

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
<b>ET-IC-01</b>		<b>4</b>	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
<b>532-18</b>	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	<b>1</b>	
<b>PROCESO</b> <b>INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO</b>			

### Control de Revisiones

Versión	Revisión	Fecha	Descripción Modificación	Folios
4	1	2019-12-19	Generada a partir de la sección 451-11 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



532-18

<b>Participaron en la elaboración<sup>1</sup></b>	<b>Gabriel Alejandro Vargas Yaver, 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 /</b>
<b>Validado por</b>	<b>Isauro Cabrera Vega, OAP Validado el 2019-12-16</b>
<b>Revisado por</b>	<b>Joanny Camelo Yopez, DTE Revisado el 2019-12-16</b>
<b>Aprobado por</b>	<b>Diana Maria Ramirez Morales, SGDU Aprobado el 2019-12-19</b>

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

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

## RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO

### CONTENIDO

		Pág.
532.1	ALCANCE	3
532.2	MATERIALES	3
532.3	DISEÑO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO	6
532.4	EQUIPO	7
532.5	REQUERIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	8
532.6	CONDICIONES DE ENTREGA PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS	13
532.7	MEDIDA	16
532.8	FORMA DE PAGO	16
532.9	ITEM DE PAGO	16

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

## 532.1 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 asfalto espumado, 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, 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 MBR, material granular, asfalto espumado, agua y eventualmente aditivos, se debe producir en el sitio.

## 532.2 MATERIALES

Las capas de material granular mejorado con MBR, asfalto espumado y agua se definen en función de la calidad de los agregados y las franjas granulométricas, de acuerdo a lo indicado en los numerales 532.2.1.1 y 532.2.1.2 de esta Especificación. Las franjas granulométricas, y las características de los agregados a emplear en las capas granulares, se deben establecer en los documentos técnicos del proyecto, en función de la importancia de la vía, del nivel de tránsito, y del tipo de pavimento.

### 532.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral

Los agregados pétreos para la elaboración de la mezcla reciclada pueden tener dos (2) procedencias, así: los recuperados de capas asfálticas o excedentes de una mezcla asfáltica no utilizada (MBR), y los requeridos como adición para corregir la gradación y garantizar la calidad de la mezcla.

#### 532.2.1.1 Requisitos de calidad

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

- Capas de base granular mejoradas con MBR y asfalto espumado: Clase A (BG\_MBR\_AE-A) y Clase B (BG\_MBR\_AE-B).
- Capas de subbase granular mejoradas con MBR y asfalto espumado: Clase A (SBG\_MBR\_AE-A) y Clase B (SBG\_MBR\_AE-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.

Las características de los agregados pétreos empleados en la construcción de una capa granular mejorada con MBR y asfalto espumado, deben cumplir los requisitos que se indican en las tablas 510.2

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

y 510.3 de la Especificación 510 de estas especificaciones. 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.

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

#### **532.2.1.1.1 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.

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.

#### **532.2.1.1.2 Agregados de adición**

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación y/o garantizar la calidad de la mezcla, 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).

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

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 ligante 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 asfalto con el agregado en relación a la acidez de los materiales y el tipo de asfalto a usar. La verificación de la compatibilidad química del agregado de aporte, el existente y el ligante 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).

$$\% \text{ Pasa tamiz No. 200} \cdot IP \leq 72$$

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.

### 532.2.1.2 Granulometría

El material granular mejorado con MBR y asfalto espumado debe cumplir con alguna de las granulometrías en la Tablas 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.

### 532.2.2 Ligante asfáltico

Las capas de material granular mejoradas con MBR y asfalto espumado se pueden fabricar con un asfalto de tipo CA 8, compatible con los agregados pétreos, el cual debe cumplir con lo especificado en la Tabla 200.1 de la Especificación 200 de estas especificaciones. Si se requiere un cemento asfáltico de diferentes características, este debe ser objeto de una Especificación particular. En todo caso, se debe utilizar un asfalto que aporte calidad de la espuma que éste logre desarrollar, la cual está relacionada con la dispersión del asfalto en la mezcla.

### 532.2.3 Llenantes activos

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, y deben ser las requeridas en la correspondiente Especificación. Si se requiere un llenante no incluido en las presentes Especificaciones, debe ser objeto de una especificación particular. En ocasiones también se adicionan llenantes con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica.

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

### 532.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto

Cuando se requieran, deben ser propuestos por el Contratista de Obra, y su tipo y dosificación deben asegurar el cumplimiento del requisito de resistencia conservada de la mezcla que se indica en el numeral 532.3.2 de esta Especificación. Así mismo, el Contratista de Obra debe garantizar que su incorporación no debe producir ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico, o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del pavimento que se derive del empleo del aditivo es de responsabilidad exclusiva del Contratista de Obra, quien debe efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor o del Instituto de Desarrollo Urbano. En todo caso, el aditivo mejorador de adherencia debe cumplir con lo indicado en la Especificación 210 de estas especificaciones.

### 532.2.5 Agua

El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos, debe ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales que dificulten el proceso de mezclado y el curado de la mezcla. Puede ser agua potable; si no lo es, debe cumplir lo indicado en la Tabla 532.1.

**Tabla 532.1**

#### Requisitos del agua para la elaboración de granulares mejorados con MBR y asfalto espumado

Ensayo	Norma de Ensayo	Requisito
pH	ASTM D 1293	5.5 - 8.0
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ), expresado como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> , g/l máximo	ASTM D 516	1.0

### 532.3 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.

#### 532.3.1 Diseño de la mezcla

El diseño del material granular mejorado con MBR y asfalto espumado, para establecer el contenido óptimo de asfalto, se debe realizar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-785-13, y se debe cumplir lo indicado en la Tabla 532.2.

**Tabla 532.2**  
**Criterios de diseño de la mezcla**

Ensayo	Norma de Ensayo	Valor
Relación de expansión, mínimo	INV E-785-13	10
Vida media, segundos mínimo	INV E-785-13	10
Resistencia de probetas curadas en seco, kPa mínimo (Nota 1)	INV E-725-13	250
Resistencia conservada tras curado húmedo, % mínimo (Nota 2)	INV E-725-13	50

(1) Resistencia de probetas curadas en seco en ensayo de tracción indirecta.

(2) Resistencia conservada en ensayo de tracción indirecta.

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b>			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

El porcentaje óptimo de ligante residual es aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, consiga el valor máximo de resistencia tras curado húmedo.

### 532.3.2 Comprobación del diseño

El diseño de la mezcla debe ser comprobado con base en los criterios establecidos en la Tabla 532.3, adicional a lo indicado en el numeral 600.3.4 de la Especificación 600 de estas especificaciones.

**Tabla 532.3**  
**Criterios de comprobación del diseño volumétrico de la mezcla**

Ensayo	Norma de Ensayo	Valor
Adherencia, % mínimo (Nota 1)	INV E-725-13	50
Módulo Resiliente, MPa mínimo (Nota 2)	INV E-749-13	(Nota 3)

- (1) Resistencia conservada en ensayo de tracción indirecta.
- (2) Este ensayo es opcional según lo establecido en los documentos del contrato.
- (3) Los documentos del contrato pueden establecer la necesidad de efectuar ensayos de módulo resiliente, y fijar valores mínimos o máximos para ellas; en este caso, se deben utilizar equivalencias internacionalmente comprobadas entre los resultados de los ensayos.

### 532.4 EQUIPO

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

- Planta portátil de laboratorio para diseño de mezclas.
- Equipo accesorio para compactación de probetas.
- Equipo de transporte.
- Equipo para la producción de la mezcla en sitio (máquina estabilizadora).
- Equipo para la extensión y conformación de la mezcla.
- 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 500.4.6 de la Especificación 500 de estas especificaciones, adicional a lo siguiente.

#### 532.4.1 Equipo para la disgregación del pavimento existente y mezcla de los materiales

Las labores de disgregación del pavimento existente y de mezcla adecuada de todos los ingredientes hasta su completa homogenización, se deben ejecutar por medio de una máquina recicladora autopropulsada.

La recicladora debe ser capaz de disgregar el pavimento hasta la profundidad mostrada en los planos en una sola pasada, manteniendo una profundidad y ancho constante y un perfil uniforme. Debe poder producir la gradación requerida.

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

La recicladora debe tener la posibilidad de introducir los aditivos líquidos de manera uniforme y precisa. Además, debe estar equipada con un tacómetro acoplado al control de la bomba de caudal variable, que asegure que el ligante sólo es adicionado cuando la máquina está en marcha. El sistema de medida debe incluir un totalizador que permita conocer la cantidad de producto bituminoso que se está utilizando en cualquier período y un medidor de caudal que indique la rata instantánea de flujo durante la operación de mezclado.

Los equipos para la recuperación de los materiales del pavimento existente y el proceso mismo de recuperación se encuentran contemplados en la Especificación 700 de estas especificaciones.

#### **532.4.2 Planta portátil de laboratorio para diseño de mezclas**

La planta portátil de laboratorio debe ser capaz de producir asfalto espumado a razón de cincuenta a doscientos gramos por segundo (50 g/s – 200 g/s); el método de producción debe simular de manera muy aproximada el método de producción a escala industrial. La planta debe tener, como mínimo, un recipiente termostáticamente controlado, capaz de contener una masa de diez kilogramos (10 kg) de asfalto a una temperatura entre ciento cincuenta y doscientos cinco grados Celsius (150 °C y 205 °C), con un margen de cinco grados Celsius ( $\pm 5$  °C); debe poseer, además, un dispositivo para el suministro de aire comprimido de baja presión, entre cero y quinientos kilopascales (0 kPa a 500 kPa), con una precisión de veinticinco kilopascales ( $\pm 25$  kPa); también debe disponer de un sistema para la adición de agua fría al asfalto caliente, variable entre cero y cuatro por ciento en masa (0% a 4%), con una precisión de dos décimas ( $\pm 0.2\%$ ). Su diseño debe permitir la descarga directa de la espuma elaborada en el tazón de mezcla de un mezclador de laboratorio accionado por electricidad, con una capacidad de cuando menos diez kilogramos (10 kg).

#### **532.4.3 Equipo accesorio para compactación de probetas en campo.**

Al respecto, aplica el equipo accesorio indicado en la norma de ensayo INV E-785-13.

### **532.5 REQUERIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

#### **532.5.1 Tramo experimental**

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

#### **532.5.2 Materiales**

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

##### **532.5.2.1 Acopio del material por reciclar**

El material disgregado por reciclar puede provenir de la misma obra o encontrarse almacenado por haber sido extraído en otro lugar. Los acopios del material para reciclar deben estar cubiertos, y el

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

tiempo de almacenamiento se debe reducir al mínimo posible para evitar que absorban una cantidad de agua excesiva de la atmósfera.

En el instante de ser descargados los materiales por reciclar en el acopio, se deben descartar todos aquellos que a simple vista, presenten contaminaciones.

Se debe llevar un registro de la procedencia de todas las mezclas bituminosas por reciclar, identificando y acopiando por separado las provenientes de mezclas de los tipos denso, semidenso, y grueso, definidas en la Especificación 620 de estas especificaciones. También, se deben acopiar por separado aquellos materiales para los cuales sea necesario realizar el estudio específico citado en el numeral 532.2.1.1.1 de esta Especificación, hasta que se tome la decisión sobre su aceptación o rechazo.

### 532.5.2.2 Tratamiento del material por reciclar

El material disgregado por reciclar se debe tratar y mezclar para su homogeneización y descontaminación. Para ello, es necesario triturar todos los bloques, de manera que todo el material pase por el tamiz de 25 mm (1") de abertura.

Se debe proceder, también, a la eliminación de cualquier contaminante y, en especial, se debe usar un procedimiento adecuado para la detección y el retiro de elementos metálicos.

Posteriormente, el material debe ser mezclado hasta obtener un producto homogéneo y sin segregaciones.

### 532.5.2.3 Caracterización y acopio del material por reciclar, después de tratado

Una vez tratado el material disgregado por reciclar, se debe disponer en acopios homogéneos. Para que se considere que un acopio es homogéneo, muestras de él se deben someter a los ensayos de extracción de asfalto, granulometría del agregado, penetración y punto de ablandamiento del ligante recuperado, y sus resultados, respecto de los valores promedio encontrados, se deben hallar dentro de los rangos indicados en la Tabla 532.4.

**Tabla 532.4**  
**Tolerancias en el material por reciclar para considerarlo homogéneo**

Característica	Tolerancia respecto de la masa total del material por reciclar
<b>Composición</b>	
Porcentaje que pasa tamiz de 2 mm y mayores (No. 10 y mayores)	± 5.0
Porcentaje que pasa tamices de 425 y 180 µm (No. 40 y No. 80)	± 5.0
Porcentaje que pasa tamiz de 75 µm (No. 200)	+ 2.0
Contenido de asfalto, %	+ 0.5
<b>Caracterización del asfalto recuperado</b>	
Penetración, 0.1 mm	+ 5.0
Punto de ablandamiento, °C	+ 3.0

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

Los diferentes materiales tratados que cumplan los requisitos de homogeneidad se pueden acopiar juntos. Cada acopio homogéneo debe quedar identificado y caracterizado por los resultados de los ensayos citados en la Tabla 532.4, y se puede emplear en la fabricación de la mezcla reciclada con una misma fórmula de trabajo, siempre y cuando los agregados vírgenes también sean homogéneos. Los acopios del material por reciclar, después de tratado, se deben situar en una zona bien drenada y, en caso de que la superficie no sea pavimentada, no se pueden emplear los quince centímetros (15 cm) inferiores de ellos.

### 532.5.3 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.

### 532.5.4 Transporte de materiales

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

### 532.5.5 Disgregación del pavimento existente e incorporación del agregados de adición

Empleando el equipo aprobado durante la fase de experimentación, el Contratista de Obra debe intervenir el pavimento existente en el espesor de diseño o el ordenado por el Interventor, pulverizando la capa bituminosa existente y mezclándola, si es el caso, con parte de la base subyacente y/o con agregados de adición previamente depositados uniformemente sobre el pavimento; como resultado de dicho proceso, el material disgregado y mezclado debe cumplir con la gradación indicada en el numeral 532.2.1.2 de esta Especificación.

Dependiendo de los resultados obtenidos, puede ser necesario que la operación de disgregación del pavimento existente deba ser completada antes de proceder a la adición y mezcla de nuevos materiales.

Todo sobretamaño que no haya sido reducido durante el proceso, debe ser retirado y dispuesto en el sitio que haya autorizado el Interventor. Si el pavimento existente contiene geosintéticos dentro de la profundidad de reciclaje, el Contratista debe hacer los ajustes necesarios en la máquina de manera que éstos sean molidos en pedazos menores que diez centímetros (10 cm); se debe retirar todo pavimento procesado que contenga pedazos de geosintético de tamaño mayor a diez centímetros (10 cm).

Si alguna sección de pavimento pulverizado debe ser abierta temporalmente al tránsito, ésta debe ser previamente compactada y conformada a satisfacción del Interventor.

### 532.5.6 Incorporación de llenantes, agua y producto bituminoso y elaboración de la mezcla

La aplicación de los llenantes activos debe comenzar inmediatamente después de la pulverización del pavimento y su eventual mezcla con el agregado de adición (si se requiere) y antes de incorporar el

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

agua y el ligante asfáltico. Todos los materiales deben ser aplicados uniformemente sobre la superficie por tratar, a las tasas definidas al estudiar la fórmula de trabajo. Añadidos los ingredientes en el orden citado, se debe efectuar su mezcla íntima con el mismo equipo utilizado para la pulverización.

Alternativamente, si la máquina recicladora es capaz de pulverizar el pavimento existente y mezclar simultánea y satisfactoriamente en una sola pasada todos los componentes, los llenantes y el agregado de adición (si se requiere) pueden ser aplicados uniformemente sobre el pavimento inmediatamente antes de su reciclado.

Durante la operación, la máquina recicladora debe aplicar el producto bituminoso de estabilización y el agua requerida para la compactación en las dosificaciones de diseño; la dosificación de ligante puede ser variada dependiendo de las condiciones del pavimento existente, de manera que se garantice en todo momento la obtención de una mezcla que satisfaga los requisitos establecidos en el numeral 532.2.1.2 de esta Especificación.

Si la mezcla requiere aireación previa a la compactación, ella se debe realizar hasta que la mezcla alcance la humedad apropiada. En caso contrario, la mezcla se debe extender en el ancho y espesor definidos en los planos del proyecto u ordenados por el Interventor.

Las operaciones de mezcla se deben realizar en segmentos completos. Cada segmento debe ser mezclado y compactado en la misma jornada de trabajo.

### **532.5.7 Colocación y extensión de la mezcla**

Después de las operaciones de mezcla y eventual transporte, la mezcla se debe extender o perfilar mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y cotas indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. Es posible que los documentos técnicos del proyecto requieran en algunos casos que las mezclas elaboradas en planta deban extenderse con una terminadora asfáltica.

La extensión y compactación manual sólo se permite en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos de extensión y compactación.

Previo a la colocación de una capa de material granular mejorado con MBR y asfalto espumado, es necesaria la aplicación de riegos de imprimación o de liga, efectuándose conforme lo establece la Especificación 610 y 611 de estas especificaciones, respectivamente, debiendo verificar el completo rompimiento de la emulsión.

Se debe reducir al máximo el número de juntas longitudinales empleando franjas de un ancho acorde con la sección transversal y las características del equipo. De igual forma, deben garantizarse capas adecuadamente compactadas, procurando una extensión continua y homogénea, enrasando en forma manual si es necesario.

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

### 532.5.8 Compactación de la mezcla

En adición a lo descrito en el numeral 600.5.11 de la Especificación 600 de estas especificaciones, se debe tener en cuenta lo que se indica a continuación.

La compactación debe comenzar, una vez extendida la mezcla, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos, y se debe continuar mientras la mezcla se halle en condiciones de ser compactada hasta lograr los niveles de densidad especificados en la presente Especificación. Se debe tener cuidado al compactar para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; aquellos que formen los bordes exteriores del pavimento terminado, deben ser chaflanados ligeramente.

La compactación se debe realizar de manera continua durante la jornada de trabajo, y se debe complementar con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar.

La compactación se debe continuar mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada hasta alcanzar los niveles de densidad prescritos en esta Especificación, y se debe concluir con un apisonado final con un equipo liso que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

De ser preciso, se debe efectuar un perfilado final con motoniveladora, con el fin de obtener una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua superficial.

### 532.5.9 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.

### 532.5.10 Terminado

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

### 532.5.11 Limpieza de la capa compactada

Previo al riego de liga y a la colocación de la capa superior, se debe limpiar la superficie de la capa estabilizada, y efectuar los ajustes de niveles y de estructura necesarios.

### 532.5.12 Capas granulares para actividades de renivelación

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

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

### 532.5.13 Apertura al tránsito

La capa puede abrirse al tránsito después de su compactación. Durante 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.

### 532.5.14 Limitaciones en la ejecución

Aplica todo lo indicado en el numeral 500.5.10 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

### 532.5.15 Aspectos ambientales

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

### 532.5.16 Conservación de la obra ejecutada

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

## 532.6 CONDICIONES DE ENTREGA PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

### 532.6.1 Controles Generales

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor debe comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en el numeral 532.2 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.

### 532.6.2 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.

#### 532.6.2.1 Control de producción de la mezcla

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 asfalto espumado 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.

La mezcla debe cumplir con los controles de calidad indicados a continuación.

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

### 532.6.2.1.1 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

Los agregados pétreos y el llenante mineral deben cumplir con lo indicado en el numeral 532.2.1 de esta Especificación.

### 532.6.2.1.2 Calidad del ligante asfáltico

El ligante asfáltico debe cumplir con lo indicado en el numeral 532.2.2 de esta Especificación.

### 532.6.2.1.3 Calidad del llenante activo

El llenante activo, en el caso de su eventual uso, debe cumplir con lo indicado en el numeral 532.2.3 de esta Especificación.

### 532.6.2.1.4 Calidad de los aditivos

Los aditivos, en el caso de su eventual uso, deben cumplir con lo indicado en el numeral 532.2.4 de esta Especificación.

### 532.6.2.2 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 asfalto espumado indicadas en la Tabla 532.5.

**Tabla 532.5**  
**Ensayos mínimos de verificación sobre la mezcla granular mejorado con MBR y asfalto espumado**

Ensayo	Norma de Ensayo	Cantidad y frecuencias de ensayos por obra realizada		Criterio de aceptación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación individual
<b>Composición</b>					
Contenido de asfalto (Nota 1)	INVE-732-13	3 cada 800 m <sup>2</sup>	2 cada 800 m <sup>2</sup>	± 1.0%	± 1.0%
Granulometría	INVE-782-13	2 cada 800 m <sup>2</sup>	1 cada 800 m <sup>2</sup>	NA	(Nota 2)

NA No Aplica.

- (1) La variación del promedio de los resultados para determinar el contenido asfalto se debe evaluar respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo, y el de cada ensayo individual respecto al valor promedio.
- (2) Las curvas obtenidas deben encontrarse dentro de los límites y tolerancias indicados en el numeral 532.2.1.2 de la presente Especificación.

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados de acuerdo a lo indicado en la Tabla 532.5.

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b>			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

Igualmente, el Interventor debe inspeccionar el aspecto de la mezcla en cada vehículo de transporte, rechazándose todas las mezclas segregadas y heterogéneas.

### 532.6.2.3 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 asfalto espumado, indicadas en la Tabla 532.6.

**Tabla 532.6**  
**Ensayos mínimos de verificación sobre probetas de granular mejorado con MBR y asfalto espumado**

Ensayo	Norma de Ensayo	Cantidad y frecuencias de ensayos por obra realizada		Criterio de aceptación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación individual
Susceptibilidad a la humedad (Nota 1)	INVE-725-13	1 cada 800 m <sup>2</sup>	1 cada 800 m <sup>2</sup>	Tabla 532.3	NA
Resistencia de probetas curadas en seco (Nota 2)	INVE-725-13	3 cada 800 m <sup>2</sup>	2 cada 800 m <sup>2</sup>	$\geq 0.90 \cdot R_d$	$\geq 0.80 \cdot R_m$

NA No Aplica.

- (1) Este ensayo se debe realizar cada vez que el Interventor lo considere conveniente.
- (2) Resistencia de probetas curadas en seco en ensayo de tracción indirecta. La variación del promedio de los resultados para determinar la resistencia  $R_m$  se debe evaluar respecto a la resistencia en el diseño óptimo  $R_d$  indicado en el diseño de la mezcla, y el de cada ensayo individual  $R_i$  respecto al valor promedio  $R_m$ .

### 532.6.3 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 532.7.

**Tabla 532.7**  
**Ensayos mínimos de verificación sobre la capa de granular mejorado con MBR y asfalto espumado**

Ensayo	Norma de Ensayo	Cantidad 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	1 cada 800 m <sup>2</sup>	1 cada 800 m <sup>2</sup>	$\geq 0.98 \cdot D_e$	$\geq 0.95 \cdot D_m$
Espesor (Nota 2)	-	1 cada 800 m <sup>2</sup>	1 cada 800 m <sup>2</sup>	$\geq 1.00 \cdot e_d$	$\geq 0.90 \cdot e_d$
Planicidad	INVE-793-13	12 cada 800 m <sup>2</sup>	6 cada 800 m <sup>2</sup>	NA	$\pm 15$ mm

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.</b>	<b>VERSIÓN</b>	
ET-IC-01		4	
<b>Especificación</b>	<b>EMAR</b>	<b>Revisión</b>	
532-18	<b>RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA BASE Y SUBBASE GRANULAR MEJORADA CON ASFALTO ESPUMADO</b>	1	
<b>PROCESO</b> INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

- (1) 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  $D_m$ .
- (2) 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.

### 532.7 MEDIDA

Aplica todo lo indicado en el numeral 500.7.2 de la Especificación 500 de estas especificaciones.

### 532.8 FORMA DE PAGO

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

### 532.9 ITEM DE PAGO

- |         |  |                                |
|---------|--|--------------------------------|
| 532.9.1 | Capa de Base Granular mejorada con MBR y asfalto espumado clase BG_MBR_AE-     | Metro cúbico (m <sup>3</sup> ) |
| 532.9.2 | Capa de Subbase Granular mejorada con MBR y asfalto espumado clase SBG_MBR_AE- | Metro cúbico (m <sup>3</sup> ) |

#### NOTAS:

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