

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

Control de Revisiones

Versión	Revisión	Fecha	Descripción Modificación	Folios
4	1	2019-12-19	Generada a partir de la sección 454-11 de las IDU ET-2011 versión 3.0. A partir de la Resolución 10910 de 2019 se adoptan las especificaciones ET-IC-01 "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO EN BOGOTÁ D.C.	16

El documento original ha sido aprobado mediante el SID (Sistema Información Documentada del IDU). La autenticidad puede ser verificada a través del código



Participaron en la elaboración¹	David Andres Romero Cardenas, OAP / Ivan Alberto Caamano Murillo, DTE / Jairo Alexander Ibarra Trujillo, DTE / Jose Alberto Prieto Hernandez, DTE / Nattalia Angelica Romero Hermosilla, DTE / Oscar Mauricio Velasquez Bobadilla, DTE / Roberto Carlos Aleman Lopez, OAP / Stefania Olivera Rios, DTE / Vicente Edilson Leal Moreno, DTE / Yuly Caterin Diaz Jimenez, DTE /
Validado por	Isauro Cabrera Vega, OAP Validado el 2019-12-16
Revisado por	Joanny Camelo Yopez, DTE Revisado el 2019-12-16
Aprobado por	Diana Maria Ramirez Morales, SGDU Aprobado el 2019-12-19

¹El alcance de participación en la elaboración de este documento corresponde a las funciones del área que representan

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO

CONTENIDO

		Pág.
533.1	ALCANCE	3
533.2	MATERIALES	3
533.3	DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO	7
533.4	EQUIPO	8
533.5	REQUERIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	8
533.6	CONDICIONES DE ENTREGA PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS	13
533.7	MEDIDA	16
533.8	FORMA DE PAGO	16
533.9	ÍTEMES DE PAGO	16

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

533.1 ALCANCE

La presente Especificación tiene como alcance definir los lineamientos para las actividades de suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material granular mejorado con cemento hidráulico, agua, y materiales disgregados de capas asfálticas de pavimentos en servicio o excedentes de una mezcla asfáltica no utilizada (material de pavimento bituminoso reciclado MBR), sobre una superficie preparada, en una o varias capas de base o subbase y bacheos, el cual debe formar parte de la estructura de un pavimento de acuerdo con lo indicado en los documentos del proyecto, ajustándose a las cotas y los alineamientos horizontal y vertical, pendientes y dimensiones indicadas en los planos y a las secciones transversales típicas, dentro de las tolerancias estipuladas y de conformidad con todos los requisitos de la presente Especificación.

La mezcla de material granular, MBR, cemento hidráulico, agua, y eventualmente aditivos, se puede producir en planta o en el sitio, según se indique en los documentos del proyecto.

533.2 MATERIALES

Las capas de material granular mejorado con MBR y cemento hidráulico se definen en función de la calidad de los agregados y las franjas granulométricas, de acuerdo con lo indicado en los numerales 533.2.1.1 y 533.2.1.2 de esta Especificación. Las franjas granulométricas, y las propiedades y parámetros de los agregados a emplear en las capas granulares, se establecen en los documentos técnicos del proyecto, en función de la importancia de la vía, del nivel de tránsito, y del tipo de pavimento.

533.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

533.2.1.1 Requisitos de calidad

Se definen dos clases de capas granulares para bases y subbases mejoradas con MBR y cemento hidráulico, en función de la calidad de los agregados (clases A y B):

- Capas de base granular mejoradas con MBR y cemento hidráulico: Clase A (BG_MBR_CH-A) y Clase B (BG_MBR_CH-B).
- Capas de subbase granular mejoradas con MBR y cemento hidráulico: Clase A (SBG_MBR_CH-A) y Clase B (SBG_MBR_CH-B).

Salvo que los documentos técnicos del proyecto establezcan otra cosa, la correspondencia entre las clases de capas granulares, el tipo de pavimento y las categorías de tránsito debe ser la indicada en la Tabla 510.1 de la Especificación 510 de estas especificaciones.

533.2.1.1.1 Agregados recuperados

Los agregados obtenidos mediante la disgregación de una mezcla asfáltica de un pavimento existente no deben mostrar signos de meteorización, y su calidad debe ser similar a la exigida para los agregados de adición.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

Para la ejecución de los trabajos que son objeto de esta Especificación, no se pueden emplear materiales disgregados provenientes de mezclas abiertas en caliente, de mezclas discontinuas en caliente para capa de rodadura, o de mezclas drenantes. En cambio, se pueden emplear los excedentes de fabricación de una mezcla asfáltica en caliente, de las descritas en la Especificación 620 de estas especificaciones, que no se hayan utilizado en la obra por constituir, por ser sobrantes de la mezcla fabricada o por haber sido rechazados por estar con una temperatura inferior a la de compactación, pero nunca por la baja calidad de sus componentes o de la mezcla misma. Por ningún motivo se debe permitir el empleo de materiales recuperados de pavimentos donde la capa asfáltica hubiera presentado deterioros de los tipos afloramientos de asfalto (exudación), o deformaciones plásticas.

Si se tiene previsto el empleo de materiales provenientes de capas asfálticas con geosintéticos incluidos, o en cuya elaboración se hubieran utilizado adiciones para modificar la reología del ligante asfáltico o el comportamiento mecánico de la mezcla, tales como caucho, fibras, etc., se debe solicitar un estudio ambiental específico, debido a la posibilidad de emisión de contaminantes durante el proceso de elaboración de la nueva mezcla.

El material que se va a reciclar debe ser homogéneo, no contener contaminantes, siendo necesario que se someta a un proceso previo de trituración, eliminación de contaminantes y homogeneización; previo a su uso, se debe caracterizar de acuerdo con los ensayos indicados en la Tabla 510.2 de la Especificación 510 de estas especificaciones.

533.2.1.1.2 Agregados de adición

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste debe cumplir con los requisitos exigidos para base granular o subbase granular indicados en el numeral 510.2.1.1 o el numeral 510.2.1.2 de la Especificación 510 de estas especificaciones, respectivamente; igualmente, la mezcla de los agregados de adición y los agregados de reciclaje debe cumplir con estos requisitos, en las proporciones definidas durante el establecimiento de la fórmula de trabajo, incluyendo el llenante mineral requerido. Salvo que los documentos técnicos del proyecto indiquen otra cosa, para el material de adición se debe emplear material granular de clase A (BG_A, o SBG_A, según el caso).

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el cemento hidráulico tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes. Este análisis se debe realizar de acuerdo con la norma de ensayo ASTM C-295, y se deben describir y clasificar los constituyentes de la muestra de agregado, y determinar sus cantidades relativas, identificar tipos y variedades de rocas, la presencia de minerales química y volumétricamente inestables o reactivos, grado de meteorización o alteración, nivel de porosidad y posible presencia de contaminantes en los agregados presentándolo en porcentajes. Se debe establecer un concepto sobre la forma de adherencia posible del cemento hidráulico con el agregado en relación a la acidez de los materiales y el tipo de cemento a usar. La verificación de la compatibilidad química del agregado de aporte, el existente y el cemento es responsabilidad del Contratista de Obra.

El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no puede ser mayor de setenta y dos (72).

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

% Pasa tamiz No. 200 · IP ≤ 72

En caso de que esta condición no se cumpla, se debe realizar un pretratamiento con cal, cemento u otro ligante cuyo diseño debe ser presentado por el Contratista de Obra y aprobado por el Interventor.

Las características de los agregados pétreos empleados en la construcción de una capa de base o subbase granular mejorada con MBR y cemento hidráulico, deben cumplir los requisitos que se indican en las tablas 510.2 y 510.3 de la Especificación 510 de estas especificaciones; adicionalmente deben cumplir con las características químicas en Tabla 533.1 de esta Especificación. En el caso de mejoramiento de materiales granulares del sitio, las características de éstos son las indicadas en los documentos técnicos y/o especificaciones particulares del proyecto.

Tabla 533.1

Características químicas de los agregados para capas de material granular mejorado con MBR y cemento hidráulico

Ensayo	Norma de Ensayo	Todas las Clases de Material Granular para mejorar con cemento
Contenido de Sulfatos, SO ₄ ²⁻ , % máximo	INV E-233-13	0.5
Reactividad Alkali - Agregado: - Concentración SiO ₂ y reducción alcalinidad R	INV E-234-13	SiO ₂ < R cuando R ≥ 70 SiO ₂ < 35 + 0,5R cuando R < 70

En lo particular, se debe dar cumplimiento a lo indicado en el numeral 500.2.1 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.2.1.2 Granulometría

El material granular mejorado con MBR y cemento hidráulico debe cumplir con alguna de las granulometrías en la Tabla 510.4 de la Especificación 510 de estas especificaciones, determinadas según la norma de ensayo INV E-213-13, y se debe dar cumplimiento en lo dispuesto en el numeral 510.2.2 de la Especificación 510 de estas especificaciones. La granulometría por cumplir en cada caso se establece en los documentos del proyecto.

533.2.2 Cemento hidráulico

Los documentos del proyecto deben indicar el tipo de cemento hidráulico por emplear en la construcción de capas granulares mejoradas con MBR y cemento hidráulico. El cemento hidráulico para el mejoramiento debe ser cemento hidráulico adicionado, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 230.1 de la Especificación 230 de estas especificaciones. Cuando existan cantidades peligrosas de sulfatos en los materiales por mejorar, se debe emplear un cemento hidráulico resistente a ellos.

533.2.3 Agua

El agua que se emplee durante todo el proceso de fabricación y curado, de las capas granulares de bases y subbases mejoradas con MBR y cemento hidráulico, debe cumplir con los requisitos de la norma NTC 3459. En todos los casos, debe ser limpia y libre de aceites, ácidos, azúcar, materia

533-18

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

orgánica, y cualquier otra sustancia perjudicial a la capa terminada. En general, se considera adecuada el agua que sea potable.

En el caso en que la mezcla sea realizada en obra, el Contratista de Obra debe garantizar el uso de agua que cumpla con los requisitos descritos en la Tabla 533.2.

Tabla 533.2
Requisitos del agua para la elaboración de granulares mejorados con MBR y cemento hidráulico

Ensayo	Norma de Ensayo	Requisito
pH, mínimo	ASTM D 1293	5
Sulfatos (SO ₄), máximo	ASTM D516	1 g/l – 1000 ppm
Ion Cloruro Cl-	ASTM D512	1 g/l – 1000 ppm
Sólidos totales por masa	ASTM C1603	5000 ppm

ppm: partes por millón.

Adicionalmente, para probar el agua utilizada en las capas granulares de bases y subbases mejoradas con MBR y cemento hidráulico, y mezcladas en obra, se deben realizar dos (2) series de ensayos sobre morteros, así: uno con agua que se desea emplear, y otro con agua calificada (destilada). Se deben cumplir los requisitos indicados en la Tabla 533.3.

Tabla 533.3
Requisitos de los granulares mejorados con MBR y cemento hidráulico

Ensayo	Norma de Ensayo	Requisito
Resistencia a Compresión, % mínimo de la resistencia de mortero con agua destilada	NTC 220	90
Tiempo de Fraguado, desviación máxima respecto del tiempo de control (horas: minutos)	ASTM C403	de 1:00 inicial a 1:30 final

En caso de utilizar agua reciclada, el contenido equivalente de álcalis expresado como $Na_2O + 0,658 K_2O$, no debe superar 600 ppm. Para su determinación, pueden utilizarse las normas de ensayo ASTM C114, ASTM D4191 y ASTM D4192. Además, en este caso, el valor de la densidad del agua reciclada no debe superar 1.3 g/cm³, y la densidad del agua total no debe superar el valor de 1.1 g/cm³.

533.2.4 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para mejorar la trabajabilidad de la mezcla, o para mejorar sus características mecánicas.

Así mismo, el Contratista de Obra puede poner a consideración del Interventor, el empleo de aditivos con los mismos propósitos; en particular, el empleo de retardadores de fraguado para prolongar el tiempo de trabajo de la mezcla.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

En todos los casos, los aditivos que se empleen deben cumplir los requerimientos de la Especificación ASTM C 494; además, el Contratista de Obra debe realizar los ensayos que demuestren el cumplimiento de su función según lo previsto en el diseño o la fórmula de trabajo.

533.3 DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

En adición a lo descrito en el numeral 500.3 de la Especificación 500, se debe tener en cuenta lo que se indica a continuación.

533.3.1 Densidad máxima de referencia

La densidad máxima de referencia para la construcción de las capas de material granular mejorado con MBR y cemento, debe ser determinada a partir de la energía de referencia para la compactación. La energía de referencia debe ser establecida en los documentos técnicos del proyecto, en función del tipo de material granular por tratar, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento, de la posición de la capa dentro de la estructura del pavimento. La densidad máxima de referencia y la humedad óptima, se deben determinar siguiendo la norma de ensayo INV E-611-13 (Relaciones humedad–densidad de mezclas de suelo cemento), y teniendo en cuenta las modificaciones a la energía de compactación presentadas en la Tabla 533.4; el ajuste en la norma de ensayo INV E-611-13 se refiere al cambio del molde, el martillo, el número de capas, y el número de golpes por capa.

Tabla 533.4
Densidad máxima de referencia para la construcción de materiales capas granulares mejorados con MBR y cemento hidráulico

Característica	Norma de Ensayo	Clase de Material Granular para tratar con cemento	
		BG_CH-B o SBG_CH-B	BG_CH-A o SBG_CH-A
Energía de compactación, kN-m/m ³	Nota 1	600	2700
Volumen Molde, cm ³	INV E-148-13 (Nota 2)	3243	3243
Masa del Martillo, N	Nota 3	44.48	44.48
Altura caída del Martillo, mm	Nota 3	457	457
Número de capas	-	7	7
Golpes por capa	-	13	61

- (1) Los ensayos de referencia para la energía de compactación son los correspondientes a las normas de ensayo INV E-141-13 para la energía de 600 kN-m/m³, y INV E-142-13 para la energía de 2700 kN-m/m³.
- (2) El molde de 3243 cm³ corresponde a la norma de ensayo INV E-148-13 (CBR de suelos compactados en el laboratorio y sobre muestra inalterada), sin el disco espaciador o falso fondo; sus dimensiones son: 152.4 mm ± 0.66 mm (6" ± 0.026") de diámetro interior, y 177.8 mm ± 0.46 mm (7" ± 0.018") de altura. Se debe usar con una base sin perforaciones, como la que se emplea para la realización del ensayo de compactación modificado (método C de la norma de ensayo INV E-142-13).
- (3) El martillo metálico para la compactación corresponde a la norma de ensayo INV E-142-13 (Relaciones de humedad-peso unitario en los suelos (ensayo modificado de compactación), con una masa de 4.5364 kg ± 0.009 kg (10 lb ± 0.02 lb), y debe estar provisto de una camisa guía apropiada que controle la altura de la caída del golpe desde una altura libre de 457.2 mm ± 1.3 mm (18" ± 0.05").

Los controles de compactación se deben efectuar comparando las densidades obtenidas en el terreno contra la densidad máxima de referencia obtenida en laboratorio con la energía de referencia.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

533.3.2 Diseño de la mezcla

El contenido mínimo de cemento hidráulico en capas construidas de material granular mejorado con MBR y cemento hidráulico debe ser aquel que permita registrar pérdidas no superiores al 14% sobre probetas compactadas de la mezcla, sometidas a la prueba de durabilidad (humedecimiento y secado), según la norma de ensayo INV E-612-13. En cualquier caso, dicho contenido no debe ser inferior al tres por ciento (3%) en peso, respecto del total del material granular seco.

533.3.3 Comprobación del diseño

El diseño de la mezcla debe ser comprobado con base en los criterios establecidos en la Tabla 533.5.

Tabla 533.5
Resistencias mínimas y máximas de mezclas de materiales granulares mejorados con MBR y cemento hidráulico

Característica	Norma de Ensayo	Clase de material granular a tratar con cemento hidráulico	
		BG_CH-B o SBG_CH-B	BG_CH-A o SBG_CH-A
Resistencia a la compresión a 7 días, mínimo MPa (Nota 1)	INV E-614-13	2.5	4.5

(1) Resistencia a la compresión simple.

533.4 EQUIPO

El equipo mínimo para la adecuada ejecución de los trabajos debe estar conformado por:

- Equipo de transporte.
- Equipo de escarificación (si está prevista la utilización de la capa existente en la vía).
- Equipo para la producción de la mezcla en sitio (máquina estabilizadora).
- Equipo para la extensión y conformación de los materiales.
- Equipo de compactación.
- Equipo de prefisuración (se utiliza el mismo equipo de compactación).
- Equipo accesorio requerido para realizar todas las operaciones de cargue que necesite la ejecución de esta partida de trabajo.

Se debe dar cumplimiento a todo lo que aplique de lo indicado en los numerales 500.4.3 y 500.4.4 de la Especificación 500 de estas especificaciones, adicional a lo siguiente.

533.5 REQUERIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

533.5.1 Tramo experimental

Al respecto aplica todo lo indicado en el numeral 500.5.1 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

533.5.2 Materiales

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente en la Especificación 102 de estas especificaciones.

533.5.3 Preparación de la superficie existente

Al respecto aplica todo lo indicado en el numeral 500.5.2 de la Especificación 500 de estas especificaciones; adicionalmente, si la colocación de la mezcla requiere riegos previos de imprimación o de liga, ellos se deben efectuar conforme lo establecen las especificaciones 610 y 611, respectivamente, de las presentes especificaciones.

533.5.4 Transporte de materiales

Aplica todo lo indicado en el numeral 500.5.3 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.5.5 Fabricación de la mezcla

533.5.5.1 Mezcla en planta

Se debe comenzar mezclando los materiales granulares y el cemento hidráulico, añadiéndose posteriormente el agua y los aditivos, que deben ir disueltos en aquella. La cantidad de agua añadida a la mezcla es la necesaria para alcanzar la humedad fijada en la fórmula de trabajo, teniendo en cuenta la existente en el material granular, así como la variación del contenido de agua que se pueda producir por evaporación durante el transporte y la ejecución de los trabajos. La mezcla se debe proseguir hasta obtener la completa homogenización de los componentes de la mezcla, dentro de las tolerancias fijadas.

Adicionalmente aplica todo lo indicado en el numeral 500.5.4 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.5.6 Mezcla en el sitio

533.5.6.1 Pulverización y homogenización del agregado

En caso de requerirse, el agregado por mejorar debe ser pulverizado con el equipo aprobado por el Interventor para este fin; operación que se puede realizar simultáneamente con la adición de cemento, siempre y cuando la homogeneidad obtenida sea satisfactoria. Esta labor se debe ejecutar en el ancho y espesor suficientes que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

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, éstos deben haber sido 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 mezcla material de aporte con material del sitio, situación en la cual se puede efectuar la mezcla en el sitio. En caso de que sea necesario humedecer

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Contratista de Obra debe emplear el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique a la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material.

Una vez pulverizado y homogenizado, el agregado granular debe conformarse a la sección transversal aproximada de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

533.5.6.2 Aplicación del cemento hidráulico

El cemento hidráulico puede aplicarse en bolsas o a granel. En cualquier caso, se debe esparcir sobre el agregado pulverizado 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 mejorar. Durante la aplicación del cemento hidráulico, la humedad del suelo no puede ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla homogénea del suelo con el cemento hidráulico. Sobre el cemento hidráulico esparcido sólo se permite el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material granular.

El cemento hidráulico sólo puede ser extendido en la superficie que pueda quedar tratada y compactada en la jornada de trabajo.

533.5.6.3 Elaboración de la mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento hidráulico, se debe efectuar la mezcla, empleando el equipo aprobado, en todo el espesor establecido en los planos u ordenado por el Interventor. La comprobación de la dosificación en campo se puede comprobar empleando la norma INV E-810-13 El número de pasadas depende del equipo utilizado y es el necesario para garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se defina en la fase previa de experimentación. En caso de que se requiera, se debe añadir el agua faltante y continuar mezclando hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad. La humedad de la mezcla debe ser la óptima del ensayo Proctor modificado (norma de ensayo INV E-142-13), con una tolerancia de más o menos uno por ciento ($\pm 1\%$).

533.5.7 Transporte de la mezcla

Para el transporte de la mezcla fabricada en planta, al sitio de colocación, se deben tomar las debidas precauciones para reducir al mínimo la segregación y las variaciones de humedad.

533.5.8 Colocación y extensión de la mezcla

Siempre que sea posible, el material granular mejorado con MBR y cemento hidráulico se debe extender en el ancho completo de la vía. De no ser posible, el material se debe extender por franjas longitudinales cuyo ancho es al menos el de un carril, comenzando por el borde inferior. El ancho de las franjas de extensión es 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, el eventual mantenimiento de la circulación vehicular y las características de los equipos de extensión y de producción de la mezcla.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

En el caso que deban colocarse varias capas, se debe garantizar la adecuada liga entre éstas, y la capa inferior debe mantenerse húmeda hasta que se coloque la capa superior.

533.5.9 Compactación

En adición a lo descrito en el numeral 500.5.6 de la Especificación 500 de estas especificaciones, se debe tener en cuenta lo que se indica a continuación.

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 granular mejorada. En caso de que ella se produzca, debe ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta, siempre y cuando el espesor reducido resultante cumpla con las tolerancias establecidas en el numeral 533.6.2.4; si después de eliminar esa costra el espesor resultante no cumple con estas tolerancias, el tramo de capa granular mejorada debe ser removido y reconstruido.

Los trabajos de compactación deben ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla o el tiempo indicado por el diseñador. La compactación se debe realizar de manera continua y sistemática.

Una vez terminada la compactación, la superficie debe mantenerse húmeda hasta que se aplique el riego de curado.

533.5.10 Prefisuración

Cuando el contenido de cemento sea mayor a siete por ciento (7%), se debe efectuar una prefisuración de las capas granulares mejoradas con MBR y cemento; ésta consiste en microfisurar la capa granular mejorada haciendo uso del compactador. La necesidad de efectuar la prefisuración depende de factores tales como el tipo de rodadura, la resistencia del material tratado con cemento hidráulico, y el tipo de medidas que eventualmente contemple el proyecto para evitar y controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la capa tratada con cemento deteriore el pavimento.

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.

533.5.11 Juntas de trabajo

Se deben disponer juntas de trabajo transversales cuando el proceso constructivo se interrumpa por más de dos horas desde iniciada la mezcla, y siempre al final de cada jornada. Así mismo, si la capa granular mejorada no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deben disponer también, mediante un procedimiento aceptable para el Interventor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

Las juntas de trabajo se deben realizar de forma que su borde quede perfectamente vertical, aplicando a dicho borde el tratamiento que ordene el Interventor; este tratamiento puede consistir en la aplicación de una lechada de cemento hidráulico inmediatamente antes de construir la franja adyacente.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

533.5.12 Terminado

Aplica todo lo indicado en el numeral 500.5.7 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.5.13 Curado de la capa compactada

Una vez terminada la conformación, compactación y prefisuración de la capa granular mejorada con MBR y cemento hidráulico, se debe colocar la capa lo antes posible; en caso contrario, ésta se debe proteger contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1 o cualquier otro producto determinado por el diseñador, conforme se establece en la Especificación 612 de las presentes especificaciones. Desde el momento de la terminación de la capa hasta la aplicación de la película bituminosa o el producto curador, la superficie de la capa granular mejorada con MBR y cemento hidráulico debe mantenerse en condiciones húmedas.

En el momento de colocar la capa o aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro (24) horas después de terminada la compactación, la superficie de la capa granular mejorada debe presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que garantice un curado adecuado.

533.5.14 Capas granulares para actividades de nivelación

Aplica todo lo indicado en el numeral 500.5.9 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.5.15 Apertura al tránsito

La capa puede abrirse al tránsito después de un (1) día de terminada la compactación. Durante los primeros siete días (7) 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.

533.5.16 Limitaciones en la ejecución

En adición a lo descrito en el numeral 500.5.10 de la Especificación 500 de estas especificaciones, se debe tener en cuenta lo que se indica a continuación.

No se permite la realización de labores de construcción de capas granulares mejoradas con MBR y cemento hidráulico cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C). En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia, la mezcla se puede compactar siempre y cuando la humedad no supere en más de uno por ciento (1%) la humedad óptima de compactación; si esta humedad es superada, el Contratista de obra debe, a su costa, retirar la mezcla afectada, y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor, sin costo para el Instituto de Desarrollo Urbano.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

533.5.17 Aspectos ambientales

Al respecto aplica todo lo indicado en el numeral 500.5.11 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.5.18 Conservación de la obra ejecutada

Aplica todo lo indicado en el numeral 500.5.12 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.6 CONDICIONES DE ENTREGA PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

533.6.1 Controles generales

En caso de que la mezcla se elabore en sitio, el Interventor debe comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en el numeral 533.2 de la presente Especificación. Adicionalmente se debe tener en cuenta todo lo que aplique de lo indicado en el numeral 500.6.1 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.6.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Aplica todo lo indicado en el numeral 500.6.2 de la Especificación 500 de estas especificaciones; adicionalmente, se deben tener en cuenta los controles que se presentan a continuación.

533.6.2.1 Control de producción de la mezcla

En caso de que la mezcla se elabore en planta, el Contratista de Obra debe entregar al Interventor el informe de sustentación del diseño de la mezcla elaborada en planta que entrega el productor de la misma, dónde se acredita su cumplimiento de acuerdo con la Especificación correspondiente; la mezcla debe cumplir con los controles de calidad indicados a continuación. Además, debe cumplir con los lineamientos establecidos en el numeral 500.6.2.1 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

En caso de que la mezcla se elabore en sitio, el Contratista de Obra debe realizar los controles de calidad sobre los materiales a utilizar indicados en el numeral 500.6.2.1 de la Especificación 500 de estas especificaciones, y entregar al Interventor el informe de la fórmula de trabajo de los granulares mejorados con cemento hidráulico y adicionados con MBR que va a fabricar, de acuerdo con lo indicado en el numeral 500.3.2 de la Especificación 500 de estas especificaciones. Adicionalmente, la mezcla debe cumplir con los controles de calidad indicados a continuación.

En todo caso, la mezcla debe cumplir con los controles de calidad indicados a continuación.

533.6.2.1.1 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

Los agregados pétreos y el llenante mineral deben cumplir con lo indicado en el numeral 533.2.1 de esta Especificación.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

533.6.2.1.2 Calidad del cemento hidráulico

El cemento hidráulico debe cumplir con lo indicado en el numeral 533.2.2 de esta Especificación.

Por ningún motivo se debe permitir el empleo del cemento hidráulico endurecido, mal almacenado o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

533.6.2.1.3 Calidad del agua

El agua debe cumplir con lo indicado en el numeral 533.2.3 de esta Especificación.

533.6.2.1.4 Calidad de aditivos y productos de curado

Los aditivos, en el caso de su eventual uso, deben cumplir con lo indicado en el numeral 533.2.4 de esta Especificación.

533.6.2.2 Control de composición de la mezcla

El Contratista de Obra y el Interventor deben efectuar las verificaciones mínimas periódicas de la calidad sobre la mezcla de materiales granulares mejorados con MBR y cemento hidráulico indicadas en la Tabla 533.6.

Tabla 533.6
Ensayos de verificación mínimos sobre la mezcla granular mejorado con MBR y cemento hidráulico

Ensayo	Norma de Ensayo	Cantidad y frecuencia de ensayos por obra realizada		Criterio de aceptación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación individual
Composición					
Humedad (Nota 1)	INVE-122-13	4 cada 800 m ²	2 cada 800 m ²	± 1.0%	± 1.0%
Contenido de cemento (Nota 2)	INVE-617-13	3 cada 800 m ²	2 cada 800 m ²	± 0.3%	± 0.5%
Granulometría	INVE-782-13	2 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	NA	(Nota 3)

NA No Aplica.

- (1) La variación del promedio de los resultados para determinar el contenido de humedad se debe evaluar respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo, y el de cada ensayo individual respecto al valor promedio.
- (2) La variación del promedio de los resultados para determinar el contenido de cemento se debe evaluar respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo, y el de cada ensayo individual respecto al valor promedio.
- (3) Las curvas obtenidas deben encontrarse dentro de los límites y tolerancias indicados en el numeral 533.2.1.2 de la presente Especificación.

Igualmente, el Interventor debe inspeccionar el aspecto de la mezcla, tanto para producción en planta como para producción en el sitio, rechazándose todas las mezclas segregadas y heterogéneas. Para producción en planta, esta verificación se debe efectuar en cada vehículo de transporte.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

533.6.2.3 Control de calidad de la mezcla

El Contratista de Obra y el Interventor deben efectuar las verificaciones mínimas periódicas de la calidad sobre la mezcla de granulares mejorados con MBR y cemento hidráulico, indicadas en la Tabla 533.7.

Tabla 533.7

Ensayos de verificación sobre probetas de granular mejorado con MBR y cemento hidráulico

Ensayo	Norma de Ensayo	Cantidad y frecuencia de ensayos por obra realizada		Criterio de aceptación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación individual
Resistencia (Nota 1)	INV E-614-13	2 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	$\geq 92\% \cdot R_d$	$\geq 90\% \cdot R_m$

- (1) Resistencia a la compresión simple. El valor mínimo del promedio de los resultados para determinar la resistencia a la compresión a los siete (7) días se debe evaluar respecto a la resistencia correspondiente al del diseño R_d en la fórmula de trabajo, y el de cada ensayo individual respecto al valor promedio R_m .

533.6.2.4 Control de calidad de la capa terminada

El Contratista de Obra y el Interventor deben efectuar las verificaciones mínimas periódicas del producto terminado indicadas en la Tabla 533.8.

Tabla 533.8

Ensayos mínimos de verificación sobre la capa de granular mejorado con MBR y cemento hidráulico

Ensayo	Norma de Ensayo	Cantidad y frecuencia de ensayos por obra realizada		Criterio de aceptación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación individual
Densidad (Nota 1)	INVE-161-13 INVE-162-13 INVE-164-13	5 cada 800 m ²	2 cada 800 m ²	$\geq 0.98 \cdot D_e$	NA
Prueba de placa (Nota 2)	INV E-168-13	1 cada 1600 m ²	1 cada 1600 m ²	NA	$\geq 98\%$
Espesor (Nota 3)	-	5 cada 800 m ²	2 cada 800 m ²	$\geq 1.00 \cdot e_d$	$\geq 0.90 \cdot e_d$
Planicidad	INVE-793-13	12 cada 800 m ²	6 cada 800 m ²	NA	± 10 mm

NA No Aplica.

- La variación del promedio de los resultados para determinar la densidad D_m se debe evaluar respecto a la densidad específica máxima en el diseño óptimo D_e indicado en el diseño de la mezcla, y el de cada ensayo individual D_i respecto al valor promedio D_m .
- El ensayo de prueba de placa se debe realizar si es requerido en el diseño. El valor mínimo de los resultados para determinar el módulo de reacción de la capa compactada se debe evaluar respecto al valor determinado en el diseño.
- La variación del promedio de los resultados para determinar el espesor e_m , al igual que el de cada ensayo individual, se deben evaluar respecto al espesor de diseño e_d indicado en los documentos del proyecto.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
533-18	RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON CEMENTO HIDRÁULICO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

533.7 MEDIDA

Aplica todo lo indicado en los numerales 500.7.2 y 500.7.3 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.8 FORMA DE PAGO

Aplica todo lo indicado en el numeral 500.8 y de la Especificación 500 de estas especificaciones.

533.9 ÍTEMS DE PAGO

533.9.1	Capa de Base Granular mejorada con MBR y cemento hidráulico clase BG_MBR_CH- mezclada en planta	Metro cúbico (m ³)
533.9.2	Capa de Subbase Granular mejorada con MBR y cemento hidráulico clase SBG_MBR_CH- mezclada en planta	Metro cúbico (m ³)
533.9.3	Capa de Base Granular mejorada con MBR y cemento hidráulico clase BG_MBR_CH- mezclada en sitio	Metro cúbico (m ³)
533.9.4	Capa de Subbase Granular mejorada con MBR y cemento hidráulico clase SBG_MBR_CH- mezclada en sitio	Metro cúbico (m ³)
533.9.5	Bacheo con Base Granular mejorada con MBR y cemento hidráulico clase BG_MBR_CH- mezclada en planta	Metro cúbico (m ³)
533.9.6	Bacheo con Subbase Granular mejorada con MBR y cemento hidráulico clase SBG_MBR_CH- mezclada en planta	Metro cúbico (m ³)
533.9.7	Bacheo con Base Granular mejorada con MBR y cemento hidráulico clase BG_MBR_CH- mezclada en sitio	Metro cúbico (m ³)
533.9.8	Bacheo con Subbase Granular mejorada con MBR y cemento hidráulico clase SBG_MBR_CH- mezclada en sitio	Metro cúbico (m ³)

NOTAS:

Se debe elaborar un ítem de pago diferente para cada clase de capa granular mejorada con cemento hidráulico que forme parte del contrato.