos, de acuerdo con estas especificaciones o lo dispuesto por el interventor.

Cuando el material del afirmado existente cumpla los requisitos de calidad establecidos en los artículos 311 o 320, según corresponda, se debe escarificar, conformar, humedecer o secar y compactar, de acuerdo con lo especificado en esos artículos, ya sea con o sin adición de material. La escarificación del afirmado existente se debe realizar necesariamente cuando no se requiera adicionar material o cuando el espesor de la capa compacta de material por adicionar sea inferior a diez centímetros (10 cm).

Para el caso de capas adicionales con espesores compactados iguales o superiores a diez centímetros (10 cm), la escarificación solo se debe realizar cuando haya necesidad de efectuar el reemplazo de material de afirmado existente que no cumpla los requisitos de calidad establecidos en los artículos 311 o 320, según corresponda, salvo que, por circunstancias especiales, el interventor determine lo contrario.

El material por utilizar en la adición o en el reemplazo de material inadecuado, debe cumplir lo especificado en los artículos 311 o 320, según lo indiquen los documentos del proyecto.

En el mejoramiento del afirmado no deben aparecer depresiones ni angostamientos que afecten la superficie de rodadura contemplada en el alineamiento y en las secciones típicas del proyecto.

Una vez conformada la calzada existente, el constructor debe conservarla con la planicidad y el perfil correcto, hasta que proceda a la construcción de la capa superior. Cualquier deterioro que se produzca por causa diferente a fuerza mayor debe ser corregido por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), hasta contar con la aprobación del interventor.

310.4.3 Cunetas y ensanches

La conformación o la reconstrucción de cunetas, así como la construcción de ensanches menores, se debe hacer de acuerdo con las secciones, las pendientes transversales y las cotas indicadas en los documentos del proyecto y con lo especificado en los artículos correspondientes a excavaciones y terraplenes.

Los procedimientos requeridos para cumplir con la presente especificación deben incluir la excavación, el cargue, el transporte y la disposición de los materiales no utilizables y la conformación de los materiales que sean utilizables, para obtener la sección típica proyectada.

El mejoramiento de cunetas y los ensanches deben avanzar coordinadamente con la construcción de las demás obras del proyecto.

310.4.4 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

310.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

310.5.1 Controles

Rige todo lo que resulte pertinente del numeral 300.5.1 del artículo 300.

310.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los trabajos de conformación de la calzada se deben ajustar a los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor. Su pendiente transversal debe ser la especificada en el numeral 311.4.5 del artículo 311.

Las cunetas deben quedar funcionando adecuadamente y libres de todo material de desecho.

En los casos en que se requiera adición de material, la verificación de su calidad se debe efectuar de acuerdo con lo establecido en el artículo 311 o en el artículo 320, según se haya incorporado material de afirmado o de subbase granular, respectivamente.

El control de compactación se debe ajustar a lo establecido en el numeral 311.5.2.2.2 del artículo 311.

El trabajo se debe considerar terminado cuando el interventor verifique y acepte que el constructor se ha ceñido a lo establecido en los documentos del proyecto y a lo ordenado por este.

310.6 Medida

La unidad de medida para la conformación de la calzada debe ser el metro cuadrado (m²), aproximado a la décima (0,1), de trabajo realizado de acuerdo con esta especificación y aprobado por el interventor en el área definida en los documentos del proyecto.

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

No se debe medir, para efectos de pago, ningún área por fuera de los límites indicados en los documentos del proyecto.

310.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al respectivo precio unitario del contrato por toda área de calzada conformada, aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de excavación de cunetas y ensanches menores en corte, hasta un máximo de cincuenta

metros cúbicos (50 m³) entre estaciones de cincuenta metros (50 m) del abscisado del proyecto, excavados a un solo lado de la vía; el cargue, el transporte de los materiales excavados hasta los sitios de utilización y/o disposición; la escarificación, el cargue, el transporte y el desecho en sitios aprobados de los materiales inadecuados de la calzada existente; la escarificación, la conformación, el humedecimiento o el secado y la compactación de los materiales apropiados de la calzada existente, de acuerdo con las secciones típicas del proyecto, con o sin adición de material.

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

Debe haber pago por separado de las excavaciones de volumen superior al señalado en el segundo párrafo de este numeral, las cuales se deben reconocer de acuerdo con el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos. También, debe haber pago por el suministro, el transporte y la colocación de los materiales requeridos de afirmado y subbase granular, los cuales se deben reconocer de acuerdo con los artículos 311, Afirmado; y 320, Subbase granular.

310.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
310.1	Conformación de la calzada existente	Metro cuadrado (m ²)

Afirmado

Artículo 311 – 22

311.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación y la compactación de los materiales de afirmado sobre la subrasante terminada, o sobre un afirmado existente, de acuerdo con la presente especificación, los alineamientos, las pendientes y las dimensiones indicados en los documentos del proyecto.

311.2 Materiales

Los agregados para la construcción del afirmado deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 311 — 1. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 311 — 2 y deben cumplir las relaciones establecidas en la Tabla 311 — 3.

Tabla 311 — 1. Requisitos de los agregados para afirmados

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles a quinientas (500) revoluciones (Granulometría A), máximo (%):	E-218	
- NT1		50
- NT2		30
- NT3		30
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota):	E-220	
- Sulfato de sodio		12
- Sulfato de magnesio		18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%).	E-125	35
Índice de Plasticidad (%).	E-125 y E-126	4 – 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%).	E-211	2
Contracción lineal.	E-127/E-129	Tabla 311 — 3

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Resistencia del material (F)		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 15

Nota: la norma de ensayo INV E-220 permite el uso tanto de sulfato de sodio como de sulfato de magnesio, por lo que se admite el uso de cualquiera de los dos componentes químicos.

Tabla 311 — 2. Franjas granulométricas del material de afirmado

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)							
A-38	100	-	80 – 100	60 – 85	40 – 65	30 – 50	13 – 30	9 – 18
A-25	-	100	90 – 100	65 – 90	45 – 70	35 – 55	15 – 35	10 – 20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %		7 %			6 %		3 %

Tabla 311 — 3. Relaciones que debe cumplir el material de afirmado

Relación	Requisito
$\frac{\% \text{ pasa tamiz nro.200}}{\% \text{ pasa tamiz No.10}}$	0,20 – 0,45
$\frac{\% \text{ pasa tamiz nro.200}}{\% \text{ pasa tamiz No. 40}}$	≤ 2/3
$\{(\% \text{ pasa tamiz de 1 pulgada}) - (\% \text{ pasa tamiz nro. 10})\} \times \{\% \text{ pasa tamiz nro. 4}\}$	16 – 34
$(\% \text{ de contracción lineal}) \times (\% \text{ pasa tamiz nro. 40})$	100 – 240

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte

superior de un tamiz a la inferior de otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias

que se indican en la Tabla 311 — 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada o que se incumpla alguna de las relaciones establecidas en la Tabla 311 — 3. Una vez elegida la franja granulométrica, esta no puede ser cambiada por otra sin previa autorización del interventor.

El tamaño máximo nominal no debe exceder de un tercio (1/3) del espesor de la capa compactada.

311.3 Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. En la construcción del afirmado, se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado y herramientas menores. Además, equipos para humedecimiento y mezclado, que deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas. Los equipos de carga y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte.

Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por pavimentar superior a los setenta mil metros cuadrados ($> 70\,000\text{ m}^2$), se recomienda utilizar extendedoras automotrices, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de afirmado, con la configuración deseada y para proporcionarle un mínimo de compactación. No obstante, la selección del equipo

para la extensión debe ser responsabilidad del constructor con la aprobación del interventor y se debe validar durante su operación.

311.4 Ejecución de los trabajos

311.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

311.4.2 Preparación de la superficie existente

El material de afirmado no se debe descargar hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tiene la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Se debe comprobar la regularidad, la capacidad de soporte y el estado de la superficie existente. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva deben ser corregidas, de acuerdo con lo establecido en ella.

311.4.3 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales para afirmado deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 del artículo 300, respectivamente.

311.4.4 Colocación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

311.4.5 Extensión, acondicionamiento y conformación del material

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme, donde se debe verificar su homogeneidad. En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje un contenido de agua uniforme en el material. Después de humedecido o aireado, este material se debe extender en una capa uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

A menos que, en los documentos del proyecto figure algo diferente, el material de afirmado debe ser distribuido en una sola capa y en todo el ancho de la corona (calzada más bermas) de tal manera que, al extenderse, la capa resulte de espesor uniforme, con una pendiente transversal entre tres y cuatro por ciento (3% - 4 %), para facilitar el escurrimiento de las aguas superficiales.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a ciento veinte milímetros (120 mm) ni superior a trescientos milímetros (300 mm). Si el espesor del afirmado compactado, por construir, es superior a trescientos milímetros (300 mm), el material se debe colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a ciento veinte milímetros (120 mm). El material extendido debe mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar

la compactación de la precedente. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

311.4.6 Compactación

Una vez que el material tenga el contenido de agua apropiado, necesario para asegurar la densidad de diseño requerida y esté conformado debidamente, se debe compactar con el equipo aprobado, hasta lograr la densidad seca especificada. Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior. La última capa extendida debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

311.4.7 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito, mientras no se haya completado la compactación. Si ello no fuere posible, el tránsito que necesariamente tenga que pasar sobre ellas se debe distribuir en forma tal que no se concentren

ahuellamientos en la superficie. El constructor debe responder por los daños originados por esa causa y debe repararlos, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

311.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de una capa de material de afirmado en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C). Una vez haya cesado la lluvia y se decida realizar los trabajos de construcción, se deben asegurar las condiciones de compactación y contenido de agua en las capas de materiales existentes, sin permitir trabajos en lugares donde existan empozamientos de agua.

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

311.4.9 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

311.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

311.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300.

311.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

311.5.2.1 Calidad de los agregados

311.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados y para cualquier volumen previsto de material de un mismo tipo, se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 311 — 1. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, de lo contrario se deben rechazar los materiales deficientes.

Estos ensayos se deben repetir durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, y no se puede utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del interventor.

311.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten

restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado.

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 311 — 4.

Tabla 311 — 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de afirmado

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-213	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	E-218	Una (1) vez por semana
Contracción lineal	E-127	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

Cuando el interventor considere que, las características del material que se está explotando en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 311 — 1 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

En ningún caso se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos establecidos en el numeral 311.2. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

311.5.2.2 Calidad del producto terminado

311.5.2.2.1 Terminado

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y las pendientes establecidas en los documentos del

proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no debe ser inferior a la señalada en dichos documentos. No se debe tolerar, en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

Además, se deben realizar las siguientes comprobaciones.

311.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se define como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total del afirmado.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de afirmado compactado.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

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

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

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} * 100 \quad [311.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{CY_{d,máx}} * 100 \quad [311.2]$$

Donde:

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

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

$Y_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo

INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

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

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

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

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$$GC_i (90) \geq 95,0 \% \text{ se acepta el lote} \quad [311.3]$$

$$GC_i (90) < 95,0 \% \text{ se rechaza el lote} \quad [311.4]$$

Donde:

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

valores individuales del grado de compactación (GC_i).

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

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

311.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [311.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose solo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0,90 * e_d \quad [311.6]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de

las mismas características, compactar nuevamente y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

311.5.2.2.4 Rasante y anchura

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Cuando no se cumpla por exceso, esta se debe corregir por cuenta del constructor, sin que ello suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

En perfiles transversales cada veinte metros (20 m), se debe comprobar la anchura de la capa extendida, que en ningún caso debe ser inferior a la establecida en los documentos del proyecto.

311.6 Medida

El afirmado se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En todos los casos, la medición de volúmenes de material colocado se debe hacer al metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1).

311.7 Forma de pago

El afirmado se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

311.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
311.1	Afirmado	Metro cúbico (m^3)

Tratamiento paliativo del polvo en afirmados

Artículo 312 – 22

312.1 Descripción

Este trabajo consiste en la preparación de una superficie granular de rodadura, la eventual adición y mezcla de nuevos materiales granulares, el suministro en el lugar y la aplicación de un producto apropiado para aliviar las molestias causadas por el tránsito automotor y la posterior compactación de la capa tratada, de conformidad con lo establecido en esta especificación y las indicaciones del interventor.

312.2 Materiales

312.2.1 Cloruro de calcio

El producto por utilizar para el tratamiento paliativo de polvo debe ser cloruro de calcio en forma sólida o líquida, que cumpla los requisitos establecidos en la especificación ASTM D98. Los documentos del proyecto deben precisar el tipo de cloruro por utilizar.

312.2.1.1 Forma sólida

En su forma sólida, el cloruro se puede emplear en forma de hojuelas (*flakes*), con una

concentración no menor de setenta y siete por ciento (77 %) de cloruro de calcio puro, o en forma de esferas (*pellets*), con una concentración no menor de noventa y cuatro por ciento (94 %) de cloruro de calcio puro. En el primer caso, el producto se debe ajustar al Grado N1 – Clase A de la especificación ASTM D98 y en el segundo, al Grado N3 – Clase B de la misma especificación.

312.2.1.2 Forma líquida

Consiste en una solución acuosa del cloruro, con una concentración de cuando menos treinta y dos por ciento (32 %) y gravedad específica no menor de uno coma treinta (1,30), medida esta última de acuerdo con la norma ASTM D1475.

312.2.2 Agua

El agua, para el humedecimiento previo de la superficie por tratar, debe estar libre de cualquier contaminante que afecte el comportamiento del material en servicio o el ambiente. Puede ser agua potable. Si no lo es, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 312 – 1.

Tabla 312 – 1. Requisitos del agua no potable para tratamiento paliativo de polvo en afirmados

Característica	Norma de ensayo ASTM	Requisito
pH	D1293	5,5 – 8,0
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, máximo (kg/m^3)	D516	1,0

312.2.3 Otros paliativos de polvo

El empleo de otro producto para el control de polvo en afirmados, diferente del cloruro de calcio, requiere la elaboración de una especificación particular.

312.3 Equipo

El constructor debe proponer, para consideración del interventor, los equipos más apropiados para las operaciones por realizar, los cuales no deben producir daños o menoscabos innecesarios en vecindades o en la zona de los trabajos, y deben garantizar el avance físico según el programa de trabajo y el cumplimiento de las exigencias de este artículo.

Para la ejecución de los trabajos especificados se requiere un equipo para la aplicación del producto sobre la superficie, el cual debe consistir en un carro tanque con dispositivos de aplicación a presión, si el cloruro se va a aplicar en forma líquida, o en un esparcidor de gravilla o agrícola para aplicaciones en forma sólida. Dicho equipo se debe encontrar en óptimas condiciones de funcionamiento y debidamente calibrado, de manera que aplique el producto en forma uniforme a lo largo y ancho de la superficie por tratar.

Además, se requiere una motoniveladora con escarificador, un carro tanque irrigador de agua, compactador neumático y herramientas menores.

Los recipientes para el transporte del cloruro en forma sólida deben ser herméticos, y cuando se transporte en forma líquida se debe emplear carro tanques calibrados. En

todos los casos, los vehículos de transporte deben cumplir las reglamentaciones vigentes sobre tránsito y conservación del ambiente expedidas por las autoridades competentes.

El cloruro de calcio en forma sólida se puede almacenar en bodegas, tolvas, silos o apilado. El tipo de almacenamiento depende de la cantidad de producto por almacenar y de la duración del almacenamiento. Para que este sea seguro, se deben cumplir tres requisitos:

- Que el material se mantenga seco, en un ambiente protegido de la humedad.
- Que el sistema de drenaje se encuentre suficientemente alejado del área de almacenamiento, para prevenir cualquier contaminación de láminas y cursos de agua por arrastre de partículas.
- Que la superficie de la zona de almacenamiento sea pavimentada.

Cuando el cloruro se almacene en bodegas, sus pisos, paredes y techos deben ser tan herméticos como resulte posible, para prevenir el acceso de humedad al producto. Si se emplean tolvas y silos, ellos pueden ser de acero al carbono, y es de máxima importancia la exclusión de la humedad para prevenir la corrosión. Si el producto se almacena en pilas, estas se deben cubrir de manera permanente con láminas de polietileno aseguradas de manera firme, para evitar que sean levantadas por el viento. Siempre que se emplee un almacenamiento elevado para descarga del producto por gravedad, esta se debe realizar en un ángulo de cuarenta y cinco grados (45°) con la horizontal cuando se trate de hojuelas, y de treinta y cinco grados (35°) cuando se trate de esferas.

312.4 Ejecución de los trabajos

312.4.1 Fase de experimentación

Antes de iniciar los trabajos a escala industrial, el constructor debe emprender una fase de experimentación para verificar el estado y el rendimiento de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, la dosificación del producto y los métodos definitivos de trabajo.

Para tal efecto, el constructor debe tomar una sección de unos cien metros (100 m) de longitud, cuya superficie se debe preparar como se indica en el numeral 312.4.2, y sobre ella se debe aplicar el producto con una dosificación preliminar establecida en acuerdo con el interventor, dependiendo de la granulometría y la plasticidad del afirmado por proteger y de la duración prevista para el tratamiento. Su compactación se debe realizar como se indica en el numeral 312.4.4.

Si el resultado de esta primera sección de ensayo no es satisfactorio, se debe preparar otra u otras, realizando las modificaciones pertinentes, según las causas que se establezcan como determinantes de la falla de la primera sección y las subsiguientes, hasta encontrar las condiciones de trabajo satisfactorias y aprobadas por el interventor.

Siempre que una sección de prueba resulte inadecuada, el material se debe escarificar, remover, transportar y depositar en un sitio aprobado, sin que ello genere ningún costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

La cantidad de cloruro por aplicar debe ser la mínima necesaria para obtener el éxito en el tratamiento, pero nunca puede exceder

de cero coma ocho kilogramos por metro cuadrado (0,8 kg/m²) de cloruro puro. Si las pruebas determinan la necesidad de utilizar una cantidad mayor, no se debe permitir la ejecución del tratamiento con este producto.

312.4.2 Preparación de la superficie existente

Para que el tratamiento sea eficiente, el material por tratar debe satisfacer los requisitos de calidad y granulometría establecidos en el artículo 311, Afirmado. Si se presentan deficiencias en este aspecto, se debe adicionar y mezclar un material granular que las corrija, compactando a continuación dicha mezcla a los niveles exigidos en el mismo artículo.

El afirmado existente, corregido si ha sido necesario según se describe en el párrafo anterior, se debe perfilar en todo el ancho de la corona de la vía, de manera que la superficie presente un bombeo constante, preferiblemente de cuatro por ciento (4 %).

Luego, se debe escarificar en un espesor comprendido entre veinticinco y cincuenta milímetros (25 mm – 50 mm), el cual debe permanecer suelto durante el tratamiento, con el fin de que el cloruro penetre rápida y uniformemente dentro del material granular. Por ningún motivo se debe compactar el afirmado antes de aplicar el producto.

La superficie por tratar no se puede encontrar seca antes de la aplicación del cloruro. Por tanto, se debe incorporar una cantidad de agua que sea suficiente para facilitar la penetración del producto en el afirmado, pero no excesiva al punto de que pueda causar escurrimientos sobre la superficie de la vía.

312.4.3 Aplicación del producto

El producto se puede aplicar en forma líquida y a presión por medio de un carrotanque, o en forma de hojuelas o esferas con el apoyo de un esparcidor. La velocidad de operación del equipo debe ser tal, que se aplique la cantidad de cloruro establecida como adecuada durante la fase de experimentación.

Al término de la aplicación, el equipo utilizado debe ser sometido a una limpieza rigurosa, debido al carácter corrosivo del cloruro.

312.4.4 Compactación

Después de aplicado el producto se debe proceder a la compactación de la superficie tratada, empleando para ello un equipo de llantas neumáticas. El número de pasadas debe ser el definido en la fase de experimentación, ajustado cuando las circunstancias de la obra lo hagan necesario.

Si durante el proceso de compactación se advierte que el material tiende a ser desplazado al frente del compactador, se debe esperar que cure un poco antes de terminar la compactación.

312.4.5 Control del tránsito

No se debe permitir la circulación de ningún tipo de tránsito durante las dos horas (2 h) siguientes a la terminación de la compactación. Si la suspensión del tránsito no resulta posible, la vía debe ser tratada por mitades.

312.4.6 Limitaciones en la ejecución

El tratamiento para el control del polvo en afirmados no se puede realizar en instantes

de lluvia, ni cuando los pronósticos meteorológicos señalen una posibilidad mayor de veinte por ciento (20 %) de ocurrencia de lluvias durante las treinta y seis horas (36 h) siguientes al instante previsto para la aplicación del producto. El agua lluvia lava y diluye el cloruro estropeando el tratamiento y causando problemas ambientales en los cursos y las láminas de agua, y en la vegetación adyacente a la vía.

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

312.4.7 Manejo ambiental

En adición a lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300, todas las estructuras de drenaje superficial aledañas a la zona de los trabajos se deben mantener limpias para garantizar el adecuado escurrimiento de las aguas, limitando la cantidad de agua que se pueda infiltrar al afirmado, ya que puede lavar el cloruro y deteriorar el tratamiento.

El cloruro de calcio y sus soluciones presentan los mismos problemas de manejo de otras sales similares y, por tanto, requieren un

manejo cuidadoso y el uso de gafas y dotación en materia de seguridad industrial para prevenir lesiones.

El constructor debe presentar la ficha técnica del producto debido a los problemas de contaminación que puede llegar a generar su aplicación. Se requiere esta ficha técnica para poder determinar las mínimas posibilidades de riesgo. Así mismo, se debe garantizar que sea un personal idóneo el que ejecute las diferentes labores que aseguren una correcta aplicabilidad y se minimicen daños.

No se permite producir la solución acuosa de cloruro dentro de la zona de las obras. Esta práctica representa un riesgo a la seguridad debido al carácter exotérmico de este proceso químico.

Al aplicar el cloruro o su solución se debe evitar, por todos los medios, que el producto tenga acceso a cuerpos de agua o sea esparcido sobre la vegetación. Al limpiar los equipos luego de la aplicación del producto, se debe tener en cuenta la misma precaución.

312.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

312.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos de tratamiento paliativo del polvo, se deben adelantar los siguientes controles generales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar, siempre que se considere necesario, que el producto empleado en el tratamiento y el agua cumplan todos los

requisitos de calidad mencionados en este artículo.

- Verificar la calidad de la mezcla entre el material del afirmado existente y el granular de aporte, cuando este último se requiera.
- Efectuar pruebas de campo para verificar las dosificaciones del tratamiento paliativo de polvo.

312.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

312.5.2.1 Calidad del producto

Por cada despacho del producto empleado para el tratamiento, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante, donde consten las fechas de elaboración y vencimiento, así como los resultados de los ensayos de calidad indicados en la norma ASTM E449, los cuales deben cumplir con las exigencias de la especificación ASTM D98.

Independientemente de la entrega de esta información, el interventor puede pedir al constructor que, a su costa, se realicen los ensayos de comprobación correspondientes y requeridos para evaluar la idoneidad del producto. Dichos ensayos se deben llevar a cabo en un laboratorio que cuente con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de productos químicos, que pueda demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario

para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El producto debe ser rechazado por el interventor y, en consecuencia, no puede ser empleado en los trabajos, en las siguientes circunstancias:

- Si se va a aplicar con posterioridad a su fecha de vencimiento.
- Si no resulta conforme con al menos una de las exigencias de este artículo y de las normas ASTM a las cuales hace referencia.
- Si al encontrarse en forma líquida, no constituye una solución homogénea.
- Si algún despacho en forma sólida se presenta pegajoso o empastelado.

Cuando se produzca rechazo, el producto debe ser devuelto al proveedor para que disponga de este en forma apropiada.

312.5.2.2 Calidad del agua

Si se emplea agua que no sea potable y el interventor tiene dudas sobre su calidad, debe solicitar al constructor que, a su costa, ordene la determinación del pH y el contenido de sulfatos en un laboratorio que cuente con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad del agua, que pueda demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar que los resultados de la medición sean trazables al SI mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

Si los resultados obtenidos no cumplen los valores indicados en el numeral 312.2.2, no se debe permitir el empleo de esa agua y se debe rechazar cualquier tratamiento que se

haya realizado con esta. En tal caso, el constructor debe escarificar, remover, transportar y depositar en un sitio aprobado el material, y debe reponer los agregados y reconstruir el tratamiento, sin costo adicional para INVÍAS.

312.5.2.3 Calidad del afirmado

Cuando, previamente al tratamiento, se deba incorporar un material granular de aporte por el motivo indicado en el numeral 312.4.2, la calidad de este debe ser tal que, al mezclarlo con el afirmado existente, la mezcla cumpla los requisitos establecidos para los afirmados en el numeral 311.2 del artículo 311.

Para tal efecto, se deben tomar muestras representativas del material mezclado por el constructor y el interventor lo debe aceptar solamente si satisface todos los requisitos sobre desgaste, solidez, plasticidad y granulometría establecidos en el numeral citado en el párrafo anterior.

312.5.2.4 Calidad del producto terminado

Se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de calzada tratada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de calzada tratada.
- La superficie tratada en un día (1 d) de trabajo.

La dosificación del producto se debe comprobar mediante el pesaje de bandejas metálicas u hojas de papel resistente, colocadas durante la aplicación del cloruro en no menos de tres (3) puntos del área considerada como lote.

El interventor no debe aceptar áreas tratadas donde la dosificación media del producto difiera en más de quince por ciento (15 %) de la aprobada previamente, como resultado de la fase de experimentación. Tampoco debe aceptar un lote donde más de un punto de ensayo presente un resultado por fuera del límite citado, ni donde la dosificación del cloruro puro resulte en exceso de cero coma ocho kilogramos por metro cuadrado (0,8 kg/m²). El interventor debe determinar las medidas por adoptar cuando se presenten estos incumplimientos.

Los costos de todos los materiales, equipos y operaciones requeridos, para la corrección de defectos o excesos en el tratamiento, deben ser asumidos por el constructor.

312.6 Medida

Para los efectos del presente artículo, se deben aplicar los siguientes criterios de medida:

- Si el producto para el tratamiento paliativo del polvo ha sido aplicado en forma sólida, la unidad de medida debe ser el kilogramo (kg), aproximado al entero, de cloruro de calcio suministrado y colocado; aprobado por el interventor.
- Si el producto para el tratamiento paliativo del polvo ha sido aplicado en forma líquida, la unidad de medida debe ser el litro (L), aproximado al entero, de solución de cloruro de calcio suministrada y colocada; aprobada por el interventor.

En los dos casos, la cantidad aplicada se debe determinar multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de trabajo, por el

ancho y por la dosificación media aprobados por el interventor. No se debe medir ni pagar ninguna cantidad por fuera de tales límites.

Cuando se haya incorporado agregado pétreo de adición para corregir el afirmado, la unidad de medida de este debe ser el metro cúbico (m³), aproximado al entero, de material granular suministrado en estado suelto. Su volumen debe ser determinado por el interventor, con base en el número de viajes de material granular transportado suelto y la capacidad de cada volqueta utilizada.

312.7 Forma de pago

El pago del tratamiento paliativo del polvo se debe hacer por kilogramo (kg) o litro (L), según si el producto se aplicó en forma sólida o líquida, al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado, de acuerdo con este artículo y aprobado por el interventor.

El precio unitario debe incluir la compensación total por el suministro, en el lugar de la obra, del producto para el tratamiento y su aplicación, las herramientas y equipos necesarios y la correcta ejecución del trabajo contratado.

El precio unitario del tratamiento paliativo del polvo debe cubrir, además, los costos de todos los permisos y las licencias de toda índole que se requieran para la adquisición del producto, su transporte, almacenamiento y uso, así como los costos de la ejecución de la fase de experimentación, los costos de todos los muestreos y ensayos a cargo del constructor; los costos de la preparación de la superficie existente, incluyendo los que

implique la adquisición, extracción, bombeo, transporte, suministro y aplicación del agua requerida; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la ejecución de los trabajos y el período adicional que indica este artículo o fije el interventor y, en general, todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en el presente artículo. Solamente se exceptúa el suministro, la mezcla y la compactación del agregado pétreo de adición, cuando este se requiera.

El pago del agregado pétreo de adición se debe hacer por metro cúbico (m³) al respectivo precio unitario del contrato, por todo agregado suministrado; aprobado por el interventor. El precio unitario debe incluir la compensación total por el suministro del agregado pétreo de adición en el lugar de la obra, los equipos necesarios, la mezcla del agregado con el afirmado existente y la compactación de dicha mezcla. También, incluye los costos de todos los permisos y las licencias de toda índole que se requieran para la obtención de los materiales; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento de todo tipo de tránsito durante la colocación del material sobre la vía y su mezcla y compactación con el afirmado existente y, en general, todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de este trabajo.

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

312.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
312.1	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma sólida en hojuelas	Kilogramo (kg)
312.2	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma sólida en esferas	Kilogramo (kg)
312.3	Tratamiento paliativo de polvo aplicado en forma líquida	Litro (L)
312.4	Material granular de adición	Metro cúbico (m ³)

Subbase granular

Artículo 320 – 22

320.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación, el humedecimiento o aireación, la extensión y la conformación, la compactación y el terminado de material de subbase granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, las pendientes y las dimensiones indicados en los documentos del proyecto.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina subbase granular a la capa o capas granulares localizadas entre la subrasante y la base granular o la capa estabilizada, en todo tipo de pavimento, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

320.2 Materiales

320.2.1 Clases de subbase granular

Se definen tres clases de subbase granular, en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en el numeral 320.2.2. Así mismo, se debe definir el tipo de granulometría que se va a emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de subbase granular se deben usar como se indica en la Tabla 320 — 1, en función del nivel de tránsito del proyecto, definido en el artículo 100, Ámbito de aplicación, términos y definiciones.

Tabla 320 — 1. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

320.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la subbase granular deben satisfacer los requisitos

de calidad indicados en la Tabla 320 — 2. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 320 — 3.

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.

Tabla 320 — 3. Franjas granulométricas del material de subbase granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)									
SBG-50 (Nota)	100	70 – 95	60 – 90	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	6 – 25	2 – 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 – 95	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %	

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 320 — 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Una vez elegida la franja granulométrica, no se puede cambiar por otra sin previa autorización del interventor.

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada, y el tamaño máximo nominal no debe exceder un tercio (1/3) del mismo espesor.

320.3 Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. Para la construcción de la subbase granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores. Estos equipos deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de

los componentes dentro de las tolerancias fijadas. Los equipos de cargue y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte.

Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por pavimentar superior a los setenta mil metros cuadrados (> 70 000 m²), se recomienda utilizar extendedoras automáticas, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de subbase, con la configuración deseada y para proporcionarle un mínimo de compactación. No obstante, la selección del equipo para la extensión debe ser responsabilidad del constructor, con la aprobación del interventor y se debe validar durante su operación.

El equipo de humedecimiento y mezclado debe ser capaz de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

320.4 Ejecución de los trabajos

320.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

320.4.2 Preparación de la superficie existente

El interventor solo debe autorizar la colocación de material de subbase granular, cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas.

Además, debe estar concluida la construcción de los desagües y los filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el constructor debe realizar las correcciones necesarias, hasta ser aprobadas por el interventor.

320.4.3 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

320.4.4 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 de artículo 300, respectivamente.

320.4.5 Colocación, extensión y conformación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme, donde el interventor debe verificar su homogeneidad. Si la capa de subbase granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, su mezcla se puede realizar en planta o en un patio fuera de la vía.

En el caso de realizar la mezcla en planta, se debe agregar la dosificación requerida de agua para luego transportar el material a su sitio de colocación. Cuando se vaya a realizar la mezcla directamente en el sitio, esta se debe hacer en un patio fuera de la vía, porque su mezcla dentro del área de colocación no está permitida. La mezcla se debe realizar en seco y posteriormente se debe agregar el agua que sea requerida.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua óptimo de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con un contenido de agua uniforme. Este, después de humedecido o aireado, se debe extender en todo el ancho previsto en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material se debe extender de tal forma, que no requiera mayor manipulación para obtener el espesor, el ancho y el bombeo especificados en los diseños, evitando en lo posible adiciones de forma sectorizada.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de subbase compactada, por construir, es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido debe mostrar una distribución granulométrica

uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente, según lo estipulado en el numeral 320.5.2.2.2 de esta especificación. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el constructor debe proponer al interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y la calidad de la capa.

320.4.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la subbase granular tenga el contenido de agua apropiado para asegurar la densidad de diseño requerida, se debe conformar ajustándose a los alineamientos y las secciones típicas del proyecto, y se debe compactar con el equipo aprobado por el interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte, no permitan el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud

no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

El acabado final de la subbase debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

320.4.7 Construcción de la subbase granular sobre un afirmado existente

Si el proyecto contempla que el afirmado existente forme parte de la capa de subbase granular, aquel se debe escarificar en una profundidad de cien milímetros (100 mm) o la que especifique los documentos del proyecto, y se debe conformar y compactar con el fin de obtener el mismo nivel de compactación exigido a la subbase granular, en un espesor de ciento cincuenta milímetros (150 mm).

Si el espesor del afirmado es menor de cien milímetros (100 mm), el interventor puede autorizar que el material de subbase granular se mezcle con el del afirmado, previa la escarificación de este. En todo caso, se deben respetar los espesores de capa mencionados en el numeral 320.4.5.

320.4.8 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas se debe distribuir en forma tal que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El constructor debe responder por los daños originados por esa causa y debe repararlos, sin costo adicional

para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

320.4.9 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de material de subbase granular mientras no haya sido realizada la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se puede construir la subbase granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C).

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

320.4.10 Bacheos

Las excavaciones para la reparación de un pavimento asfáltico existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), cuya profundidad sea superior a trescientos milímetros (300 mm), se deben rellenar con material de subbase granular desde el fondo de la excavación hasta una profundidad de doscientos

cincuenta milímetros (250 mm) por debajo de la rasante existente. Este material debe ser compactado con el equipo adecuado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la Red Vial Nacional tienen estructuras muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidos a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de subbase granular en las operaciones de bacheo en ellos, se debe definir en los documentos del proyecto.

320.4.11 Conservación

El constructor debe conservar la capa de subbase granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el interventor hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el constructor debe reparar, sin costo adicional para INVÍAS, todos los daños que se produzcan en la subbase granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

320.4.12 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

320.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

320.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300.

320.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

320.5.2.1 Calidad de los agregados

320.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y por cada dos mil metros cúbicos (2 000 m³) del material de un mismo tipo, se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 320 — 2. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

Estos ensayos se deben repetir durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, y no se puede utilizar el

material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del interventor.

Durante esta etapa, el interventor debe comprobar, además, que el material de descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

320.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se debe ordenar que se acopien por separado aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 320 — 4.

Tabla 320 — 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de subbase granular

Ensayo	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-213	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Desgaste en máquina de Los Ángeles	E-218	Una (1) vez por semana
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 320 — 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos,

o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se deben realizar sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 320 — 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se debe permitir el empleo de materiales que no cumplan con los requisitos de calidad indicados en el numeral 320.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

320.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deben sufrir una degradación excesiva con motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se deben tomar muestras representativas, al menos cada doscientos metros (200 m) del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se deben someter a los ensayos que se indican en la Tabla 320 — 5. Los resultados de estos ensayos deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 320.2.2. Si no las cumplen, se debe suspender inmediatamente el empleo del material y se debe delimitar el área donde se haya utilizado, la cual debe ser demolida y reconstruida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, empleando un material de subbase granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral.

Tabla 320 — 5. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados

Característica	Norma de ensayo INV
Granulometría	E-213
Límite líquido	E-125
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

320.5.2.2 Calidad del producto terminado

320.5.2.2.1 Terminado

La capa de subbase granular terminada debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni

segregaciones. Si el interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, debe delimitar el área afectada y el constructor la debe escarificar en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, debe mezclar y compactar de nuevo hasta

que, tanto el área delimitada como las adyacentes, cumplan todos los requisitos exigidos en el presente artículo.

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Tampoco debe quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no debe ser inferior a la señalada en los documentos del proyecto.

Cuando los niveles de la rasante no se cumplan por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el interventor puede aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la disminución con el espesor adicional necesario, sin incremento de costo para INVÍAS. De lo contrario, estas áreas deben ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir las cotas y el espesor establecidos en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

Cuando no se cumpla por exceso, este se debe corregir por cuenta del constructor, siempre que ello no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

La verificación de los perfiles longitudinales y transversales del proyecto se debe hacer mediante puntos de referencia altimétrica a distancias no superiores a veinte metros (20 m). En las zonas de transición de peraltes, esta verificación se debe realizar cada diez metros (10 m) como máximo. El ancho de la sección en ningún caso debe ser inferior al establecido en los documentos del proyecto.

320.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total de la subbase granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de subbase granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

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

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

- Material sin sobretamaños:

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

- Material con sobretamaños:

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

Donde:

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

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

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

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

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

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

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

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

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

Donde:

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

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

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

320.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

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

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d). Se admite solo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0,90 * e_d \quad [320.6]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, compactar nuevamente y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

Si el espesor medio (e_m) resulta inferior al espesor de diseño (e_d), pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, el interventor puede admitir el espesor construido, siempre que el constructor se comprometa, por escrito, a compensar la disminución con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para INVÍAS. Si el constructor no suscribe este compromiso, se debe proceder como en el párrafo anterior.

320.5.2.2.4 Planicidad

Se debe comprobar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el interventor considere conveniente. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, y no se deben admitir variaciones superiores a veinte milímetros (20 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia, debe ser delimitada por el interventor, y el constructor debe corregirla con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso,

para asegurar buena adherencia, es obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente artículo.

320.5.2.2.5 Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deben satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a criterio del interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual debe depender del tamaño de las áreas tratadas.

320.5.2.2.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de subbase granular, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

320.6 Medida

La subbase granular se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de subbase, se debe aplicar lo señalado en el numeral 300.6.2 del mismo artículo. En todos los casos, la medición de volúmenes de material colocado se debe hacer al metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1).

320.7 Forma de pago

La subbase granular se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

320.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
320.1	Subbase granular clase A	Metro cúbico (m ³)
320.2	Subbase granular clase B	Metro cúbico (m ³)
320.3	Subbase granular clase C	Metro cúbico (m ³)
320.4	Subbase granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m ³)
320.5	Subbase granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m ³)
320.6	Subbase granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m ³)

Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural

Artículo 321 - 22

321.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de una subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural en vías con un nivel de tránsito NT1, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos.

Para efectos de aplicación de esta especificación se define como subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural, la adición en una planta, zona de acopio o in situ, de una mezcla asfáltica natural seleccionada a un agregado pétreo, que cumplan los requisitos del presente artículo.

321.2 Materiales

321.2.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con una mezcla asfáltica natural pueden provenir de la trituración de materiales pétreos de la vía, piedra de cantera o de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deben estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

La estructura de los pétreos resultante (combinada) para la construcción de la capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural debe presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 321-1. La gradación por emplear se debe indicar en los documentos del proyecto. Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa con las tolerancias que se indican en la Tabla 321-1, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Los agregados pétreos resultantes no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico - química apreciable bajo las más desfavorables condiciones que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco pueden, junto con el agua, dar origen a disoluciones que puedan causar daños a estructuras, otras capas del pavimento o contaminar corrientes de agua. Los agregados pétreos por estabilizar deben cumplir los requisitos de calidad indicados en la Tabla 321- 2.

El constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados a utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en esta especificación.

Tabla 321-1 Franjas granulométricas de los agregados combinados para la construcción de capas de subbases estabilizadas con una mezcla asfáltica natural

Tipo de mezcla	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)									
SBEMAN-50	100	70 - 95	60 - 90	45 - 75	40 - 70	25 - 55	15 - 40	6 - 25	2 - 15
SBEMAN-38	-	100	75 - 95	55 - 85	45 - 75	30 - 60	20 - 45	8 - 30	2 - 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Tabla 321-2 Requisitos de los agregados pétreos por estabilizar

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles, máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, Máximo (%)	E-220	18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	35
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 E-126	9
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	20
Capacidad de soporte (F)		
CBR del agregado a estabilizar (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca medido en una muestra sometida a cuatro días de Inmersión.	E-148	≥ 15

321.2.2 Mezcla Asfáltica Natural

La mezcla asfáltica natural es un material compuesto esencialmente de arenas finas y conglomerado que están impregnadas de asfalto, siendo este parámetro común para la mayoría de los depósitos que se encuentran en el territorio colombiano. El contenido de asfalto residual puede variar según la fuente de explotación. El material pétreo presente en

el asfalto natural debe estar exento de materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial.

321.3 Equipo

Al respecto rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300, Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas.

Para la construcción de las capas de subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural se requieren, además, equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora, equipos para mezclado y homogenización, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, equipos para la elaboración, extensión, compactación y nivelación de la mezcla estabilizada, así como herramientas menores y un equipo apropiado para escarificar la capa existente, en caso de que su utilización esté prevista en el proyecto.

321.4 Ejecución de los trabajos

321.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300. En la explotación de la mezcla asfáltica natural se debe hacer la respectiva clasificación del material con el fin de evitar sobretamaños, materiales fósiles u otros elementos nocivos o contaminantes para la capa a conformar o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada. Se debe obtener en lo posible, una mezcla asfáltica natural con un porcentaje de asfalto relativamente homogéneo.

321.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

321.4.2.1 Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor, para su verificación, muestras de los materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos que

demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a criterio del interventor los materiales resultan objetables, el constructor debe efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales, el constructor debe definir la fórmula de trabajo para determinar las proporciones de los materiales utilizados y parámetros de compactación que permitan cumplir con los requerimientos exigidos a la capa de subbase estabilizada construida. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, este solo puede ser modificado durante la ejecución de los trabajos si se llega a presentar una variación inevitable en alguno de los componentes que intervienen en ella.

Las mezclas de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben diseñar utilizando el método inmersión – compresión, siguiendo el procedimiento definido por la norma de ensayo INV E-622. Para la aplicación de este método de dosificación, se debe tener en cuenta que al agregado pétreo ya se le ha colocado el ligante asfáltico a través de la adición de la cantidad necesaria de mezcla asfáltica natural, por lo tanto, se debe determinar la humedad óptima de compactación del material granular estabilizado siguiendo el procedimiento definido por la norma INV E-142 y proceder a la evaluación de la resistencia a la compresión en estado seco y después del proceso de inmersión, tal como lo describe la norma INV E- 622.

321.4.2.2 Diseño de la subbase con mezcla asfáltica natural por resistencia

La evaluación de las propiedades del material pétreo estabilizado con la mezcla asfáltica natural se debe realizar por el método de

inmersión – compresión. La dosificación óptima propuesta debe cumplir con los criterios establecidos en la Tabla 321-3.

exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo Rh.

El porcentaje óptimo de mezcla asfáltica natural debe ser aquel que, cumpliendo las

Tabla 321-3 Criterios de resistencia para la determinación de la dosificación óptima de mezcla asfáltica natural

Parámetro	Norma de ensayo INV	Valor
Resistencia de probetas curadas en seco R_s , mínimo (MPa)	E-622	1,5
Resistencia conservada tras curado húmedo $R_c = R_h/R_s$, mínimo (%)		50

321.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el constructor, en el cual debe proponer la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del interventor, debe contener por lo menos la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular a estabilizar.
- La granulometría de cada fracción del material granular.
- Las proporciones (en masa seca) de la mezcla asfáltica natural y del material granular.
- La granulometría combinada (agregado pétreo y mezcla asfáltica natural).
- El porcentaje de ligante asfáltico en la dosificación de diseño, con relación a la masa seca del componente mineral.
- El porcentaje de agua para compactación, con relación a la masa seca del componente mineral.

- Las resistencias a la compresión obtenidas en la prueba de inmersión - compresión.
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indiquen los documentos del proyecto.

321.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no pueden ser iniciados a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del interventor no exime al constructor

de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este artículo.

321.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material pétreo por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la subbase estabilizada se debe comprobar que la superficie que le va a servir de apoyo se encuentre limpia, tenga la densidad y la planicidad apropiadas y cumpla con las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo indicado en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Si los documentos del proyecto exigen la aplicación previa de una imprimación, esta se debe efectuar de acuerdo con lo previsto en el artículo 420, Riego de imprimación.

En caso de que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el material existente, este se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los documentos del proyecto. Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante asfáltico a través de la mezcla asfáltica natural. Además, se debe comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el interventor debe ordenar las modificaciones

previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios que sean requeridos para el drenaje de la calzada, previamente a la construcción de la subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural.

321.4.4 Transporte y almacenamiento de agregados de aporte

Cuando la estabilización incluya agregados de aporte, estos se deben transportar a la planta de mezcla o a la vía, según sea el caso, en vehículos apropiados, protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, los cuales se deben asegurar a la carrocería para impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

La mezcla asfáltica natural se puede acopiar, ya sea a lo largo de la vía a intervenir o en una zona aledaña a la misma, para después movilizarla en volquetas, cuidando que no pierda sus condiciones de calidad. Si el material está expuesto a condiciones climáticas adversas, deben tomarse las precauciones que se estimen convenientes para garantizar que la calidad de este se vea inmodificable.

Cuando se requiera almacenar los agregados destinados a la construcción de la subbase estabilizada con la mezcla asfáltica natural, se deben tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del artículo 300.

321.4.5 Elaboración de la mezcla

Se recomienda realizar la mezcla del agregado pétreo seleccionado y la mezcla asfáltica natural en un patio fuera de la vía,

utilizando un cargador o un equipo que sea capaz de homogenizar los materiales en la proporción definida en la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar parte de la capa existente como el material por estabilizar, la mezcla puede ser elaborada en la vía. El material que conforma la capa existente debe ser escarificado y pulverizado previamente. Si es necesario adicionar material de aporte, este se debe transportar a la vía para ser extendido en el ancho y en el espesor adecuados que permitan que la capa, luego de mezclada con el material pulverizado y la mezcla asfáltica natural, cumpla con las secciones indicadas en los documentos del proyecto.

Cuando la mezcla entre el agregado y la mezcla asfáltica natural se realice en la vía, el interventor debe aprobar por escrito el sector sobre el cual se van a homogenizar los materiales mediante las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora. Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente. Cualquiera que sea la forma utilizada, los materiales deben ser mezclados uniformemente y para ello debe distribuirse en dos cordones, verificando en cada uno de ellos la cantidad y la uniformidad de tal manera que garantice la obtención del contenido de asfalto y la granulometría combinada definida en la fórmula de trabajo. Previa verificación de la humedad se incorpora la cantidad debida de agua, en caso de requerirse, efectuando la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente aproximadamente la

sección indicada en los documentos del proyecto. En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm) la construcción de la capa estabilizada se debe fraccionar en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

321.4.6 Transporte de la mezcla

Si la mezcla es elaborada en una zona aledaña o en un patio de mezclado, esta se debe transportar a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla se deben tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y garantizar la uniformidad de la granulometría. La mezcla elaborada en el patio se debe transportar a la vía en volquetas hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Solo se permite el trabajo en horas de la noche si, por aprobación del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de la mezcla de manera adecuada.

321.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se extiende mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y a las cotas indicadas en los documentos del proyecto, con la verificación del constructor y el interventor.

Una vez se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de apisonado y el contenido óptimo de asfalto, se continúa con la compactación mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación,

hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 321.5.2.4.3.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo neumático para eliminar las huellas de la maquinaria de construcción.

En las zonas que, por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas, no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se debe extender y compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

321.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se deben disponer de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se les debe aplicar una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva, de acuerdo con lo previsto en el artículo 421, Riego de liga. Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Si se trabaja por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas. En lo posible, la mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la terminadora y la producción del material.

Cuando se emplee una terminadora, que es la opción recomendada, se debe regular de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los documentos del proyecto con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas terminadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permite la segregación de materiales. Si ocurre, la extensión de la mezcla debe ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación debe ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del constructor.

La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando dejar la superficie a las cotas previstas en el proyecto, con el objeto de no tener que corregir la capa extendida.

321.4.9 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de prueba cuya longitud, ancho y espesor deben quedar definidos en acuerdo con el interventor, para probar tanto el equipo como los materiales, y así establecer el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado para determinar su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de mezcla asfáltica natural, contenido de ligante asfáltico, compactación y demás requisitos exigidos, conforme a lo determinado en la fórmula de trabajo.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, modificar la fórmula de trabajo repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones hasta que ellas sean aprobadas por el interventor.

321.4.10 Apertura al tránsito

No se debe permitir el tránsito público hasta que la mezcla haya adquirido la densidad especificada y la capa compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Si esto no es posible, el tránsito que necesariamente deba circular sobre ella se debe distribuir de manera que no se concentren las huellas de su circulación sobre la superficie. Los daños producidos por esta causa deben ser reparados por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías – INVÍAS.

321.4.11 Conservación

El constructor debe conservar la capa estabilizada con la mezcla asfáltica natural en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido para lograr los requisitos de la presente

especificación previa aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.4.12 Limitaciones en la ejecución

No se permite la extensión y compactación de mezclas cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C), esté lloviendo o exista alta probabilidad de que ello ocurra.

En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua de lluvia, el constructor debe, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado con una nueva mezcla, hasta ser aprobado por el interventor.

Los trabajos de construcción de la capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en jornada nocturna, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial adecuado. Si el constructor no ofrece esta garantía, debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicional para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

321.4.13 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, debe regir todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del artículo 300.

321.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

321.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del artículo 300, se deben efectuar ensayos para el control de calidad de la mezcla y de densidad y resistencia de la capa luego de compactada.

321.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

321.5.2.1 Calidad de los agregados pétreos a estabilizar

Se deben realizar los siguientes controles:

321.5.2.1.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos a estabilizar con la mezcla asfáltica

natural y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le debe realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 321-2, según corresponda. Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en ellas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

321.5.2.1.2 Control durante el proceso de producción

Durante la etapa de producción de la mezcla estabilizada, se deben examinar las descargas a los acopios, ordenando el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También se debe acopiar por separado aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto, vigilando la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Tabla 321-4 Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos por estabilizar

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría combinada	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125 INV E-126	1 por jornada
Terrones de arcilla y partículas deleznable	INV E-211	1 por semana
Equivalente de arena	INV E-133	1 por semana
Capacidad de soporte (F)		
CBR	INV E-148	1 por mes

Nota: Si no se especifica lo contrario, las características se deben verificar al agregado por estabilizar

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad a los agregados pétreos por estabilizar con la mezcla asfáltica natural, indicadas en la Tabla 321-4.

No se permite el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente artículo. En la eventualidad de que alguna prueba reporte un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material para proceder a repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios, de lo contrario, el interventor debe impedir el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 321-4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada haya aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

321.5.2.2 Composición de la mezcla

Para efectos del control se considera como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 321.5.2.4.1.

Cuantitativamente se deben realizar los siguientes controles:

321.5.2.2.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote definido como se indica en el numeral 321.5.2.4.1, se determina el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) debe tener una tolerancia de uno por ciento (1,0 %) para estabilizaciones realizadas en vía y cero coma cinco por ciento (0,5 %) para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

(mezcla en vía)

$$ARF\% - 1,0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1,0\%$$

[321.1]

(mezcla en planta)

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

[321.2]

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %) no puede diferir del valor medio del lote (ART %) en más de uno por ciento (1,0 %), admitiéndose solo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$$ART\% - 1,0\% \leq ARI\% \leq ART\% + 1,0\%$$

[321.3]

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.5.2.2.2 Granulometría $R_m \geq 0,90$ [321.4]

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual debe cumplir la gradación de la fórmula de trabajo dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 321-1.

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo. Se admite solo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

 $R_i \geq 0,80$ [321.5]

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se debe someter a las pruebas mencionadas en el numeral 321.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechaza el lote al cual correspondan esas muestras.

La resistencia conservada promedio (R_{cm}) debe ser, como mínimo, el cincuenta por ciento (50 %) sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.5.2.3 Calidad de la mezcla**321.5.2.3.1 Resistencia**

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben moldear probetas (tres (3) probetas por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión (norma de ensayo INV E-622). Una muestra se debe curar en seco y otra en condición húmeda.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos se deben suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 321.4.2.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m) debe superar, o al menos igualar, el noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_i). Un criterio similar se debe aplicar para las probetas sometidas a curado húmedo.

321.5.2.4 Calidad del producto terminado**321.5.2.4.1 Tamaño del lote**

Se considera como lote que se acepta o rechaza en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural:

- Longitud de quinientos metros (500 m), medida a lo largo del eje de vía, de mezcla

colocada en todo el ancho de la calzada.

- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

321.5.2.4.2 Aspectos generales

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa, excluidos sus chaflanes, no debe ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no puede variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

321.5.2.4.3 Compactación

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

Para el control de la compactación de una capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación INV E-142), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobre tamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [321.6]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{C_{Y_{d,m\acute{a}x}}} \times 100 \quad [321.7]$$

Siendo:

GC_i: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

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

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

C_{Y_{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_{Y_{d,máx}}) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, (P_{FG}), presente en sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq 95,0 \%$ se acepta el lote [321.8]

$GC_i (90) < 95,0 \%$ se rechaza el lote [321.9]

Donde:

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

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

En caso de rechazo la capa de subbase estabilizada correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.5.2.4.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no debe ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [321.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al

ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 * e_d \quad [321.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos se debe rechazar el lote, salvo que el constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que ello genere costo alguno para INVÍAS, ni problemas por gálibo.

321.5.2.4.5 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

321.5.2.4.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa estabilizada, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias por cuyo trabajo autoriza el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

321.6 Medida

La subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300.

321.7 Forma de pago

La subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe pagar según lo descrito en el numeral 300.7 del artículo 300.

En el precio unitario se deben incluir todos los costos de explotación para los agregados pétreos de adición y/o importados y los de la mezcla natural.

321.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
321.1	Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo SBEMAN-50	Metro cúbico (m ³)
321.2	Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo SBEMAN-38	Metro cúbico (m ³)

Base granular

Artículo 330 – 22

330.1 Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, el transporte, la colocación, el humedecimiento o la aireación, la extensión y la conformación, la compactación y el terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, las pendientes y las dimensiones indicados en los documentos del proyecto.

330.2 Materiales

330.2.1 Clases de base granular

Se definen tres clases de base granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B y C), como se indica en la Tabla 330 — 2. Los documentos del proyecto deben definir la clase de base granular por utilizar, así mismo, definir el tipo de granulometría que se debe emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de base granular se deben usar como se indica en la Tabla 330 — 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 330 — 1. Uso típico de las diferentes clases de base granular

Clase de base granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

330.2.2 Requisitos de calidad para los agregados

Los agregados para la construcción de la base granular deben satisfacer los requisitos de calidad indicados en la Tabla 330 — 2. Además, se deben ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 330 — 3; salvo que los documentos del proyecto indiquen otra cosa, para niveles de tránsito NT3 se deben usar bases granulares

de gradación gruesa. Cuando los materiales de base no cumplan los requisitos de la Tabla 330 — 2, estos pueden ser tratados con cemento para mejorar sus propiedades. Las recomendaciones de construcción para tener en cuenta son las establecidas en el artículo 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural.

No se debe aceptar el suministro y la utilización de materiales que no cumplan los requisitos indicados en esta especificación.

Tabla 330 — 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%):	E-218			
- 500 revoluciones		35	40	40
- 100 revoluciones		7	8	8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	25	30	-
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos:	E-224			
- Valor en seco, mínimo (kN)		90	70	-
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		75	75	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1):	E-220			
- Sulfato de sodio		12	12	12
- Sulfato de magnesio		18	18	18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	-	-	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	0	0	3
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2).	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%). (Nota 3):	E-227			
- Una cara		90	70	50
- Dos caras		85	50	-
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%).	E-239	35	35	-
Resistencia de material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 95	≥ 80	≥ 80

Nota 1: el ensayo de solidez se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio, de acuerdo con los documentos del proyecto, o con lo solicitado por el interventor.

Nota 2: el ensayo de valor de azul de metileno solo se debe exigir cuando el equivalente de arena del material de base granular sea inferior a treinta por ciento (30 %), pero igual o superior a veinticinco por ciento (25 %).

Nota 3: se puede reducir el porcentaje de partículas con caras fracturadas, siempre y cuando el constructor demuestre, mediante ensayos de laboratorio o tramos de prueba, que no se ve afectada la resistencia requerida por los materiales.

Tabla 330 — 3. Franjas granulométricas del material de base granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	⅜ Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)								
Bases granulares de gradación gruesa								
BG-40	100	75 – 100	65 – 90	45 – 68	30 – 50	15 – 32	7 – 20	0 – 9
BG-27	-	100	75 – 100	52 – 78	35 – 59	20 – 40	8 – 22	0 – 9
Bases granulares de gradación fina								
BG-38	100	70 – 100	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
BG-25	-	100	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el constructor debe dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de otro adyacente y viceversa.

Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 330 — 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada. Una vez elegida la franja

granulométrica, esta no se puede cambiar por otra, sin previa autorización del interventor.

Los agregados gruesos, retenidos sobre el tamiz de 4,75 mm (nro. 4), deben ser partículas resistentes, durables, constituidas de fragmentos de roca o grava. No se deben usar materiales que se quiebran o degradan con los ciclos alternados de humedecimiento-secado.

Los agregados finos, que pasan por el tamiz de 4,75 mm (nro. 4), deben estar constituidos por arenas naturales o trituradas, y por partículas minerales que pasan por el tamiz de 0,075 mm (nro. 200).

Además, la relación entre el porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) y el porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), no debe exceder de dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada, y el tamaño máximo nominal no debe exceder un tercio (1/3) del mismo espesor.

330.3 Equipo

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300. Para la construcción de la base granular se requieren equipos para la explotación de los materiales, una planta de trituración, una unidad clasificadora y, de ser necesario, un equipo de lavado. También se requieren equipos para mezclado, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

Estos equipos deben ser capaces de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas; los equipos de cargue y transporte deben contar con superficies lisas y limpias, y disponer de lonas o cobertores adecuados para proteger el material durante su transporte. Para la extensión del material, cuando la obra tenga una superficie por conformar superior a los setenta mil metros cuadrados ($> 70\ 000\ m^2$), se deben utilizar extendedoras automotrices, que deben estar dotadas de sistemas automáticos de nivelación y de los dispositivos necesarios para la puesta en obra de la capa de base con la configuración deseada, y para proporcionarle un mínimo de compactación. En el resto de los casos el constructor debe disponer los equipos necesarios para la extensión del material, con previa autorización del interventor.

Todos los compactadores deben ser autopropulsados y tener inversores del sentido de la marcha de acción suave. Como mínimo se debe emplear un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos.

El rodillo metálico del compactador vibratorio debe tener una carga estática sobre la generatriz no inferior a treinta kilonewtons por metro (30 kN/m) y debe ser capaz de alcanzar una masa de al menos quince mil kilogramos (15 000 kg), con amplitudes y frecuencias de vibración adecuadas.

Si se utilizan compactadores de neumáticos, estos deben ser capaces de alcanzar una masa de, al menos, veintiocho mil kilogramos (28 000 kg) y una carga por rueda de al menos treinta y nueve coma dos kilonewtons (39,2 kN) aproximadamente, con una presión de inflado que pueda llegar a alcanzar un valor no inferior a cero coma ocho megapascales (0,8 MPa).

Los compactadores de rodillos metálicos deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración al invertir el sentido de la marcha, y no deben presentar surcos ni irregularidades en ellos. Los compactadores de neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras con las de las traseras. En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación convencionales, el constructor debe emplear otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretenda realizar, y siempre deben ser autorizados por el interventor.

El agua añadida se debe controlar mediante un caudalímetro, cuya precisión debe ser superior al dos por ciento (2 %), y un

totalizador con indicador en la cabina de mando de la central. El equipo de humedecimiento y mezclado debe ser capaz de asegurar la completa homogeneización de los componentes dentro de las tolerancias fijadas.

330.4 Ejecución de los trabajos

330.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

330.4.2 Preparación de la superficie existente

El interventor solo debe autorizar la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada, así como las cotas y las secciones indicadas en los documentos del proyecto, con las tolerancias establecidas. Además, debe estar concluida la construcción de los desagües y los filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el constructor debe hacer las correcciones necesarias, las cuales deben ser aprobadas por el interventor.

La base granular no se debe extender sobre superficies que presenten capas blandas, arcillosas u orgánicas.

330.4.3 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

330.4.4 Transporte y almacenamiento del material

El transporte y el almacenamiento de materiales deben cumplir lo establecido en los numerales 300.4.5 y 300.4.3 del artículo 300, respectivamente.

330.4.5 Colocación, extensión y conformación del material

La colocación del material sobre la capa subyacente se debe hacer en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de extensión, conformación y compactación del material.

El material se debe disponer en un cordón de sección uniforme donde el interventor debe verificar su homogeneidad. Si la capa de base granular se va a construir mediante la combinación de dos (2) o más materiales, su mezcla, se puede realizar en planta o directamente en el sitio.

En el caso de realizar la mezcla en planta, se debe agregar la dosificación requerida de agua para luego transportar el material a su sitio de colocación; y en el caso en el que se vaya a realizar la mezcla directamente en el sitio, esta se debe hacer en un patio fuera de la vía, por cuanto su mezcla dentro del área de colocación no está permitida. La mezcla se debe realizar en seco y posteriormente se debe agregar el agua que sea requerida.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr el contenido de agua óptimo de compactación, el constructor debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con un contenido de agua uniforme. Este, después de humedecido o aireado, se debe extender en todo el ancho previsto en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

El material se debe extender de tal forma, que no requiera mayor manipulación para obtener el espesor, el ancho y el bombeo especificados en los diseños, evitando en lo posible adiciones de forma sectorizada.

En todo caso, la cantidad de material extendido debe ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de base compactada por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). El material extendido debe mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente, siguiendo lo estipulado en la sección 330.5.2.2.2 de esta especificación. A menos que el interventor apruebe algún procedimiento alternativo, la capa ya compactada se debe escarificar superficialmente con el propósito de ligarla con la siguiente.

En operaciones de bacheo o en aplicaciones en áreas reducidas, el constructor debe proponer al interventor los métodos de extensión que garanticen la uniformidad y calidad de la capa.

330.4.6 Compactación

Una vez que el material extendido de la base granular tenga el contenido de agua apropiado, entendido como el contenido de agua igual que el óptimo, necesario para asegurar la densidad de diseño requerida, se debe conformar ajustándose a los alineamientos y las secciones típicas del proyecto y se debe compactar con el equipo aprobado por el interventor, hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Aquellas zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan el uso del equipo que normalmente se utiliza, se deben compactar con los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades secas que se alcancen no sean inferiores a la obtenida en el resto de la capa.

La compactación se debe efectuar longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido una longitud no menor de la mitad del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se debe hacer del borde inferior al superior.

La última capa extendida debe garantizar una superficie lisa y apropiada para la conformación de las capas superiores.

330.4.7 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre estas capas se debe distribuir en forma tal que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El constructor debe responder por los daños producidos por esta causa y debe repararlos, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), de acuerdo con las instrucciones del interventor.

330.4.8 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión de ninguna capa de material de base granular mientras no haya sido realizada la nivelación y la comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se puede construir la base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor que ella ocurra, ni cuando la temperatura ambiente sea inferior a dos grados Celsius (2 °C).

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

el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

330.4.9 Bacheos

En las excavaciones para la reparación de un pavimento existente de estructura convencional (capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), que tengan una profundidad superior a trescientos milímetros (300 mm), se debe emplear material de base granular para su relleno por encima de la subbase granular descrita en el numeral 320.4.10 del artículo 320, y hasta una profundidad de setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

Si la excavación tiene una profundidad mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm) y menor o igual a trescientos milímetros (300 mm), ella se debe rellenar con material de base granular hasta setenta y cinco milímetros (75 mm) por debajo de la rasante existente.

En las excavaciones para reparación del pavimento existente cuya profundidad sea menor o igual a ciento cincuenta milímetros (150 mm), no se debe emplear material de base granular en su relleno.

El material de base granular colocado en estos rellenos debe ser compactado hasta alcanzar la densidad seca especificada.

Teniendo en cuenta que algunos pavimentos asfálticos de la Red Vial Nacional tienen estructuras no convencionales, muy gruesas y complejas, debido a que han sido sometidas a varias intervenciones de rehabilitación, el eventual uso de materiales de base granular en las operaciones de bacheo en ellos y las respectivas profundidades de colocación, se debe definir en los documentos del proyecto.

330.4.10 Conservación

El constructor debe conservar la capa de base granular en las condiciones en las cuales le fue aceptada por el interventor, hasta el momento de ser recubierta por la capa inmediatamente superior, aun cuando aquella sea librada parcial o totalmente al tránsito público. Durante dicho lapso, el constructor debe reparar, sin costo adicional para INVÍAS, todos los daños que se produzcan en la base granular y restablecer el mismo estado en el cual ella se aceptó.

330.4.11 Manejo ambiental

Rige lo indicado en el numeral 300.4.8 del artículo 300.

330.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

330.5.1 Controles

Rige lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300.

330.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

Los retrasos en el cronograma debidos a las deficiencias o al reemplazo de materiales, así como los costos asociados a estas circunstancias, son responsabilidad del constructor.

330.5.2.1 Calidad de los agregados

330.5.2.1.1 Control de procedencia

De cada fuente de agregados pétreos y por cada dos mil metros cúbicos (2000 m³) del

material de un mismo tipo se deben tomar cuatro (4) muestras representativas para realizar los ensayos especificados en la Tabla 330 — 2. Los resultados deben satisfacer las exigencias indicadas en dicha tabla, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

El ensayo para determinar el valor de azul de metileno sobre el agregado combinado solo es necesario si el valor del equivalente de arena es inferior a treinta por ciento (< 30 %), pero es igual o superior a veinticinco por ciento (≥ 25 %).

Durante esta etapa, el interventor debe comprobar, además, que el material del descapote de la fuente sea retirado correctamente y que todas las vetas de material granular inadecuado sean descartadas.

330.5.2.1.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se debe ordenar que se acopien por separado aquellos que presenten una anomalía evidente de aspecto, como distinta coloración, plasticidad o segregación.

Al material ya colocado en la vía se le deben realizar controles con la frecuencia que se indica en la Tabla 330 — 4.

Tabla 330 — 4. Verificaciones periódicas de la calidad del material de base granular

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Granulometría	E-213	Una (1) vez por jornada
Límite líquido	E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	Una (1) vez por jornada
Equivalente de arena	E-133	Una (1) vez por semana
Valor de azul de metileno (si aplica)	E-235	Una (1) vez por semana
Ensayo modificado de compactación	E-142	Una (1) vez por semana
CBR de laboratorio	E-148	Una (1) vez por semana

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 330 — 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En el caso de mezcla de dos (2) o más materiales, los controles se deben realizar sobre el material mezclado y con la fórmula de trabajo aprobada para el proyecto.

Cuando el interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 330 — 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

No se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 330.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados

de ambos ensayos deben ser satisfactorios, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

330.5.2.1.3 Conservación de las propiedades de los agregados

Los agregados no deben sufrir una degradación excesiva por motivo de su manejo y compactación en obra. Para verificarlo, cada semana se deben tomar muestras representativas, al menos cada doscientos metros (200 m) del material colocado y compactado durante la semana previa, las cuales se deben someter a los ensayos que se indican en la Tabla 330 — 5. Los resultados de estos ensayos deben satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 330.2.2. Si no las cumplen, se debe suspender inmediatamente el empleo del material y se debe delimitar el área donde se haya utilizado, la cual debe ser demolida y reconstruida por el constructor, sin costo adicional para INVÍAS, empleando un material de base granular apropiado y que conserve sus propiedades según se especifica en este numeral. La reparación de la zona del material extraído debe cumplir con lo especificado en este artículo para las zonas de bacheo.

Tabla 330 — 5. Ensayos para verificar la conservación de las propiedades de los agregados

Característica	Norma de ensayo INV
Granulometría	E-213
Límite líquido	E-125
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126
Equivalente de arena	E-133

330.5.2.2 Calidad del producto terminado

330.5.2.2.1 Terminado

La capa de base granular terminada debe presentar una superficie uniforme, sin agrietamientos, baches, laminaciones ni segregaciones. La matriz de agregado fino no se debe desplazar bajo la acción del barrido o del tránsito normal. Si el interventor considera que es necesario realizar correcciones por este concepto, debe delimitar el área afectada y el constructor la debe escarificar en un espesor de cien milímetros (100 mm) y, después de efectuar las correcciones necesarias, debe mezclar y compactar de nuevo hasta que, tanto el área delimitada como las adyacentes, cumplan todos los requisitos exigidos en el presente artículo.

La rasante de la superficie terminada no debe superar a la teórica en ningún punto. Tampoco debe quedar por debajo de ella en más de quince milímetros (15 mm). En perfiles transversales cada veinte metros (20 m), se debe comprobar el ancho de la capa extendida, que en ningún caso debe ser inferior al establecido en los documentos del proyecto.

Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento,

el interventor puede aceptar la superficie siempre que la capa superior a esta compense la disminución con el espesor adicional necesario, sin que ello implique costo para INVÍAS. De lo contrario estas áreas deben ser rebajadas, humedecidas, compactadas y terminadas nuevamente, hasta cumplir las cotas y el espesor establecidos en los documentos del proyecto y con las exigencias de la presente especificación.

Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, el constructor debe corregirlo por su cuenta, siempre que esto no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los documentos del proyecto.

330.5.2.2.2 Compactación

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total de la base granular.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de base granular compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

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

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

- Material sin sobretamaños:

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

- Material con sobretamaños:

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

Donde:

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

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

$Y_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo

INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

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

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

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

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

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

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

Donde:

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

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

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

330.5.2.2.3 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no debe ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [330.5]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d). Se admite solo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0,90 * e_d \quad [330.6]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, el constructor debe escarificar la capa en un espesor mínimo de cien milímetros (100 mm), añadir el material necesario de las mismas características, compactar nuevamente y terminar la capa conforme lo exige el presente artículo.

Si el espesor medio (e_m) resulta inferior al espesor de diseño (e_d), pero ningún valor individual es inferior al noventa por ciento (90 %)

del espesor de diseño, el interventor puede admitir el espesor construido, siempre que el constructor se comprometa, por escrito, a compensar la disminución con el espesor adicional necesario de la capa superior, sin que ello implique ningún incremento en los costos para INVÍAS. Si el constructor no suscribe este compromiso, se debe proceder como en el párrafo anterior.

330.5.2.2.4 Planicidad

Se debe comprobar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el interventor lo considere conveniente. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, y no se deben admitir variaciones superiores a diez milímetros (10 mm) para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente. Cualquier área donde se detecten irregularidades que excedan esta tolerancia, debe ser delimitada por el interventor, y el constructor la debe corregir con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, es obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada, hasta alcanzar los niveles de compactación exigidos en el presente artículo.

330.5.2.2.5 Zonas de bacheos

En las zonas de bacheos se deben satisfacer las mismas exigencias de terminado, compactación, espesor y planicidad incluidas en este numeral, pero queda a criterio del interventor la decisión sobre la frecuencia de las pruebas, la cual debe depender del tamaño de las áreas tratadas.

330.5.2.2.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base granular, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo puede autorizar el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

330.6 Medida

La base granular se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300. En el caso de bacheos con material granular de base, se debe aplicar lo señalado en el numeral 300.6.2 del mismo artículo. En todos los casos, la medición de volúmenes de material

colocado se debe hacer al metro cúbico (m³), aproximado a la décima (0,1).

330.7 Forma de pago

La base granular se debe pagar según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del artículo 300.

330.8 Ítems de pago

Ítem	Descripción	Unidad
330.1	Base granular clase A	Metro cúbico (m ³)
330.2	Base granular clase B	Metro cúbico (m ³)
330.3	Base granular clase C	Metro cúbico (m ³)
330.4	Base granular para bacheo clase A	Metro cúbico (m ³)
330.5	Base granular para bacheo clase B	Metro cúbico (m ³)
330.6	Base granular para bacheo clase C	Metro cúbico (m ³)

Base estabilizada con emulsión asfáltica

Artículo 340 – 22

340.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de una base estabilizada con emulsión asfáltica, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos.

El Instituto Nacional de Vías (INVÍAS) ha establecido la especificación 341, Base estabilizada con una mezcla asfáltica natural, que es totalmente independiente del presente artículo en cuanto a la calidad de los materiales, las especificaciones de procedimiento y los criterios de control. En principio, no se debe combinar lo establecido en el presente artículo con lo indicado en el artículo 341.

340.2 Materiales

340.2.1 Agregados y suelos

Los materiales por estabilizar pueden ser agregados pétreos o suelos naturales, cuyas

características básicas se indican a continuación. Los agregados pétreos pueden ser utilizados en la construcción de bases estabilizadas para todo tipo de tránsito, en tanto que los suelos solo se pueden emplear en la construcción de bases estabilizadas en proyectos con nivel de tránsito NT1.

340.2.1.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con emulsión asfáltica pueden provenir de la trituración de roca de cantera o de grava, de fuentes de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deben estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

El agregado pétreo por estabilizar debe presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 340 – 1. La gradación por emplear se debe indicar en los documentos del proyecto.

Tabla 340 – 1. Franjas granulométricas de los agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Tipo de material	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,36	0,425	0,150	0,075
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 40	Nro. 100	Nro. 200
Pasa tamiz (%)									
BEE-38	100	80 – 95	50 – 80	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 27	5 – 18	3 – 15
BEE-25	-	100	60 – 90	50 – 80	30 – 60	20 – 45	10 – 27	5 – 18	3 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	5 %							3 %	

En adición a los requisitos de granulometría de la Tabla 340 – 1, la relación de polvo [% pasa tamiz nro. 200/% pasa tamiz nro. 40] no debe exceder de los dos tercios (2/3). Además, el producto del porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no

puede ser mayor de setenta y dos (72) con ambos valores dados como porcentajes.

Igualmente, los agregados deben cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 340 – 2.

Tabla 340 – 2. Requisitos de los agregados pétreos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	50 10
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%). (Nota).	E-238	45
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos (tránsitos NT2 y NT3): - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínima (%)	E-224	30 50

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%).	E-220	18
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido, máximo (%).	E-125	35
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	20
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%).	E-211	2
Porcentaje de partículas fracturadas, mínimo (%).	E-227	50
Índice global de partículas aplanadas y alargadas, máximo (%).	E-230	50
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo: - NT1 - NT2 o NT3	E-148	20
		30

Nota: este requisito no es necesario para obras con tránsito NT1.

340.2.1.2 Suelos granulares

Para la construcción de bases estabilizadas con emulsión en proyectos con tránsito NT1, se pueden emplear suelos granulares que sean disgregables, que se encuentren exentos

de cantidades perjudiciales de materia orgánica, arcilla plástica, materiales micáceos y cualquier otra sustancia objetable.

Sus requisitos básicos de calidad son los indicados en la Tabla 340 — 3.

Tabla 340 — 3. Requisitos de los suelos granulares aptos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Tipo de suelo (F)		
Clasificación según el sistema AASHTO.	E-180	A-1-a o A-1-b o A-2-4
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	40
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%).	E-211	2

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al noventa por ciento (90 %) de la densidad seca correspondiente al ensayo modificado de compactación (norma INV E-142), medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	20

La granulometría del material disgregado, listo para estabilizar, se debe ajustar a los límites señalados en la Tabla 340 – 4.

Tabla 340 – 4. Gradación de suelos granulares para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Tipo de material	Tamiz (mm / U.S. Standard)	
	4,75	0,075
	Nro. 4	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)	
BEE-5	100	5 – 25

En materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, el interventor puede solicitar un estudio especial de propiedades físicas y/o químicas del material antes de estabilizar, si lo considera necesario, para determinar su aptitud. El objetivo principal de dicho estudio debe ser el de garantizar la conservación de las propiedades del material con el paso del tiempo, es decir, que la susceptibilidad a la meteorización física o química sea despreciable. Los resultados deben satisfacer los requisitos señalados en las Tablas 340 – 3 y 340 – 4, además de otros que establezca el interventor, so pena de rechazo de uso del material.

340.2.2 Material bituminoso

Debe ser una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, que corresponda a los tipos

CRL-57 o CRL-57h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en el artículo 411, Suministro de emulsión asfáltica.

340.2.3 Puzolanas

Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento hidráulico, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deben establecer en una especificación particular.

Si los llenantes son adicionados con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica, no se deben considerar como puzolanas y, en consecuencia, no debe haber pago separado por su suministro.

340.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia

En caso de requerir aditivos para rebajar la tensión superficial y mejorar la adherencia, estos se deben ajustar a lo descrito en el artículo 412, Suministro de aditivo mejorador de adherencia.

340.2.5 Agua

El agua que se requiera para la estabilización debe ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua potable. Si no lo es, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 340 – 5.

Tabla 340 – 5. Requisitos del agua no potable para la construcción de base estabilizada con emulsión asfáltica

Característica	Norma de ensayo	Requisito
pH	ASTM D1293	5,5 – 8,0
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, máximo (kg/m^3)	UNE 83956	1,0

340.3 Equipo

En relación con el equipo, rigen las condiciones generales descritas en el numeral 300.3 del artículo 300. El equipo debe incluir elementos para la explotación, el cargue, el transporte, la eventual trituración, la clasificación y la extensión del material mineral; el almacenamiento, el transporte y la distribución del agua, de la emulsión asfáltica y de las puzolanas y los aditivos que eventualmente se requieran; para la elaboración, la extensión, la compactación y la nivelación de la mezcla estabilizada, así como un equipo apropiado para escarificar la capa existente, en caso que su utilización esté prevista en los documentos del proyecto.

340.3.1 Requisitos adicionales

El equipo que se requiera utilizar para el proceso constructivo del material estabilizado debe ser probado y aprobado en los tramos de experimentación.

La ejecución de los trabajos debe emplear equipos mecánicos, que pueden ser independientes, o equipos que realicen dos o más operaciones. En general, la maquinaria debe estar constituida por equipos para la escarificación y la disgregación del material (si se requiere), la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material del riego de curado de la capa compactada, equipos de transporte y herramientas menores.

Si los documentos del proyecto así lo indican, la extensión de la mezcla elaborada en planta se debe hacer con una máquina extendedora autopropulsada.

340.3.2 Equipo para la elaboración de la mezcla

Los documentos del proyecto deben definir el tipo de equipo para elaborar la mezcla de

material estabilizado con emulsión asfáltica, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora.

Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente.

340.4 Ejecución de los trabajos

340.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300.

340.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

340.4.2.1 Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor, para su verificación, muestras de los

materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a criterio del interventor, los materiales resultan objetables, el constructor debe efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales, el constructor debe definir el contenido óptimo de agua de preenvuelta y diseñar la mezcla.

El contenido óptimo de agua de preenvuelta se debe fijar en función del suelo o agregado por estabilizar, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. El contenido de agua por elegir debe ser aquel que dé lugar a un cubrimiento uniforme y homogéneo del material mineral por parte del ligante, mientras que el contenido de agua óptimo de compactación debe ser el determinado mediante la ejecución del ensayo modificado de compactación sobre el suelo o agregado por estabilizar (norma de ensayo INV E-142).

Las mezclas de base estabilizada con emulsión asfáltica se deben diseñar siguiendo los métodos indicados en la Tabla 340 – 6.

Tabla 340 – 6. Método de diseño para mezclas de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

Tipo de base estabilizada	Norma de ensayo	Método
BEE-38 y BEE-25	INV E-622	Inmersión-compresión
BEE-5	NLT 170/77	Extrusión

Se pueden utilizar otros métodos para el diseño de las mezclas. En tal caso, los métodos de diseño y los criterios de selección del

porcentaje óptimo de ligante se deben definir en una especificación particular.

340.4.2.2 Diseño de la mezcla por resistencia

340.4.2.2.1 Diseño de la mezcla por el método de inmersión-compresión para bases estabilizadas con agregados pétreos

Se deben elaborar mezclas con diferentes contenidos de ligante, por encima y por

debajo del óptimo teórico (al menos cuatro (4) contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se debe determinar aplicando los criterios de la Tabla 340 – 7.

Tabla 340 – 7. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con agregados pétreos BEE-38 y BEE-25

Parámetro	Norma de ensayo INV	Valor
Resistencia de probetas curadas en seco R_s , mínimo (MPa).	E-622	1,5
Resistencia conservada tras curado húmedo $R_c = Rh/R_s$, mínimo (%).		75

El porcentaje óptimo de ligante residual debe ser aquel que, al cumplir las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo (Rh).

340.4.2.2.2 Diseño de la mezcla por el método de extrusión para bases estabilizadas con suelos granulares

Se deben elaborar mezclas con diferentes contenidos de ligante, por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos cuatro (4) contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de extrusión. En la Tabla 340 – 8, se presentan los criterios para la determinación del contenido óptimo de ligante.

Tabla 340 – 8. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con suelos granulares BEE-5

Parámetro	Norma de ensayo	Valor
Extrusión seca, mínimo (N)	NLT 170/77	4 500
Extrusión húmeda, mínimo (N)		1 500
Absorción de agua, máximo (%)		7
Hinchamiento, máximo (%)		5

340.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el constructor, en el cual debe proponer la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del interventor, debe contener, por lo menos, la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada.
- El porcentaje de agua para mezcla y para compactación, en relación con la masa seca del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión en relación con la masa seca del material granular.
- La identificación y la dosificación de puzolanas y de aditivos, si se requieren, los cuales deben ser de la misma marca utilizada tanto en las pruebas de laboratorio como en la fase de experimentación y en la ejecución de los trabajos.
- Las resistencias obtenidas a la compresión en la prueba de inmersión-compresión o en la prueba de extrusión.
- El peso unitario seco máximo y el contenido de agua óptimo, correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego de condiciones.

340.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar, de acuerdo con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras

varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requiere el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no se deben iniciar a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del interventor no exime al constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este artículo.

Junto con la fórmula de trabajo ajustada, se deben indicar las características de cada etapa del proceso constructivo: método de mezclado, intervalo de temperatura aceptable de mezclado, tiempo de curado, intervalo de temperatura aceptable para la colocación de la mezcla en el sitio de trabajo, método de compactación, energía de compactación, tiempo de curado necesario antes de colocar la siguiente capa del pavimento, y cualquier otra especificación que sea requerida por el interventor.

340.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la base estabilizada se debe comprobar que la superficie que le va a servir de apoyo se encuentre limpia, tenga la densidad y la planicidad apropiadas y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo indicado en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Se debe dar un tiempo de curado apropiado a la capa inmediatamente inferior a la capa de base estabilizada, que puede ser definido por el interventor. En todo caso, no debe ser menor al tiempo necesario para que el material alcance un contenido de agua igual o menor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del contenido de agua óptimo de compactación.

Si los documentos del proyecto exigen la aplicación previa de una imprimación, esta se debe efectuar, de acuerdo con lo previsto en el artículo 420, Riego de imprimación.

En caso de que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el suelo existente, este se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los documentos del proyecto. Esta operación se debe efectuar, por lo menos, dos días (2 d) antes del proceso de disgregación del material por estabilizar, si tal disgregación se va a realizar.

Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante.

En los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, total o parcialmente, se debe comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el interventor debe ordenar las modificaciones previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos, debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada, previamente a la ejecución de las obras de la base estabilizada con emulsión asfáltica.

340.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la estabilización incluya suelos o agregados de aporte, estos se deben transportar a la planta de mezcla o a la vía, según sea el caso, en vehículos apropiados, protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, los cuales se deben asegurar a la carrocería, para impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan dichos vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados destinados a la construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica, se deben tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del artículo 300.

340.4.5 Elaboración de la mezcla

La mezcla se puede elaborar en la vía, en una planta central o en una planta móvil de tipo continua, de acuerdo con los procedimientos generales que se indican a continuación.

En todos los casos en que se empleen aditivos o puzolanas, estos se deben adicionar al material granular antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

En cualquier caso, desde el momento que comienza la mezcla del material granular con la emulsión asfáltica, hasta el momento que termina la compactación, el contenido de agua no debe ser menor al ochenta por ciento

(80 %) del valor de contenido de agua óptimo de compactación definido en la fórmula de trabajo definitiva. Si el material se secura hasta un valor menor a dicho límite, se debe descartar y no se debe permitir su uso.

340.4.5.1 Mezcla en vía en varias pasadas

Si la mezcla se va a efectuar con material de aporte, este se debe transportar a la vía y se debe extender en el ancho y el espesor adecuados, de manera que permitan que la capa, luego de mezclada y compactada, cumpla con las secciones indicadas en los documentos del proyecto. Dicho material debe cumplir los requisitos establecidos en el numeral 340.2.1.

Cuando en el proceso se incorpore el suelo existente, este debe ser disgregado previamente hasta obtener una eficacia del ochenta y cinco por ciento (85 %) referida al tamiz de 9,5 mm (3/8 de pulgada), y del setenta y cinco por ciento (75 %) referida al tamiz de 4,75 mm (nro. 4), entendiéndose por eficacia la relación entre los porcentajes que pasan por tamizado en seco en obra y por tamizado húmedo en laboratorio. Si el suelo es difícil de disgregar en estado natural, la operación se puede facilitar con un humedecimiento previo, el cual no puede rebasar el contenido de agua óptimo para la mezcla.

Inmediatamente antes de efectuar la mezcla con la emulsión, se debe verificar el contenido de agua y, si fuera necesario un aumento de este, se debe incorporar la cantidad debida de agua y efectuar la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente, aproximadamente, la sección indicada en los documentos del proyecto.

A continuación, se debe aplicar la emulsión asfáltica por medio de un carrotanque irrigador, con la dosificación y temperatura aprobadas por el interventor, procediendo a la mezcla con el equipo aceptado, hasta obtener un producto homogéneo, de color uniforme y exento de concentraciones de ligante.

En caso de que el espesor de diseño sea mayor a quince centímetros (15 cm), la construcción de la base se debe fraccionar en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

En cualquier caso, el espesor de la capa no debe ser inferior a siete centímetros (7 cm).

340.4.5.2 Mezcla en vía en una sola pasada

Cuando se emplee un equipo mezclador de paso sencillo, una vez preparada la superficie existente o extendido uniformemente el material de aporte (incluidos los aditivos y puzolanas), las operaciones de disgregación, adición de agua y emulsión, y mezcla de los tres componentes se deben efectuar en una sola pasada, regulando la velocidad de avance de la máquina y los caudales de agua y emulsión, de modo que la mezcla resulte homogénea y con las dosificaciones de agua y emulsión previstas en su diseño.

340.4.5.3 Mezcla en planta fija

Las plantas de mezcla pueden ser de tipo continuo o discontinuo y deben estar provistas de dispositivos adecuados que permitan dosificar por separado la emulsión, el agua y el material mineral, con una precisión compatible con las tolerancias aceptadas por esta especificación.

Si la planta es de tipo continuo, se deben introducir en el mezclador los suelos o agregados por estabilizar y, en forma sucesiva y con intervalos de tiempo apropiados, los caudales de agua y de emulsión requeridos para cumplir la fórmula de trabajo.

Si la planta es de tipo discontinuo, una vez introducidos los suelos o agregados por estabilizar dentro del mezclador, se debe añadir el agua necesaria de preenvuelta, de acuerdo con el estado de contenido de agua inicial de estos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo del material granular, se debe añadir automáticamente la cantidad de emulsión calculada para cada bachada y se debe continuar la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente al camión de transporte, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte al camión o directamente a una pila de almacenamiento. En el caso que se emplee una banda, se debe regular su velocidad, verificar el buen funcionamiento del raspador y lubricarla con una pequeña cantidad de agua, con el fin de evitar segregaciones de la mezcla.

340.4.5.4 Mezcla en planta móvil continua

Si la mezcla se realiza en una planta móvil continua, los materiales por estabilizar, preparados de manera que cumplan con la granulometría exigida, deben ser transportados al sitio de las obras y vertidos a la tolva receptora de la planta, la cual debe estar provista de dispositivos dosificadores similares a los de las plantas fijas continuas. Tales

dosificadores deben ser sincrónicos para obtener las proporciones deseadas de los tres (3) ingredientes, que deben ser conducidos a una mezcladora continua que vierte, posteriormente, la mezcla en la carretera.

340.4.6 Transporte de la mezcla

La mezcla elaborada en planta fija se debe transportar a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla, se deben tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y la pérdida de contenido de agua.

340.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se debe extender mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y a las cotas indicadas en los documentos del proyecto.

Las mezclas elaboradas en planta fija se deben extender con una terminadora asfáltica.

Una vez que se verifique que la mezcla tiene el contenido de agua óptimo, se debe realizar la compactación, mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 340.5.2.7.3.

En el caso de mezcla en vía con varias pasadas, cuando se hayan efectuado aproximadamente las dos terceras partes del trabajo de compactación se debe realizar, de ser necesario, un perfilado de la superficie

de las rasantes previstas, continuando esta última fase de la operación con los compactadores y la motoniveladora, hasta obtener la densidad y el perfil requeridos.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo neumático, para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora.

En las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se debe extender y compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

340.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se deben disponer de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se les debe aplicar una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva.

Si se trabaja por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas.

Estas juntas se deben localizar a no menos de quince centímetros (15 cm) de otras juntas longitudinales existentes en las capas inferiores de la estructura.

En el caso de construir juntas transversales, se deben localizar a no menos de cinco

metros (5 m) respecto a las juntas transversales de capas inferiores de la estructura.

El material recolectado de los cortes de juntas debe ser claramente identificado y almacenado, y no se debe permitir su uso en la construcción de las capas de la estructura.

340.4.9 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos en acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo y los materiales, y se debe determinar el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado y determinar su conformidad, en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de emulsión asfáltica, compactación y demás requisitos exigidos.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, debe modificar la fórmula de trabajo, repitiéndose las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta ser aprobadas por el interventor.

340.4.10 Apertura al tránsito

No se debe permitir el tránsito público hasta que la mezcla compactada pueda soportar el

paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos, en todo caso, no abrir el tránsito en menos de una hora (1 h) después de terminada la compactación. Las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, la velocidad de los vehículos se debe limitar a veinte kilómetros por hora (20 km/h) e impedir que sobre la capa se produzcan aceleraciones, frenados o giros bruscos.

En caso de apertura al tránsito, se deben utilizar elementos de control adecuados para evitar la circulación sobre los bordes de la capa construida o cerca de ellos, con el fin de evitar daños en estas aristas.

340.4.11 Curado y protección superficial de la capa compactada

Las capas de base estabilizada con emulsión requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado debe ser el suficiente para que el contenido de agua del material mezclado y compactado sea inferior a uno por ciento (1 %). Por lo general, dicho período es, como mínimo, de diez días (10 d), dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el constructor debe aplicar los riegos de protección que le solicite el interventor, para prevenir el deterioro de la capa por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se deben realizar de acuerdo con el artículo 422, Riego de curado, excepto que la emulsión debe estar diluida en agua, de manera que, el ligante residual sea aproximadamente treinta por ciento (30 %) y la dosificación del ligante debe estar entre dos y tres décimas de kilogramo de ligante residual por metro cuadrado ($0,2 \text{ kg/m}^2 - 0,3 \text{ kg/m}^2$).

340.4.12 Conservación

El constructor debe conservar la capa base estabilizada con emulsión asfáltica en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido por este, y contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

340.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se debe permitir la extensión y la compactación de mezclas para base estabilizada con emulsión asfáltica cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius ($5 \text{ }^\circ\text{C}$), haya lluvia o fundados temores que ella ocurra, haya una capa de niebla intensa o esté previsto un clima con temperatura inferior a uno coma cinco grados Celsius ($1,5 \text{ }^\circ\text{C}$) en las siguientes cuarenta y ocho horas (48 h) al trabajo.

En caso de que la mezcla, sin compactar o compactada, sea afectada por el agua lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el constructor debe, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado hasta contar con la aprobación del interventor.

Los trabajos de construcción de la base estabilizada con emulsión se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte

satisfactorio para el desarrollo del trabajo en condiciones seguras. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

340.4.14 Manejo ambiental

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del artículo 300.

340.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

340.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del artículo 300, se deben efectuar ensayos para el control de la calidad de la mezcla, y de la densidad y la resistencia de esta luego de compactada.

340.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

340.5.2.1 Calidad del producto bituminoso

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica son los establecidos en el artículo 411.

340.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna incertidumbre en relación con la calidad del agua, se debe verificar su pH y su contenido de sulfatos. Los resultados deben satisfacer las exigencias del

numeral 340.2.5 para permitir su empleo. Si no las satisfacen, se debe impedir el uso posterior de dicha agua y someter a observación los tramos ya elaborados con ella.

340.5.2.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte

Cada vez que el interventor lo considere necesario, se deben realizar las pruebas requeridas para verificar la calidad de estos productos. El incumplimiento de las especificaciones correspondientes implica el rechazo del respectivo envío.

340.5.2.4 Calidad de los agregados pétreos y suelos granulares

Se deben realizar los siguientes controles:

340.5.2.4.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le debe realizar los ensayos indicados en la Tablas 340 — 2 o 340 — 3, según corresponda. Además, se deben realizar dos (2) ensayos de granulometría por cada pila de material granular recibido en el sitio de trabajo, sin importar si tienen la misma procedencia.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en las tablas mencionadas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

340.5.2.4.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los agregados y suelos

que, a simple vista, contengan tierra vegetal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Así mismo, se debe ordenar que se acopien por separado aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto, y se debe vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Se debe procurar construir los acopios de agregados en forma de capas homogéneas de altura total no mayor a uno coma cinco metros (1,5 m). No es deseable el acopio en pilas de forma cónica, debido a la susceptibilidad de segregación de la fracción gruesa.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 340 – 9.

Tabla 340 – 9. Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos y suelos granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia	
		Agregados	Suelos
Composición (F)			
Granulometría	E-123 y E-213	1 por jornada o 1 por cada 10 ⁶ kg de material (Nota)	1 por jornada o 1 por cada 10 ⁶ kg de material (Nota)
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	E-218	1 por mes	No es aplicable
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes	
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes	
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes	No es aplicable
Limpieza, gradación combinada (F)			
Límite líquido	E-125	1 por jornada	1 por jornada
Índice de Plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznales	E-211	1 por semana	No es aplicable
Capacidad de soporte (F)			
CBR del material sin emulsión asfáltica	E-148	1 por mes	1 por mes

Nota: se debe realizar el número de ensayos que resulte mayor al aplicar estos dos criterios.

En el caso de suelos granulares, cada jornada se debe verificar la clasificación según el sistema AASHTO a partir de los resultados

obtenidos de los ensayos diarios de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad.

Los resultados de los ensayos de verificación se deben reportar en un periodo no mayor a veinticuatro horas (24 h) luego de la toma de las muestras, o un periodo menor, si lo permite el método de ensayo establecido, acordado previamente con el constructor.

El interventor puede reducir la cantidad de ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 340 – 9, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

No se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente artículo. En la eventualidad que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor debe impedir el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

340.5.2.5 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se debe considerar como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 340.5.2.7.1.

Cuantitativamente, se deben realizar los siguientes controles:

340.5.2.5.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido, como se indica en el numeral 340.5.2.7.1, se debe determinar el contenido de asfalto residual (INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) debe tener una tolerancia de uno por ciento (1,0 %), para estabilizaciones realizadas en vía, y cero coma cinco por ciento (0,5 %), para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

$$ARF \% - 1,0 \% \leq ART \% \leq ARF \% + 1,0 \% \\ \text{(mezcla en vía) [340.1]}$$

$$ARF \% - 0,5 \% \leq ART \% \leq ARF \% + 0,5 \% \\ \text{(mezcla en planta) [340.2]}$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no puede diferir del valor medio del lote (ART %) en más de uno por ciento (1,0 %), admitiéndose solo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$$ART \% - 1,0 \% \leq ARI \% \leq ART \% + 1,0 \% \\ \text{[340.3]}$$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites, implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la base estabilizada.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

340.5.2.5.2 Granulometría

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados,

mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual debe cumplir la gradación de la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 340 – 1.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión asfáltica que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se debe someter a las pruebas mencionadas en el numeral 340.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se debe rechazar el lote al cual correspondan esas muestras.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

340.5.2.5.2.1 Agregados pétreos

Las curvas obtenidas se deben ajustar a la establecida al determinar la fórmula de trabajo, con las tolerancias que se indican en la Tabla 340 – 1.

340.5.2.5.2.2 Suelos granulares

Las curvas obtenidas se deben encontrar dentro de la franja granulométrica de la Tabla 340 – 4.

340.5.2.6 Calidad de la mezcla

340.5.2.6.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben moldear

probetas (tres (3) por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión o extrusión, según el tipo de material mineral que se establezca (INV E-622 y NLT 170, respectivamente). Una muestra se debe curar en seco y otra en condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m), debe superar, o al menos igualar, al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se debe aplicar para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0,90 * R_t \quad [340.4]$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo. Se admite solo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0,80 * R_m \quad [340.5]$$

En el caso de base con agregados pétreos, la resistencia conservada promedio (R_{cm}), definida de acuerdo con el método de ensayo INV E-622, debe ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deben suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 340.4.2, para el tipo de base que se esté evaluando.

340.5.2.7 Calidad del producto terminado

340.5.2.7.1 Tamaño del lote

Se considera como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el volumen comprendido por la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica densa en frío:

- Longitud de quinientos metros (500 m), medida a lo largo del eje de vía, de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

340.5.2.7.2 Aspectos generales

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa, excluidos sus chaflanes, no debe ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no puede variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

La apariencia de la superficie terminada debe ser homogénea, de textura uniforme, sin presencia de fisuras, formación de láminas ni desprendimiento de partículas.

340.5.2.7.3 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro o una (1) cada x/450, donde x es el área en metros cuadrados del tramo construido en una (1) jornada, la que resulte en un mayor número de pruebas. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

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

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} * 100 \quad [340.6]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{CY_{d,máx}} * 100 \quad [340.7]$$

Donde:

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

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

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

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

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

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

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$GC_i (90) \geq 95,0\%$ se acepta el lote [340.8]

$GC_i (90) < 95,0\%$ se rechaza el lote [340.9]

Donde:

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

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

Las comprobaciones de la compactación se deben realizar cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación.

En caso de rechazo, la capa de base estabilizada correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

340.5.2.7.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [340.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, como mínimo,

igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0,90 * e_d \quad [340.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote, salvo que el constructor se comprometa a compensar la deficiencia, incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que ello genere costo alguno para INVÍAS.

340.5.2.7.5 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

340.5.2.7.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base estabilizada, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias, por cuyo trabajo debe autorizar pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

340.6 Medida

La base estabilizada con emulsión asfáltica se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300.

340.7 Forma de pago

La base estabilizada con emulsión asfáltica se debe pagar según lo descrito en el numeral 300.7 del artículo 300.

Se excluyen del precio unitario de la base estabilizada con emulsión asfáltica los siguientes aspectos:

- El suministro de la emulsión asfáltica, que se debe pagar de acuerdo con el artículo 411.
- La puzolana que se incluya en la mezcla para complementar la reactividad, de acuerdo con lo indicado en el numeral 340.2.3, que se debe pagar como se indica en una especificación particular.

340.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
340.1	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-38	Metro cúbico (m ³)
340.2	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-25	Metro cúbico (m ³)
340.3	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-5	Metro cúbico (m ³)

Base estabilizada con una mezcla asfáltica natural

Artículo 341 - 22

341.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de una base estabilizada con mezcla asfáltica natural en vías con un nivel de tránsito NT1, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos.

Para efectos de aplicación de esta especificación, se define como base estabilizada con una mezcla asfáltica natural, la adición en planta, zona de acopio o *in situ*, de una mezcla asfáltica natural seleccionada a un agregado pétreo.

341.2 Materiales

341.2.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con una mezcla asfáltica natural pueden provenir de la trituración de materiales pétreos de la vía, piedra de cantera o de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deben estar exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

La estructura de los pétreos resultante

(combinada) para la construcción de la capa de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural debe presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 341-1. La gradación por emplear se debe indicar en los documentos del proyecto. Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa con las tolerancias que se indican en la Tabla 341-1, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Los agregados pétreos resultantes no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico - química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente puedan darse en la zona de empleo. Tampoco pueden, junto con el agua, dar origen a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento o a contaminar corrientes de agua. Los agregados pétreos por estabilizar deben cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 341- 2.

El constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados a utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en esta especificación.

Tabla 341-1 Franjas granulométricas de los agregados combinados para la construcción de capas de bases estabilizadas con una mezcla asfáltica natural

Tipo de mezcla	Tamiz (mm / U.S. Standard)									
	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,36	0,425	0,150	0,075	
	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 8	Nro. 40	Nro. 100	Nro. 200	
Pasa tamiz (%)										
BEMAN-38	100	70 - 100	50 - 80	45 - 75	30 - 60	20 - 45	10 - 27	5 - 18	3 - 15	
BEMAN-25	-	100	60 - 90	50 - 80	30 - 60	20 - 45	10 - 27	5 - 18	3 - 15	
Tolerancias en producción sobre la fórmula de Trabajo (±)	5 %							3 %		

Tabla 341-2 Requisitos de los agregados pétreos a estabilizar

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles, máximo (%) - 500 revoluciones	E- 218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, Máximo (%)	E-220	18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	35
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 E-126	7
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	20
Capacidad de soporte (F)		
CBR del agregado a estabilizar (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de Inmersión, mínimo.	E-148	20

341.2.2 Mezcla asfáltica natural

La mezcla asfáltica natural es un material compuesto esencialmente de arenas finas y conglomerado impregnadas de asfalto, siendo este parámetro común para la mayoría de los

depósitos que se encuentran en el territorio colombiano. El contenido de asfalto residual puede variar según la fuente de explotación. El material pétreo presente en el asfalto natural debe estar exento de materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial.

341.3 Equipo

Al respecto rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300, Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases y bases granulares y capas granulares estabilizadas. Para la construcción de las capas de base estabilizada con mezcla asfáltica natural se requieren, además, equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora, equipos para mezclado y homogenización, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material; equipos para la elaboración, extensión, compactación y nivelación de la mezcla estabilizada, así como herramientas menores y un equipo apropiado para escarificar la capa existente en caso que su utilización esté prevista en el proyecto.

341.4 Ejecución de los trabajos

341.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300. En la explotación de la mezcla asfáltica natural se debe hacer la respectiva clasificación del material con el fin de evitar sobretamaños, materiales fósiles u otros elementos nocivos o contaminantes para la capa a conformar o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada. Se debe obtener en lo posible, una mezcla asfáltica natural con un porcentaje de asfalto relativamente homogéneo.

341.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

341.4.2.1 Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor, para su verificación, muestras de los materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a criterio del interventor los materiales resultan objetables, el constructor debe efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales, el constructor debe definir la fórmula de trabajo para determinar las proporciones de los materiales utilizados y parámetros de compactación que permitan cumplir con los requerimientos exigidos a la capa de base estabilizada construida. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, este solo puede ser modificado durante la ejecución de los trabajos si se llega a presentar una variación inevitable en alguno de los componentes que intervienen en ella.

Las mezclas de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben diseñar utilizando el método inmersión – compresión, siguiendo el procedimiento definido por la norma de ensayo INV E-622. Para la aplicación de este método de dosificación se debe tener en cuenta que al agregado pétreo ya se le ha colocado el ligante asfáltico a través de la adición de la cantidad necesaria de mezcla asfáltica natural, por lo tanto, se debe determinar la humedad óptima de compactación del material granular estabilizado siguiendo el procedimiento definido por la norma de ensayo INV E-142 y

proceder a la evaluación de la resistencia a la compresión en estado seco y después del proceso de inmersión, tal como lo describe la norma INV E-622.

341.4.2.2 Diseño de la base estabilizada con mezcla asfáltica natural por resistencia

La evaluación de las propiedades del material pétreo estabilizado con la mezcla asfáltica natural se debe realizar por el método de inmersión – compresión. La dosificación óptima propuesta debe cumplir con los criterios establecidos en la Tabla 341-3.

Tabla 341-3 Criterios de resistencia para la determinación de la dosificación óptima de mezcla asfáltica natural

Parámetro	Norma de ensayo INV	Valor
Resistencia de probetas curadas en seco R_s , mínimo (Mpa)	INV E-622	1,5
Resistencia conservada tras curado húmedo $R_c = R_h/R_s$, mínimo (%)		60

El porcentaje óptimo de mezcla asfáltica natural debe ser aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo R_h .

341.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el constructor, en el cual debe proponer la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del interventor, debe contener por lo menos la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular a estabilizar.
- La granulometría de cada fracción del material granular.
- Las proporciones (en masa seca) de la mezcla asfáltica natural y del material granular.
- La granulometría combinada (agregado

pétreo y mezcla asfáltica natural).

- El porcentaje de ligante asfáltico en la dosificación de diseño, con relación a la masa seca del componente mineral.
- El porcentaje de agua para compactación, con relación a la masa seca del componente mineral.
- Las resistencias a la compresión obtenidas en la prueba de inmersión - compresión.
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indiquen los documentos del proyecto.

341.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de

alguno de los componentes de la mezcla, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no pueden ser iniciados a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del interventor no exime al constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este artículo.

341.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material pétreo por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la base estabilizada se debe comprobar que la superficie que le va a servir de apoyo se encuentre limpia, tenga la densidad y la planicidad apropiadas y cumpla con las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo indicado en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Si los documentos del proyecto exigen la aplicación previa de una imprimación, esta se debe efectuar de acuerdo con lo previsto en el artículo 420, Riego de imprimación.

En caso de que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el material existente, este se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los documentos del

proyecto. Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante asfáltico a través de la mezcla asfáltica natural. Además, se debe comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el interventor debe ordenar las modificaciones previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios que sean requeridos para el drenaje de la calzada, previamente a la construcción de la base estabilizada con mezcla asfáltica natural.

341.4.4 Transporte y almacenamiento de agregados de aporte

Cuando la estabilización incluya agregados de aporte, estos se deben transportar a la planta de mezcla o a la vía, según sea el caso, en vehículos apropiados, protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, los cuales se deben asegurar a la carrocería para impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

La mezcla asfáltica natural se puede acopiar, ya sea a lo largo de la vía a intervenir o en una zona aledaña a la misma, para después movilizarla en volquetas, cuidando que no pierda sus condiciones de calidad. Si el material está expuesto a condiciones climáticas adversas, deben tomarse las precauciones que se estimen convenientes para garantizar que la calidad de este se vea inmodificable.

Cuando se requiera almacenar los agregados destinados a la construcción de la base

estabilizada con la mezcla asfáltica natural, se deben tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del artículo 300.

341.4.5 Elaboración de la mezcla

Se recomienda realizar la mezcla del agregado pétreo seleccionado con la mezcla asfáltica natural en un patio fuera de la vía, utilizando un cargador o un equipo que sea capaz de homogenizar los materiales en la proporción definida por la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar parte de la capa existente como el material por estabilizar, la mezcla puede ser elaborada en la vía. El material que conforma la capa existente debe ser escarificado y pulverizado previamente. Si es necesario adicionar material de aporte, este se debe transportar a la vía para ser extendido en el ancho y en el espesor adecuados que permitan que la capa, luego de mezclada con el material pulverizado y la mezcla asfáltica natural, cumpla con las secciones indicadas en los documentos del proyecto.

Cuando la mezcla entre el agregado y la mezcla asfáltica natural se realice en la vía, el interventor debe aprobar por escrito el sector sobre el cual se van a homogenizar los materiales mediante las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora. Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente. Cualquiera que sea la forma utilizada, los materiales deben ser mezclados uniformemente y para ello debe distribuirse en dos cordones, verificando en cada uno de ellos la cantidad y la uniformidad de tal

manera que garantice la obtención del contenido de asfalto y la granulometría combinada definida en la fórmula de trabajo. Previa verificación de la humedad se incorpora la cantidad debida de agua, en caso de requerirse, efectuando la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente aproximadamente la sección indicada en los documentos del proyecto. En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm) la construcción de la capa estabilizada se debe fraccionar en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

341.4.6 Transporte de la mezcla

Si la mezcla es elaborada en una zona aledaña o en un patio de mezclado, esta se debe transportar a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla se deben tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y garantizar la uniformidad de la granulometría. La mezcla elaborada en el patio se debe transportar a la vía en volquetas hasta una hora del día en la que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Solo se permite el trabajo en horas de la noche si, por aprobación del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de la mezcla de manera adecuada.

341.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se extiende mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y a las cotas

indicadas en los documentos del proyecto con la verificación del constructor y el interventor.

Una vez que se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de apisonado y contenido óptimo de asfalto, se continúa con la compactación mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 341.5.2.4.3.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo neumático para eliminar las huellas de la maquinaria de construcción.

En las zonas que, por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas, no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se debe extender y compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

341.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se deben disponer de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se les debe aplicar una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva, de acuerdo con lo previsto en el artículo 421, Riego de liga. Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Si se trabaja por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las

operaciones en franjas contiguas. En lo posible, la mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la terminadora y la producción del material.

Cuando se emplee una terminadora, que es la opción recomendada, se debe regular de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los documentos del proyecto con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas terminadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permite la segregación de materiales. Si ocurre, la extensión de la mezcla debe ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación debe ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del constructor.

La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando dejar la superficie a las cotas previstas en el proyecto con el objeto de no tener que corregir la capa extendida.

341.4.9 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de prueba cuya longitud, ancho y espesor deben quedar definidos en acuerdo con el interventor, para probar tanto el equipo como los materiales, y así establecer el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado para determinar su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de mezcla asfáltica natural, contenido de ligante asfáltico, compactación y demás requisitos exigidos, conforme a lo determinado en la fórmula de trabajo.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, modificar la fórmula de trabajo repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones hasta que ellas sean aprobadas por el interventor.

341.4.10 Apertura al tránsito

No se debe permitir el tránsito público hasta que la mezcla haya adquirido la densidad especificada y la capa compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Si esto no es posible, el tránsito que necesariamente deba circular sobre ella se debe distribuir de manera que no se concentren las huellas de su circulación sobre la superficie. Los daños producidos por esta causa deben ser reparados por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS.

341.4.11 Conservación

El constructor debe conservar la capa estabilizada con la mezcla asfáltica natural en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido para lograr los requisitos de la presente especificación previa aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

341.4.12 Limitaciones en la ejecución

No se permite la extensión y compactación de mezclas cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C), esté lloviendo o exista alta probabilidad de que ello ocurra.

En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua de lluvia, el constructor debe, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado con una nueva mezcla, hasta ser aprobado por el interventor.

Los trabajos de construcción de la capa de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en jornada nocturna, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial adecuado.

Si el constructor no ofrece la anterior garantía, debe poner a disposición de la obra, el equipo y el personal adicional para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

341.4.13 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental debe regir todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del artículo 300.

341.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

341.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del artículo 300, se deben efectuar ensayos para el control de calidad de la mezcla y de densidad y resistencia de la capa luego de compactada.

341.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

341.5.2.1 Calidad de los agregados pétreos a estabilizar

Se deben realizar los siguientes controles:

341.5.2.1.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos a estabilizar con la mezcla asfáltica natural y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se les debe realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 341-2, según corresponda. Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en ellas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

341.5.2.1.2 Control durante el proceso de producción

Durante la etapa de producción de la mezcla estabilizada, se deben examinar las descargas a los acopios ordenando el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También se debe acopiar por separado aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto, vigilando la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad a los agregados pétreos por estabilizar con la mezcla asfáltica natural, indicadas en la Tabla 341-4.

No se permite el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente artículo. En la eventualidad que alguna prueba reporte un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material para proceder a repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios o, de lo contrario, el interventor debe impedir el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 341-4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Tabla 341-4 Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría combinada	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125 INV E-126	1 por jornada
Terrones de arcilla y partículas deleznable	INV E-211	1 por semana
Equivalente de arena	INV E-133	1 por semana
Capacidad de soporte (F)		
CBR	INV E-148	1 por mes

Nota: Si no se especifica lo contrario, las características se verificarán al agregado a estabiliza

341.5.2.2 Composición de la mezcla

Para efectos del control se considera como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 341.5.2.4.1.

Cuantitativamente se realizarán los siguientes controles:

341.5.2.2.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote definido como se indica en el numeral 341.5.2.4.1, se determina el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) debe tener una tolerancia de uno por ciento (1,0 %) para estabilizaciones realizadas en vía y cero coma cinco por ciento

(0,5 %) para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

(mezcla en vía) [341.1]
 $ARF \% - 1,0 \% \leq ART \% \leq ARF \% + 1,0 \%$

(mezcla en planta) [341.2]
 $ARF \% - 0,5 \% \leq ART \% \leq ARF \% + 0,5 \%$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %) no puede diferir del valor medio del lote (ART %) en más de uno por ciento (1,0 %), admitiéndose solo un (1) valor por fuera de este intervalo.

[341.3]
 $ART \% - 1,0 \% \leq ARI \% \leq ART \% + 1,0 \%$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites

implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

341.5.2.2.2 Granulometría

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual debe cumplir la gradación de la fórmula de trabajo dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 341-1.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se debe someter a las pruebas mencionadas en el numeral 341.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se debe rechazar el lote al cual correspondan esas muestras.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

341.5.2.3 Calidad de la mezcla

341.5.2.3.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben moldear probetas (tres (3) por muestra) para verificar

en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión (norma de ensayo INV E-622). Una muestra se debe curar en seco y otra en condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m) debe superar, o al menos igualar, el noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se debe aplicar para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0,90 \quad [341.4]$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo.

$$R_i \geq 0,80 R_m \quad [341.5]$$

Se admite solo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

La resistencia conservada promedio (R_{cm}) debe ser, como mínimo, el sesenta por ciento (60 %), sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplan se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deben suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 341.4.2.

341.5.2.4 Calidad del producto terminado

341.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se considerará como lote que se acepta o rechaza en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural:

- Longitud de quinientos metros (500 m), medida a lo largo del eje de vía, de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

341.5.2.4.2 Aspectos generales

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa, excluidos sus chaflanes, no debe ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no puede variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

341.5.2.4.3 Compactación

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

Para el control de la compactación de una capa de base estabilizada con una mezcla asfáltica natural, se debe calcular su grado de

compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo modificado de compactación INV E-142), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [341.6]$$

- Material con sobretamaños

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{C_{Y_{d,m\acute{a}x}}} \times 100 \quad [341.7]$$

Donde:

GC_i: Valor individual del grado de compactación en porcentaje.

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

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

C_{Y_{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 ($C_{Y_{d,máx}}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}), presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq 95,0\%$ se acepta el lote [341.8]

$GC_i(90) < 95,0\%$ se rechaza el lote [341.8]

Donde:

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

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

En caso de rechazo la capa de base estabilizada correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

341.5.2.4.4 Espesor

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se debe determinar el espesor

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

$$e_m \geq e_d \quad [341.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 * e_d \quad [341.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos se debe rechazar el lote, salvo que el constructor se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que ello genere costo alguno para INVÍAS, ni problemas por gálibo.

341.5.2.4.5 Planicidad

La superficie acabada no puede presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

341.5.2.4.6 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa estabilizada, por modificaciones en el

diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias por cuyo trabajo debe autorizar pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

341.6 Medida

La base estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300.

341.7 Forma de pago

La base estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe pagar según lo descrito en el numeral 300.7 del artículo 300.

En el precio unitario se deben incluir todos los costos de explotación para los agregados pétreos de adición y/o importados y los de la mezcla natural.

341.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
341.1	Base estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo BEMAN-38	Metro cúbico (m ³)
341.2	Base estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo BEMAN-25	Metro cúbico (m ³)

Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural

Artículo 350 – 22

350.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de una capa estructural de pavimento, constituida por una mezcla uniforme de suelos o agregados (material adicionado totalmente o resultante de la escarificación de la capa superficial existente, o una mezcla de ambos), cemento hidráulico, agua y eventualmente aditivos, de acuerdo con las dimensiones, los alineamientos y las secciones indicados en los documentos del proyecto.

A criterio del interventor, y de común acuerdo con el constructor, la capa estructural de pavimento, construida bajo las especificaciones presentadas en este artículo, puede ser considerada como una capa de base mejorada, u otra capa, siempre que se garantice su adecuado desempeño para las condiciones requeridas dentro de la estructura. Se debe especificar en el pliego de condiciones, el tipo

de capa estructural que se planea lograr con este mejoramiento.

Para la estabilización de materiales granulares, se deben definir tramos homogéneos que permitan garantizar los diseños de mezcla, los procesos constructivos y el control de calidad de la obra.

Este artículo reemplaza a los artículos 350 — 13, Suelo-cemento; y 351 — 13, Base tratada con cemento.

350.2 Materiales

350.2.1 Clases de material estabilizado con cemento

Se definen cuatro (4) clases de material estabilizado con cemento, como se indica en la Tabla 350 — 1, en función de los criterios para el diseño de la mezcla.

Tabla 350 — 1. Clases de material para estabilizar con cemento

Clase de material estabilizado con cemento	Descripción	Nivel de tránsito
Clase-1	Material fino o granular que no cumple una gradación específica o que va a ser utilizado como capa estructural y como rodadura, cuando se trate de un pavimento unicapa.	NT1
Clase-2	Material fino o granular que no cumple una gradación específica y que va a ser utilizado como capa estructural.	NT1 y NT2

Clase de material estabilizado con cemento	Descripción	Nivel de tránsito
Clase-3	Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada en este artículo, para un nivel de tránsito medio, que va a ser utilizado como capa estructural (Nota).	NT2
Clase-4	Mezcla uniforme de agregados pétreos que cumplen una gradación especificada en este artículo, para un nivel de tránsito alto, que va a ser utilizado como capa estructural.	NT3

Nota: la mezcla uniforme de agregados pétreos puede provenir de material seleccionado y/o tratado de una planta de producción, o provenir de material escarificado del sitio y tratado. Cuando el constructor demuestre que el material escarificado del sitio cumple los requisitos indicados en el numeral 350.2.2, para el material Clase-4, se le permite usar dicho material para la construcción de capas en proyectos con tránsito NT3.

Los documentos del proyecto deben definir la clase de material por utilizar, además, deben definir el tipo de gradación, dentro de las opciones mencionadas en la Tabla 350 — 3. En el caso de las mezclas para rodadura, los documentos del proyecto pueden, además, especificar una resistencia mínima, superior a la establecida en el numeral 350.4.1.2.

350.2.2 Suelos o agregados por estabilizar

El material por estabilizar con cemento hidráulico puede provenir de la escarificación

de la capa superficial existente, o ser un suelo natural proveniente de excavaciones o zonas de préstamo, o agregados locales, o escorias, o mezclas de ellos. El material, ya combinado, debe estar libre de toda sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento. Además, debe cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 350 — 2, y se debe ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 350 — 3.

Tabla 350 — 2. Requisitos de los materiales a ser tratados con cemento. (Nota 1)

Ensayo	Norma de ensayo	Material para tratar con cemento			
		Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Composición (F)					
Granulometría del material a tratar, listo para estabilizar.	INV E-123 e INV E-213	N/A	N/A	Tabla 350 — 3	Tabla 350 — 3
Tamaño máximo. (fracción del espesor de la capa compactada).		1/3	1/3	Tabla 350 — 3	Tabla 350 — 3

Ensayo	Norma de ensayo	Material para tratar con cemento			
		Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Dureza (O)					
Desgaste en la máquina de Los ángeles, máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	INV E-218	N/A N/A	N/A N/A	40 8	35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	INV E-238	N/A	N/A	30	25
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	INV E-224	N/A N/A	N/A N/A	70 75	90 75
Durabilidad (O)					
Pérdida en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	INV E-220	N/A N/A	N/A N/A	12 18	12 18
Limpieza (F)					
Límite líquido, máximo (%).	INV E-125	30	30	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%). (Nota 2).	INV E-126 e INV E-125	12	12	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%). (Nota 3).	INV E-133	15	15	35	35
Valor de azul de metileno, máximo (g/kg). (Nota 3).	INV E-235	20	20	10	10
Contenido de materia orgánica, máximo (%). (Nota 4).	INV E-121/ UNE-103204 (Nota 5)	2	2	1	1
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%).	INV E-211	N/A	N/A	2	2
Geometría de las partículas (F)					
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	INV E-230	N/A	N/A	N/A	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%).	INV E-227	N/A	N/A	50	60
Resistencia del material (F)					
CBR del material a tratar sin cemento, para una compactación del noventa y cinco por ciento (95 %) del ensayo de compactación medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo (%). (Nota 6).	INV E-148	N/A	10	60	80

Ensayo	Norma de ensayo	Material para tratar con cemento			
		Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Características químicas (O)					
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^{=}$, máximo (%).	INV E-233	0,9	0,9	0,5	0,5

N/A: hace referencia a que no es aplicable; teniendo en cuenta la definición para cada clase de material.

Nota 1: todos los valores como requisitos exigidos para los materiales a ser tratados con cemento indicados en la Tabla 350 — 2, entendidos como ensayos de composición, dureza, durabilidad, limpieza, geometría de las partículas, resistencia del material y características químicas; pueden ser diferentes en el caso que sean establecidos en los documentos del proyecto y que el constructor, con aprobación del interventor, realice ensayos de validación de desempeño de estos materiales, en la fase de experimentación. El ensayo de solidez de sulfatos se puede realizar con sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Nota 2: en el caso de índices de plasticidad o límites líquidos mayores al especificado para cada clase de material, se puede utilizar un tratamiento previo con cal y posteriormente el tratamiento con cemento, siempre que en la fase de experimentación se compruebe que el material tratado presenta un comportamiento adecuado, según los requerimientos de la estructura.

Nota 3: el ensayo de valor de azul de metileno solo se exige cuando el equivalente de arena del material sea inferior al indicado en la Tabla 350 — 2, pero igual o superior a diez por ciento (10 %) para los materiales utilizados en las clases 1 y 2, y veinticinco por ciento (25 %) para las clases 3 y 4.

Nota 4: opcionalmente, si no se cumple el requisito de materia orgánica, el constructor puede utilizar el material, si cumple las siguientes dos condiciones: (i) determinar que la materia orgánica presente no causa un aumento en el tiempo de fraguado mayor a ciento veinte minutos (120 min) en muestras de mortero; (ii) determinar que la materia orgánica presente no causa una reducción mayor a veinte por ciento (20 %) de la resistencia a la compresión en probetas con veintiocho días (28 d) de curado.

Nota 5: se puede determinar el contenido de materia orgánica por el método propuesto en la norma UNE, siempre que se considere que el método por ignición (según lo describe la norma de ensayo INV E-121) no es aplicable al material, debido a la naturaleza de la materia orgánica presente o a la presencia de minerales que pueden sufrir ignición y registrarse como materia orgánica erróneamente.

Nota 6: en el caso de CBR menores al especificado para cada clase de material, se puede utilizar un tratamiento previo con cal y posteriormente el tratamiento con cemento.

Tabla 350 — 3. Requisitos granulométricos de los materiales a tratar con cemento Clase-3 y Clase-4

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	50	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)									
MGTC-50	100	70 – 100	60 – 100	50 – 90	40 – 80	30 – 70	20 – 55	10 – 40	2 – 20
MGTC-38	-	100	70 – 100	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	2 – 15
MGTC-25	-	-	100	70 – 100	50 – 80	35 – 65	25 – 50	15 – 30	2 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0%	7%	6%			3%		1,5%	

350.2.3 Cemento

Se debe utilizar cemento hidráulico, el cual debe cumplir con lo indicado en el artículo 501, Suministro de cemento hidráulico, o cementos de acuerdo con la NTC 4050. Cualquiera que sea el cemento por utilizar, se debe validar su comportamiento en la fase de experimentación. En general, no es recomendable usar cementos con tiempo de fraguado menor a una hora (1 h) ni mayor a diez horas (10 h).

No se debe permitir el empleo de cemento que haya fraguado parcialmente o que contenga terrones del producto endurecido. Tampoco se debe permitir el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores. El constructor debe usar el cemento aproximadamente en el mismo orden cronológico en que fue producido y entregado por el fabricante.

350.2.4 Agua

El agua que se requiera para la estabilización debe ser limpia y libre de cantidades apreciables de aceites, ácidos, álcalis, azúcares, materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial que pueda afectar al cemento. Así mismo, el agua no debe afectar negativamente el fraguado, el endurecimiento y el comportamiento de la mezcla.

Se debe establecer la fuente de agua en el pliego de condiciones. En el caso que, durante la ejecución del proyecto se deba cambiar de fuente de suministro o se tenga sospecha que la calidad del agua ha cambiado, se debe evaluar su calidad nuevamente so pena de rechazar su uso.

Puede ser agua potable; si no lo es, debe cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 350 — 4.

Tabla 350 — 4. Requisitos del agua no potable para la construcción de material granular tratado con cemento

Característica	Norma de ensayo	Requisito
pH, mínimo	ASTM D1293	5,5
Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^{=}$, máximo (kg/m^3)	UNE 83956	1,0

350.2.5 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla.

Los aditivos que se utilicen, según el diseño establecido, deben cumplir los requerimientos de la NTC 1299.

El empleo de aditivos retardadores de fraguado debe ser obligatorio cuando se prevea que la temperatura ambiente durante la construcción de la capa estabilizada es mayor a treinta grados Celsius ($30\text{ }^\circ\text{C}$), salvo que el interventor, con base en los resultados de ensayos realizados para obtener la fórmula de trabajo, apruebe la construcción convencional sin uso de aditivos.

El constructor debe realizar los ensayos que demuestren que, los aditivos cumplen la función prevista con los materiales y dosificaciones de la fórmula de trabajo, y que estos no se encuentran vencidos.

350.3 Equipo

El equipo que se requiera utilizar para el proceso constructivo del material estabilizado debe ser probado y aprobado en los tramos de experimentación.

En la ejecución de los trabajos se deben emplear equipos mecánicos, que pueden ser independientes, o equipos que realicen dos o más operaciones. En general, la maquinaria debe estar constituida por equipos para la escarificación y la disgregación del material (si se requiere), la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálicos vibratorios y neumáticos, carrotanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, equipo para la formación de las juntas (si se requiere), equipos de transporte y herramientas menores.

Si los documentos del proyecto así lo indican, la extensión de la mezcla elaborada en planta se debe hacer con una máquina extendedora autopulsada.

350.3.1 Equipo para la elaboración de la mezcla

Los documentos del proyecto deben definir el tipo de equipo para elaborar la mezcla de material estabilizado con cemento, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora.

Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se

debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente.

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, se deben establecer, en detalle, las características de la planta y el procedimiento para la ejecución de los trabajos. Si no lo establecen, se deben aplicar las características de la planta y los procedimientos descritos en el artículo 630, Concreto estructural, para la elaboración de concreto.

En cualquier caso, el equipo para la mezcla, que suministre el constructor, debe ser capaz de lograr una completa homogenización de los componentes, dentro de las tolerancias establecidas en este artículo.

350.3.2 Equipos para explotación y manejo de materiales

En el caso que la estabilización incluya materiales transportados, el equipo debe incluir, también, elementos para su explotación, cargue, transporte, eventual trituración y clasificación.

350.3.3 Equipos para escarificación

Si está prevista la utilización de los materiales existentes en la vía, se debe contar con elementos apropiados para su escarificación.

350.4 Ejecución de los trabajos

350.4.1 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

350.4.1.1 Energía de referencia para la compactación

La energía de referencia para la compactación, en la construcción de las capas estructurales tratadas con cemento, debe ser establecida en los documentos del proyecto, en función del tipo de material granular por estabilizar, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la capacidad de soporte de la subrasante.

Todas las probetas necesarias para evaluar las propiedades de la mezcla se deben elaborar con el contenido de agua óptimo y el peso unitario seco máximo correspondientes a dicha energía de referencia.

Se debe tomar como referencia la Tabla 350 — 5, para la energía de compactación empleada en la fabricación de las probetas de materiales granulares tratados con cemento, teniendo en cuenta la naturaleza del material indicado en los documentos del proyecto.

Así mismo, los controles de compactación se deben efectuar, comparando los resultados de los ensayos de densidad en el terreno contra los resultados del ensayo de compactación en el laboratorio efectuado con esa energía.

Se deben realizar pruebas de desempeño del material bajo condiciones de servicio normales promedio, lo cual incluye condiciones climáticas y condiciones y volúmenes de tránsito.

Tabla 350 — 5. Procedimiento para la preparación de probetas de materiales tratados con cemento

Característica	Tipo de ensayo a ejecutar				
	Material tratado con cemento Clase-1 y Clase-2		Material tratado con cemento Clase-3 y Clase-4		
	Energía de compactación		Energía de compactación		
	Normal	Modificada	Normal	Modificada	
Ensayo de referencia para la energía de compactación.	INV E-611	INV E-611 ajustado (Nota 2)	INV E-611 ajustado (Nota 2)	INV E-611 ajustado (Nota 2)	
Energía nominal de compactación (kN*m/m³).	605	2 730	580	2 730	
Determinación del peso unitario seco máximo y preparación de probetas para prueba de compresión.	Volumen del molde (cm³)	944	3 243 (Nota 3)	3 243 (Nota 3)	3 243 (Nota 3)
	Masa del martillo (kg)	2,495	4,536	4,536	4,536
	Altura de caída (mm)	305	457	457	457
	Número de capas	3	7	7	7
	Golpes/capa	25	61	13	61

Nota 1: para la preparación de las probetas se debe tener en cuenta lo siguiente: si todo el material pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada), se debe usar la gradación entera, sin modificación, para fabricar los especímenes de ensayo. Si hay partículas retenidas en dicho tamiz, ellas se deben remover y reemplazar por una cantidad igual, en masa, de material que pase el tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada) y quede retenido en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4), obtenido de porciones de la muestra total que no se van a usar para el ensayo.

Nota 2: el ajuste en la norma INV E-611 se refiere al cambio del molde, el martillo, el número de capas y el número de golpes por capa.

Nota 3: el molde de tres mil doscientos cuarenta y tres centímetros cúbicos (3 243 cm³) corresponde al del ensayo de CBR (norma de ensayo INV E-148) sin el disco espaciador o falso fondo. Sus dimensiones son: 152,4 mm ± 0,66 mm (6 pulgadas ± 0,026 pulgadas) de diámetro interior y 177,8 mm ± 0,46 mm (7 pulgadas ± 0,018 pulgadas) de altura. Se debe usar con una base sin perforaciones, como la que se emplea para la realización del ensayo de compactación modificado, norma de ensayo INV E-142, método C.

350.4.1.2 Diseño de la mezcla

La mezcla de material granular tratado con cemento se debe diseñar mediante los criterios de durabilidad y resistencia indicados en la Tabla 350 — 6. El contenido mínimo de cemento debe ser definido en los documentos del proyecto y validado en la fase de experimentación conforme a la fórmula de trabajo adoptada. En el caso de no contar con

esta validación, el contenido de cemento no debe ser inferior a tres por ciento (3 %) de la masa seca del material por estabilizar. Además, debe ser aquel que permita cumplir los parámetros definidos en la tabla citada.

Los valores de referencia asociados al criterio de durabilidad dependen de la clasificación del material por estabilizar según el sistema AASHTO, norma INV E-180.

Tabla 350 — 6. Criterios de diseño para la mezcla de material granular tratado con cemento

Ensayo	Norma de ensayo INV	Clase-1	Clase-2	Clase-3	Clase-4
Durabilidad					
Máxima pérdida de masa de la mezcla compactada en prueba de humedecimiento y secado (%). (Nota 1):	E-612				
- Suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A-3		14	N/A	N/A	N/A
- Suelos A-2-6; A-2-7; A-4; A-5		10	N/A	N/A	N/A
- Suelos A-6; A-7		7	N/A	N/A	N/A
Resistencia					
Comportamiento de la resistencia con:	E-614				
- Incremento en el contenido de cemento				Crece	
- Incremento en la edad				Crece	
Resistencia a la compresión a siete días (7 d) (MPa).	E-614				
Aplica a material originario de suelo y/o escarificado en la superficie:		(Nota 3)	2,5	N/A	N/A
- Mínima (Nota 2)		4,5 (Nota 3)	4,5	N/A	N/A
- Máxima (Nota 2)					
Aplica a material originario de agregados:		(Nota 3)	2,5	2,5	2,5
- Mínima (Nota 2)		4,5 (Nota 3)	4,5	4,5	4,5
- Máxima (Nota 2)					
Resistencia a la compresión a veintiocho días (28 d) (MPa), para capas de rodadura. Mínima (Nota 4).	E-614			2,5	

Nota 1: de manera opcional, se puede evaluar el criterio de durabilidad del material granular tratado con cemento, mediante una prueba de desgaste similar a la prueba del Cántabro realizada para mezclas asfálticas abiertas (según lo describe la norma de ensayo INV E-760). En este caso, la mezcla debe obtener un valor de pérdida por desgaste inferior al cincuenta por ciento (50 %), calculado como el valor promedio de cuatro (4) probetas preparadas con el mismo tipo de material, mismo contenido de cemento e idéntico procedimiento de preparación. Cada probeta por ensayar debe ser de forma cúbica, de ciento cuarenta milímetros (140 mm) de longitud, que se obtienen al cortar cada tercio extremo de las vigas ensayadas a flexión a veintiocho días (28 d) (según lo describe la norma de ensayo INV E-414). Sobre cada viga ya ensayada, se miden ciento cuarenta milímetros (140 mm) desde cada cara extrema y se realiza un corte plano, de apariencia lisa, para formar un cubo, que se introduce en la máquina de Los Ángeles, sin la carga abrasiva de esferas de acero, y se determina la pérdida de masa después de doscientas (200) revoluciones. Los valores de módulo de rotura determinado para cada viga también se deben reportar, salvo que el interventor apruebe la formación de los cubos de concreto, a partir de vigas que no hayan sido falladas a flexión.

Nota 2: los valores de resistencia mínima y máxima indicados en la Tabla 350 — 6 pueden ser diferentes, únicamente en el caso que sean establecidos en los documentos del proyecto y que el constructor, con aprobación del interventor, realice ensayos de validación de desempeño de los materiales granulares tratados con cemento; por ejemplo, ensayos de módulo resiliente. La determinación del módulo resiliente se debe realizar siguiendo el procedimiento establecido en la norma INV E-156. Por tratarse de mezclas a las que se les ha incorporado un ligante hidráulico, el cual tiene

reacciones de hidratación y desarrollo de resistencia en el tiempo, esta prueba se debe realizar a los veintiocho días (28 d). Estos ensayos deben satisfacer los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

Nota 3: los documentos del proyecto deben definir el nivel de resistencia por emplear, para el uso de este material granular tratado con cemento. Pueden también definir un nivel de resistencia diferente a los indicados.

Nota 4: el interventor puede solicitar la determinación del valor de resistencia de probetas con veintiocho días (28 d) de curado para capas que no sean de rodadura, si lo considera necesario.

350.4.1.3 Fórmula de trabajo

Dentro de la franja granulométrica elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo a la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 350 — 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla debe indicar:

- La granulometría del material.
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño.
- El tipo y la marca de los aditivos empleados en el diseño.
- El contenido óptimo de cemento (*CFT* %).
- El valor de pérdidas por durabilidad.
- El valor de resistencia a la compresión (R_{7d}) a los siete días (7 d).
- El valor de resistencia a la compresión a los veintiocho días (28 d), para el caso de capas de rodadura.
- Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada debe cumplir los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, o la curva granulométrica incumple las tolerancias que se indican en la Tabla 350 — 3, se debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

350.4.2 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos de acuerdo con el interventor, donde se debe probar el equipo y se debe determinar el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

Con base en los resultados que se obtengan a partir de muestras tomadas del material granular tratado con cemento, el interventor debe evaluar su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre disgregación, contenido de agua, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

En caso de que los ensayos indiquen que el material granular tratado con cemento no se ajusta a dichas condiciones, este debe ser removido y reemplazado por el constructor hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). Antes de efectuar el reemplazo, el constructor debe hacer

las modificaciones necesarias a los equipos y procedimientos de construcción y, si fuese preciso, debe modificar el diseño.

El proceso se debe repetir cuantas veces sea necesario hasta que las secciones de ensayo sean aprobadas por el interventor.

Tanto el constructor como el interventor deben emitir un informe con los resultados de la fase de experimentación y validación, y su cumplimiento como requisito para el inicio de la fase de construcción.

En cada tramo de experimentación y validación, deben quedar definidos los siguientes aspectos:

- Para el material granular tratado con cemento como capa estructural, ejecutado *in situ* con material existente o de préstamo:
 - Escarificación del material para tratar en el sitio
 - Incorporación del material de préstamo, cuando aplique
 - Aplicación del cemento de acuerdo con la condición planteada en la fase de experimentación
 - Mezcla
- Para mezcla en planta:
 - Bachadas de prueba
 - Tiempos de producción
 - Transporte
- Para tratamiento en sitio o mezcla en planta:
 - Perfilado
 - Extensión y conformación
 - Prefisuración (en caso de requerirse)
 - Compactación
 - Juntas de trabajo

- Curado de la capa compactada
- Apertura al tránsito
- Limitaciones en la ejecución

Para cada uno de los tramos homogéneos definidos en la etapa de diseño o de construcción, los trabajos se deben realizar, de acuerdo con lo aprobado en la fase de experimentación y validación.

350.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de construir la capa de material granular tratado con cemento, se debe comprobar que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad y la planicidad apropiadas, así como las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo indicado en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

En caso de que la construcción se vaya a realizar únicamente con el material existente en la calzada, este se debe escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa de suelo-cemento alcance el espesor señalado en los documentos del proyecto.

Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente, antes de iniciar la disgregación del material.

En todos los casos en que el proceso involucre el material del lugar, parcial o totalmente,

se debe comprobar que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el interventor debe ordenar las modificaciones previas que considere necesarias.

En todos los casos debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada, previamente a la ejecución de las obras de la capa de material granular estabilizado con cemento.

350.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la construcción de la capa incluya suelos o agregados de aporte, estos se deben transportar en vehículos apropiados, protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, los cuales se deben asegurar a la carrocería, para impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan dichos vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados, se deben tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del artículo 300.

350.4.5 Mezcla en vía

El material granular sin cemento se debe conformar según la sección transversal mostrada en los documentos del proyecto, mediante el empleo de motoniveladora.

350.4.5.1 Disgregación del material

El material granular se debe disponer en un cordón de sección uniforme, donde debe ser verificada su homogeneidad. Si la capa se va

a construir mediante combinación de varios agregados granulares, estos deben ser mezclados en la planta, por cuanto no se admite su combinación en la superficie de la vía; se exceptúa el caso en que se requiera mezclar material de aporte con material del sitio, situación en la cual se puede efectuar la mezcla en el sitio.

Antes de aplicar el cemento, si el material por tratar, bien sea que se haya escarificado en el lugar o transportado desde los sitios de origen aprobados por el interventor, o sea una mezcla de ambos, presenta grumos o aglomeraciones de partículas, se debe disgregar con el equipo de construcción, aprobado a partir de los resultados de la fase de experimentación, en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los documentos del proyecto.

El proceso de disgregación debe continuar hasta que se logren los requerimientos granulométricos del numeral 350.2.2. La longitud de calzada disgregada no debe exceder de la que se pueda tratar y compactar, de acuerdo con esta especificación, en dos días (2 d) de trabajo, salvo autorización escrita del interventor.

Una vez disgregado el material, este se debe conformar según la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

350.4.5.2 Aplicación del cemento

El cemento se puede aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se debe esparcir sobre el agregado o suelo disgregado empleando el procedimiento aceptado por el interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por

desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, el contenido de agua del material no puede ser superior al definido, durante el proceso de diseño, como adecuado para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido solo se debe permitir el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material.

350.4.5.3 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se debe efectuar la mezcla, empleando el equipo aprobado. El número de pasadas depende del equipo utilizado y debe ser el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se haya definido en la fase de experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante y se debe continuar mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad. El contenido de agua de la mezcla debe ser el establecido en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento ($\pm 1 \%$).

El constructor con previa autorización del interventor debe fijar, a partir de los ensayos iniciales, el tiempo mínimo de amasado, que en ningún caso debe ser inferior a treinta segundos (30 s).

350.4.6 Mezcla en planta

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, en ellos se debe establecer en detalle el procedimiento para la ejecución de los trabajos. Si no lo establecen, se deben aplicar los procedimientos para la elaboración y transporte de la mezcla descritos en el artículo 500, Pavimento de concreto hidráulico.

La mezcla elaborada en la planta aprobada luego de la fase de experimentación se debe transportar al sitio en volquetas estancas y cubiertas, aptas para el transporte de concreto, cumpliendo con los requisitos y los procedimientos establecidos en los numerales 500.3.2 y 500.4.6.3 del artículo 500.

350.4.7 Extensión y conformación

La mezcla elaborada sobre la vía se debe extender, tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones, en todo el ancho previsto, en una capa uniforme que permita obtener el espesor y el grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación, y se debe conformar a la sección transversal de la calzada.

Siempre que sea posible, el material granular estabilizado con cemento se debe extender en el ancho completo de la vía. En caso contrario, el material se debe extender por franjas longitudinales cuyo ancho debe ser al menos el de un carril, comenzando por el borde inferior. El ancho de las franjas de extensión debe ser tal, que se realice el menor número posible de juntas y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta el ancho de la sección, la necesidad de mantener un carril funcionando para tránsito vehicular (si aplica) y las características de los equipos de extensión y de producción de la mezcla.

Para el caso de mezcla en planta, si los documentos del proyecto así lo requieren, se debe usar una máquina extendedora para estas labores. Si no lo requieren, la mezcla se puede extender y conformar con motoniveladora.

En todo caso, la cantidad de material extendido y conformado debe ser tal, que el espesor

de la capa compactada no resulte inferior a ciento cincuenta milímetros (150 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de la capa tratada con cemento, por construir, es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se debe colocar en dos o más capas, y se debe procurar que el espesor de cada una de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm). En el caso de disponer de equipos de construcción que permitan la conformación de capas con espesores superiores a (200 mm), se debe garantizar que toda la capa cumpla los requerimientos establecidos en el numeral 350.5.

El material extendido y conformado debe mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El interventor no debe permitir la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

350.4.8 Prefisuración

Cuando los documentos del proyecto así lo indiquen, se debe efectuar una prefisuración de las capas de material granular tratado con cemento antes de iniciar su compactación. La necesidad de efectuar dicha prefisuración depende de factores tales como la posición de la capa dentro de la estructura, el tipo de rodadura, la resistencia del material granular tratado y el tipo de medidas que eventualmente contemplen los documentos del proyecto para evitar o controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la capa de material estabilizado con cemento deteriore la rodadura del pavimento. Uno de los criterios para decidir si se requiere la prefisuración puede ser que se superen las resistencias

máximas de la mezcla, mencionadas en la Tabla 350 — 6. En todo caso, la necesidad de prefisuración debe ser determinada en la fase de experimentación.

Esta actividad consiste en la ejecución de juntas transversales en fresco, es decir, del material extendido, pero sin compactar. El diseño debe establecer la distancia a la cual se deben realizar dichas juntas. En general, la separación entre ellas debe estar comprendida entre tres y cuatro metros (3 m – 4 m).

Para la ejecución de las juntas transversales en fresco, se deben utilizar equipos que realicen en cada pasada un surco recto que penetre al menos dos tercios ($2/3$) del espesor de la capa y que, al mismo tiempo, introduzcan en este un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Dicho producto puede consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que, además de impedir que se cierre de nuevo la junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de esta.

Se debe emplear el equipo y el método de ejecución aprobados por el interventor, cuya eficacia haya sido comprobada después de la realización de la fase de experimentación.

350.4.9 Compactación

La compactación de la mezcla se debe realizar, de acuerdo con el plan propuesto por el constructor y aprobado por el interventor durante la fase de experimentación.

El proceso de compactación debe ser tal, que evite la formación de una costra o capa

superior delgada, débilmente adherida al resto de la capa de material granular tratado con cemento. En caso de que ella se produzca, debe ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

La compactación se debe realizar de manera continua y sistemática. Si la extensión del material se realiza por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya, al menos, quince centímetros (15 cm) de la anterior. Los rodillos deben llevar su rueda motriz del lado más cercano al equipo de extensión, y los cambios de dirección y de sentido se deben realizar sobre material ya compactado y con suavidad. Los elementos de compactación deben estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

Los trabajos de compactación deben ser terminados en un lapso no mayor de dos horas (2 h) desde el inicio de la mezcla. En la fase de experimentación se puede definir un lapso menor o mayor, teniendo en cuenta las características propias del proyecto. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se deben compactar con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se debe mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

Cuando la capa estructural tratada con cemento se deba construir en varias capas, las operaciones se deben adelantar de tal

forma que se pueda completar el espesor total de la misma en un tiempo no mayor de dos horas (2 h). Si se usan aditivos retardadores, este tiempo se puede extender según se defina en la fase de experimentación. Alternativamente, la superficie de la capa inferior de la capa estructural tratada con cemento se debe mantener húmeda en forma permanente, mediante riego por aspersión, hasta la colocación de la capa superior, la cual debe ser extendida y compactada en un lapso no mayor de siete días (7 d) después de terminada la capa inferior.

350.4.10 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deben cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Para tal efecto, al término de la jornada de trabajo se debe formar una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado. Se debe procurar localizarlas a no menos de cinco metros (5 m) de otras juntas transversales realizadas en cualquier capa inferior de la estructura.

Si la capa de material granular tratado con cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, también, se deben disponer juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada, mediante un procedimiento aceptado por el interventor.

El material recolectado de los cortes de juntas debe ser claramente identificado y almacenado, y no se debe permitir su uso en la construcción de las capas de la estructura.

350.4.11 Curado de la capa compactada

Terminada la compactación de la capa de material granular tratado con cemento, esta se debe proteger contra pérdidas de contenido de agua, por un período no menor de siete días (7 d), mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-60, conforme se establece en el artículo 422, Riego de curado.

Si la aplicación del riego de curado no se hace inmediatamente después de terminada la compactación, se debe mantener el contenido de agua de la superficie mediante riego frecuente de agua por aspersión.

Cuando la capa estructural tratada con cemento se deba construir en varias capas, no se debe aplicar el riego de curado sobre la superficie de la capa inferior de la capa estructural tratada con cemento, sino que esta se debe mantener húmeda en forma permanente, mediante riego por aspersión, hasta la colocación de la capa superior.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro horas (24 h) de terminada la compactación, la superficie de la capa de material granular tratado con cemento debe presentar un aspecto denso y homogéneo, y tener el contenido de agua suficiente que permita el curado.

350.4.12 Apertura al tránsito

La capa de material granular tratado con cemento solo se puede abrir al tránsito público y al de los equipos de construcción a los siete días (7 d) de su compactación. Se permite el

tránsito vehicular en un tiempo inferior a siete días (7 d), únicamente en el caso de realizar las validaciones correspondientes en la fase de experimentación, por parte del constructor y con previa aprobación del interventor, asegurando que se cumplan los requerimientos de desempeño de la capa de material granular tratado con cemento, indicados en los documentos del proyecto. La velocidad de circulación se debe restringir a treinta kilómetros por hora (30 km/h) desde el momento de la apertura al tránsito y, como mínimo, hasta pasado los siete días (7 d) desde la compactación de la capa construida. La apertura debe ser inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las áreas que deban ser objeto de corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el interventor debe definir el instante de apertura definitiva, de la capa compactada, al tránsito público.

350.4.13 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento solo se pueden llevar a cabo cuando la temperatura ambiente a la sombra sea superior a cinco grados Celsius (5 °C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella ocurra, o haya una capa de niebla intensa, o esté previsto un clima con temperatura inferior a uno coma cinco grados Celsius (1,5 °C) en las siguientes cuarenta y ocho horas (48 h) al trabajo. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia, y como resultado de ello el contenido de agua de la mezcla supere la tolerancia mencionada en el numeral 350.4.5.3 de esta especificación, el constructor debe retirar la mezcla afectada y

reconstruir el sector deteriorado, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

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

350.4.14 Manejo ambiental

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del artículo 300.

Algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental se describen a continuación, sin perjuicio de los que exijan los documentos de cada proyecto, en particular o la legislación ambiental vigente:

- Se debe evitar el tránsito desordenado de equipos de construcción por fuera del área de los trabajos, con el fin de evitar perjuicios innecesarios a la flora y a la fauna, así como interferencias al drenaje natural.
- Los dispositivos de drenaje superficial y la pendiente transversal de la calzada se deben mantener correctamente durante la

ejecución de los trabajos, con el fin de prevenir erosiones y arrastres innecesarios de partículas sólidas.

- El manejo y aplicación del cemento se debe realizar con las precauciones que exijan las autoridades ambientales.

350.4.15 Conservación de la capa terminada

El constructor debe conservar la capa de material granular tratado con cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente debe corregirlo hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

350.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

350.5.1 Controles

En adición a lo indicado en el numeral 300.5.1 del artículo 300, se deben efectuar ensayos de control de la mezcla y, una vez compactada, de densidad, espesor y planicidad de la capa terminada.

350.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

350.5.2.1 Calidad de los materiales

350.5.2.1.1 Calidad de suelos o agregados por estabilizar

Se deben tomar cuatro (4) muestras representativas de cada fuente de suelos y agregados por utilizar en la producción de la capa de material granular tratado con cemento, y por

cada dos mil metros cúbicos (2 000 m³) del material de un mismo tipo, y se deben ejecutar los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 350.2.2.

Durante la etapa de producción, se deben examinar las descargas a los acopios y se debe ordenar el retiro de los suelos y agregados que, a simple vista, contengan tierra vege-

tal, presenten restos de materia orgánica, o tamaños superiores al máximo especificado. Además, se deben efectuar las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 350 — 7.

El interventor puede adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad del material por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 350 — 7. Verificaciones periódicas sobre el material por estabilizar

Característica	Norma de ensayo	Tipo de material	Frecuencia
Composición (F)			
Granulometría	INV E-123 e INV E-213	Todos	1 por jornada o 1 cada 3 000 m ² de superficie de material compactado (Nota)
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de Los Ángeles	INV E-218	Clase-3 y Clase-4	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	INV E-238	Clase-3 y Clase-4	1 por mes
Limpieza (F)			
Límite líquido e Índice de Plasticidad	INV E-125 e INV E-126	Todos	1 por jornada
Equivalente de arena	INV E-133	Todos	1 por semana
Valor de azul de metileno (si aplica)	INV E-235	Todos	1 por semana
Contenido de materia orgánica	INV E-121/ UNE 103204	Todos	1 por semana
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales	INV E-211	Clase-3 y Clase-4	1 por semana
Geometría de las partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento	INV E-230	Clase-3 y Clase-4	1 por semana
Caras fracturadas	INV E-227	Clase-3 y Clase-4	1 por jornada
Resistencia del material (F)			
CBR	INV E-148	Todos	1 por mes

Nota: se debe realizar el número de ensayos que resulte mayor al aplicar estos dos criterios.

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 350 — 7, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Cuando el interventor considere que las características del material explotado en una fuente han cambiado, se deben repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 350 — 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios. No se debe permitir el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 350.2.2.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba no sea satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material y se debe repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios, de lo contrario, el interventor no debe autorizar la utilización de este material.

Los resultados de los ensayos de verificación se deben reportar en un periodo no mayor de veinticuatro horas (24 h) luego de la toma de las muestras, o un periodo menor acordado previamente con el constructor.

350.5.2.1.2 Calidad del cemento

Por ningún motivo se debe permitir el empleo de cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

El cemento se debe almacenar en contenedores a prueba de agua y con una estructura tal, que se garantice la inexistencia de zonas muertas de almacenamiento, definidas como

aquellas zonas en donde no se hace uso o movimiento del cemento. En caso de encontrar zonas muertas con material que no es reemplazado continuamente, toda la estructura de almacenamiento debe ser vaciada y limpiada cada tres (3) meses. En ningún caso se debe utilizar cemento que haya durado más de tres (3) meses almacenado en el sitio de trabajo.

Por cada suministro de cemento que llegue a la obra, el proveedor debe entregar un certificado de calidad donde se indiquen las propiedades del producto entregado, de acuerdo con el artículo 501 o la NTC 4050, con la finalidad de verificar la calidad del producto y establecer su aceptación o rechazo. Este certificado debe contener, como mínimo, la estadística semanal de la calidad del cemento entregado por el productor.

El cemento utilizado debe ser del tipo MCH (Moderado Calor de Hidratación) o del tipo BCH (Bajo Calor de Hidratación), según las normas NTC 121 o ASTM C1157/C1157M. También, se puede usar cemento tipo UG (Uso General), según las normas NTC 121 o ASTM C1157/C1157M, en el cual se garantice que el Calor de Hidratación no supere el valor de doscientos cincuenta kilojulios por kilogramo (250 kJ/kg [kcal/kg]) en siete días (7 d).

Las verificaciones se deben realizar conforme se establece en el numeral 501.5.2 del artículo 501.

En ambientes muy húmedos o en condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, el interventor puede reducir el plazo de tres (3) meses para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del cemento.

Además de lo anteriormente establecido, cuando el interventor lo considere conveniente, se deben llevar a cabo ensayos adicionales para la comprobación de las características que estime necesarias.

La toma de muestra del cemento se debe realizar lo más rápido posible, para reducir al mínimo la absorción de humedad. Una vez recogida la muestra se debe guardar en un recipiente estanco y con cierre hermético hasta su análisis.

Como alternativa, se puede realizar un tramo de prueba que permita validar la calidad del cemento almacenado.

350.5.2.1.3 Calidad del agua

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se debe verificar su pH y su contenido de sulfatos.

350.5.2.1.4 Calidad de los aditivos y productos de curado

El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del interventor.

350.5.2.2 Calidad de la mezcla

350.5.2.2.1 Contenido de cemento

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 350.5.2.3, se debe determinar el contenido de cemento

(INV E-617 o ASTM D5982). Cada muestra se debe tomar en un solo sitio de la capa extendida, abarcando todo su espesor, inmediatamente antes de iniciar la compactación.

El porcentaje de cemento promedio de las tres muestras que representan al lote (*CPL* %), debe tener una tolerancia de cero coma tres por ciento (0,3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (*CFT* %).

$$CFT \% - 0,3 \% \leq CPL \% \leq CFT \% + 0,3 \%$$

[350.1]

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (*CI* %), no debe diferir del valor promedio del lote (*CPL* %), en más de cero coma cinco por ciento (0,5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$CPL \% - 0,5 \% \leq CI \% \leq CPL \% + 0,5 \%$$

[350.2]

Un porcentaje de cemento promedio (*CPL* %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites, implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de cemento, el constructor demuestre que no hay problemas de comportamiento de la capa de material granular tratado con cemento.

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material removido es de propiedad del constructor.

En ningún caso se debe aceptar el uso del material removido como material de construcción para alguna capa estructural estabilizada (entiéndase como cualquier capa de la

estructura, incluyendo la subrasante y/o afirmado) de otro lote del proyecto, a menos que se acuerde con el interventor llevar a cabo un tratamiento previo de disgregación y selección de material, que dé como resultado un material reciclado apropiado, aprobado por el interventor.

350.5.2.2.2 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra, se deben moldear probetas (dos (2) por muestra) según lo especificado en la Tabla 350 — 5, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete días (7 d) de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. Cada muestra se debe tomar en un solo sitio de la capa extendida y conformada, abarcando todo su espesor, inmediatamente antes de iniciar la compactación.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote (R_m), debe ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92 %) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el constructor (R_d) y aprobado por el interventor, conforme se describe en el numeral 350.4.1.

$$R_m \geq 0,92 * R_d \quad [350.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o mayor al noventa por ciento (90 %) del valor medio (R_m).

$$R_i \geq 0,90 * R_m \quad [350.4]$$

Por otra parte, si la resistencia media de las probetas que representen al lote (R_m) es mayor a la resistencia máxima definida en la

Tabla 350 — 6, se deben realizar juntas de contracción por aserrado, con una separación entre juntas entre tres y cuatro metros (3 m y 4 m), y ubicadas a no menos de dos coma cinco metros (2,5 m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar. La conformación de juntas por aserrado no es necesaria si se realizó prefisuración, de acuerdo con la sección 350.4.8 de este artículo, y si así lo autoriza el interventor.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta ser aprobada por el interventor, sin costo adicional para INVÍAS. El material removido es de propiedad del constructor.

350.5.2.3 Calidad de la capa terminada

Para efectos del control, se debe considerar como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la menor área construida que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa de material granular tratado con cemento, medidos en la dirección del eje del trazado de vía.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de capa de material granular tratado con cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y debe estar ajustada a las rasantes y las pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde

de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no puede ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota de cualquier punto de la capa compactada no debe variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se deben realizar los siguientes controles:

350.5.2.3.1 Compactación

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

Para el control de la compactación de una capa de material granular tratado con cemento, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,máx}} * 100 \quad [350.5]$$

Donde:

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

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

sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$Y_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según los criterios establecidos en la Tabla 350 — 5, realizado sobre una muestra representativa del mismo.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se deben aplicar los siguientes criterios para la aceptación del lote:

Para el caso de capas construidas inmediatamente debajo de la capa de rodadura:

$$GC_i (90) \geq 98,0 \% \text{ se acepta el lote } [350.6]$$

$$GC_i (90) < 98,0 \% \text{ se rechaza el lote } [350.7]$$

Para el caso de capas construidas bajo otra capa granular que no sirva como superficie de rodadura:

$$GC_i (90) \geq 95,0 \% \text{ se acepta el lote } [350.8]$$

$$GC_i (90) < 95,0 \% \text{ se rechaza el lote } [350.9]$$

Donde:

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

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

Si el lote es rechazado, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. La capa de reposición debe mantener las cotas del proyecto y garantizar las propiedades de capacidad y estabilidad equivalentes a las contempladas en los documentos del proyecto para la capa de material estabilizado. El material retirado es de propiedad del constructor.

350.5.2.3.2 Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, que en cualquier caso no puede ser un número menor a uno (1) por cada setenta y cinco metros (75 m) medidos en el sentido del eje del trazado, el interventor debe determinar el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no puede ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [350.10]$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser, cuando menos, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose solo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0,90 * e_d \quad [350.11]$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se debe rechazar el lote. En este caso, el constructor debe retirar la capa y reponerla hasta contar con la aprobación del interventor, sin

costo adicional para INVÍAS. El material retirado es de propiedad del constructor.

350.5.2.3.3 Planicidad

Inmediatamente después de la compactación, se debe comprobar la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el interventor lo considere conveniente. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, y no se deben admitir variaciones superiores a diez milímetros (10 mm) si la capa se ubica debajo de las capas superficiales, o de quince milímetros (15 mm) si la capa se ubica sobre la subrasante, para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente.

Todas las áreas de la capa de material granular tratado con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deben ser corregidas por el constructor, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este, sin costo adicional para INVÍAS.

350.5.2.3.4 Regularidad superficial

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), de acuerdo con las normas ASTM E1926 y ASTM E950, debe cumplir lo fijado en la Tabla 350 — 8, en función de la clase de material estabilizado y del espesor total (e_t) de las capas que se vayan a extender sobre este.

Tabla 350 — 8. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) (m/km)

Porcentaje (%) de hectómetros	Material estabilizado			
	Clase-1	Clase-2, Clase-3 y Clase-4		
		$e_t \geq 20 \text{ cm}$	$10 \text{ cm} < e_t < 20 \text{ cm}$	$e_t \leq 10 \text{ cm}$
50	< 2,5	< 3,0	< 2,5	< 2,5
80	< 3,5	< 4,0	< 3,5	< 3,5
100	< 4,0	< 5,0	< 4,5	< 4,0

Si los resultados del IRI de la capa terminada exceden los límites establecidos, se debe proceder de la siguiente manera:

Se deben corregir los defectos de la capa mediante fresado y se debe volver a construir, cumpliendo los requisitos especificados en este artículo, por cuenta del constructor.

El IRI se debe comprobar de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este artículo establece que la determinación del IRI se debe realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se pueden adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de ensayo INV E-794, o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma de ensayo INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, este se debe validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos (200 m). El equipo de referencia inercial se debe operar, de acuerdo con la norma ASTM E950.

350.6 Medida

El material granular tratado con cemento como capa estructural, se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300.

Si los documentos del proyecto indican que el suministro del cemento hidráulico se paga por aparte, la unidad de medida de este debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el interventor. En este caso, para determinar la cantidad de cemento hidráulico efectivamente incorporado a la mezcla, se debe tomar el porcentaje de cemento promedio del lote (*CPL* %), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla como se indica en el numeral 350.5.2.2.1, se debe efectuar el cálculo correspondiente y se debe aproximar al kilogramo entero.

350.7 Forma de pago

El material granular tratado con cemento se debe pagar según lo establecido en el numeral 300.7 del artículo 300.

El precio unitario debe incluir, además, el costo de la ejecución de la prefisuración mencionada

en el numeral 350.4.8, incluyendo el suministro y la aplicación o instalación del producto que impida que las juntas se cierren de nuevo.

Si los documentos del proyecto especifican otro tipo de medidas para evitar o controlar el reflejo de fisuras, como instalación de geosintéticos o construcción de capas asfálticas de mezcla abierta, estas se deben pagar según el ítem correspondiente del contrato.

350.8 Ítem de pago

El precio unitario del material granular tratado con cemento (MGTC) no incluye el suministro del cemento.

Ítem	Descripción	Unidad
350.1	MGTC clase 1 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.2	MGTC clase 2 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.3	MGTC clase 3, gradación tipo MGTC-25 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.4	MGTC clase 3, gradación tipo MGTC-38 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.5	MGTC clase 3, gradación tipo MGTC-50 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.6	MGTC clase 4, gradación tipo MGTC-25 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.7	MGTC clase 4, gradación tipo MGTC-38 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.8	MGTC clase 4, gradación tipo MGTC-50 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
350.9	Cemento hidráulico para capa tratada con cemento	Kilogramo (kg)



La movilidad
es de todos

Mintransporte



UNIVERSIDAD
DEL QUINDÍO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS