

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

SECCIÓN 451-11

RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO

451.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la disgregación de las capas asfálticas y parte de la base granular de un pavimento existente, de acuerdo con las profundidades de corte señaladas en los documentos del proyecto o indicadas por el Interventor; la eventual adición de nuevos materiales pétreos, agua, mejoradores de adherencia, controladores de rotura, puzolanas y otros elementos de aporte; la incorporación de asfalto espumado, extensión, compactación y curado de los materiales tratados, de acuerdo con los planos del proyecto y las instrucciones del Interventor.

451.2 MATERIALES

451.2.1 Agregados del reciclaje

Los agregados pétreos serán los resultantes de la pulverización mecánica de las capas de pavimento en el espesor indicado en el proyecto y ajustado por el Interventor cuando corresponda. La gradación será definida en los documentos técnicos del proyecto, en función de los materiales por reciclar; si los términos no indican otra cosa, la granulometría será la indicada en la Tabla 451.1.

Tabla 451.1
Reciclaje de pavimento asfáltico en el sitio con asfalto espumado

Tamiz		Porcentaje que
mm	U.S. Standard	Pasa
37.5 mm	1 1/2"	100
25.0 mm	1"	75-100
19.0 mm	3/4"	65-100
9.5 mm	3/8"	45-75
4.75 mm	No.4	30-60
2.00 mm	No 10	20-45
425 µm	No 40	10-30
75 µm	No.200	5-20

451.2.1.1 Agregados de adición

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con las características de material de base granular o de sub-base granular (Sección 400, Tabla 400.3, Clase A ó B). Salvo que los documentos técnicos del proyecto indiquen otra cosa, se empleará material granular de sub-base clase A (SBG_A) para el material de adición.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

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. La verificación de la compatibilidad química del agregado de aporte, el existente y el ligante será responsabilidad del constructor.

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

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

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

451.2.1.2 Materiales bituminosos

Para los reciclajes con cemento asfáltico espumado, el ligante será de penetración 80-100, compatible con los agregados pétreos, el cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en el aparte 200.2.2 de la Sección 200 de las presentes especificaciones. Si se requiere un cemento asfáltico de diferentes características, éste deberá ser objeto de una especificación particular.

En cualquier caso, se prohíbe la adición de fluidificantes ligeros o crudos de petróleo para producir el reblandecimiento del asfalto del pavimento existente.

451.2.1.3 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 Pórtland, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular. La proporción y adecuado diseño para el empleo de llenantes activos deberá ser presentado por el constructor y aprobado por el interventor.

En ocasiones también se adicionan llenantes con el propósito de controlar la rotura de la Asfalto espumado.

451.2.1.4 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto

Cuando se requieran, deberán ser propuestos por el Constructor y su tipo y dosificación deberán asegurar el cumplimiento del requisito de resistencia conservada de la mezcla, que se indica en el numeral 451.3 de esta Sección. Asimismo, el Constructor deberá garantizar que su incorporación no producirá ningún efecto nocivo a los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. Cualquier efecto adverso en el comportamiento del

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

pavimento, que se derive del empleo del aditivo, será de responsabilidad exclusiva del Constructor, quien deberá efectuar todas las reparaciones que requiera la mezcla compactada, de acuerdo con las instrucciones del Interventor o del Instituto de Desarrollo Urbano.

La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán tener la aprobación del Interventor.

451.2.1.5 Agua

El agua requerida para el humedecimiento previo de los agregados pétreos estará libre de materia orgánica y de elementos químicos que dificulten el proceso de mezclado y el curado de la mezcla. Su pH, medido según norma ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 - 8.0) y su contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, no deberá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l). El contenido de sulfatos se determinará de acuerdo con la norma ASTM D-516.

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

El Constructor definirá una "fórmula de trabajo" que deberá cumplir todas las exigencias establecidas en la presente Sección. El Constructor elaborará un informe detallado para aprobación del Interventor, en el cual presentará y sustentará la mezcla que pretende colocar en la obra, incluyendo la evaluación de los agregados (material molido y de adición), del llenante activo, del ligante asfáltico y de la fórmula de trabajo.

Además de las proporciones de mezcla de los agregados (si se requieren agregados de adición), se deberá indicar el porcentaje de ligante bituminoso (aproximado a la décima) en relación con el peso de la mezcla, y los porcentajes de aditivos, respecto del peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria.

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 esta Sección. La fórmula aprobada sólo podrá modificarse durante la ejecución de los trabajos, si las circunstancias lo aconsejan y previo el visto bueno del Interventor.

De acuerdo con el espesor de pavimento que deba procesarse en los trabajos, según lo establezcan los documentos del proyecto, el Constructor estimará la cantidad óptima teórica necesaria de ligante residual para la combinación de agregados y determinará el tipo y porcentaje de Asfalto espumado o cemento asfáltico espumado y de los aditivos y otros elementos por incorporar, de modo de producir una mezcla cuya calidad sea comparable a una base estabilizada con Asfalto espumado elaborada con agregados pétreos y ligante asfáltico nuevos.

Previamente a la definición del contenido de ligante, el Constructor establecerá la necesidad de incorporar agregados pétreos nuevos en la mezcla para corregir deficiencias granulométricas e indicará la proporción en que ellos deban intervenir.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

El Constructor también definirá la necesidad de prehumedecer el material preparado para la mezcla y determinará las humedades más apropiadas de mezcla y compactación. Estas pruebas se deberán complementar con ensayos mecánicos adecuados para el diseño de la mezcla.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá 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 requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

En todos los casos, la fórmula indicará:

- La identificación y la proporción (en peso seco) de cada fracción del material granular, si se requieren agregados de adición.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada, si se requieren agregados de adición.
- El porcentaje de agua para mezcla y compactación, en relación con el peso seco del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión (o asfalto espumado), en relación con el peso seco del material reciclado y el componente mineral adicional si se requiere.
- La identificación y dosificación de llenante activo y de aditivos, si se requieren, que deben ser de la misma marca utilizada en las pruebas de laboratorio y en la fase de experimentación.
- La resistencia a la compresión confinada o a la tracción indirecta, según el caso.
- La densidad máxima y la humedad óptima correspondientes a la densidad de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el pliego

451.3.1 Equipos para el diseño de la mezcla

- Planta portátil de laboratorio, capaz de producir asfalto espumado a razón de 50 a 200 gramos por segundo (50 g/s – 200 g/s). El método de producción debe simular de manera muy aproximada el de producción a escala industrial. La planta debe tener un recipiente termostáticamente controlado, capaz de contener una masa de diez kilogramos (10 kg) de asfalto a una temperatura entre 150° C y 205° C, con un margen de $\pm 5^\circ$ C. Debe poseer, además, un dispositivo para el suministro de aire comprimido de baja presión de 0 – 500 kPa, con una precisión de ± 25 kPa. También, debe disponer de un sistema para la adición de agua fría al asfalto caliente, variable de 0% a 4% por masa, con una precisión de $\pm 0.2\%$. 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 10 kg.
- Moldes de compactación Marshall de 101.6 ± 0.5 mm de diámetro y 87.3 ± 1 mm de altura, con placa de base y collar de extensión. La placa de base y el collar de extensión deberán ser intercambiables, es decir, ajustables en cualquiera de los dos extremos del molde.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

- Extractor de briquetas. Elemento de acero en forma de disco, con diámetro de 100 mm y 12.7 mm de espesor, utilizado para extraer la briqueta compactada del molde, con ayuda del collar de extensión.
- Martillo de compactación. Consiste en un dispositivo de acero formado por una base plana circular de 98.5 ± 0.5 mm diámetro y un pisón deslizante de 4536 ± 5 gramos, con una caída libre de 457 ± 3 mm. El martillo de compactación debe estar equipado con un protector de dedos. El empleo de un martillo mecánico es opcional.
- Pedestal de compactación. Consisten en una pieza prismática de madera, de base cuadrada de 203 mm de lado y 457 mm de altura, provista en su cara superior de una platina cuadrada de acero de 305 mm de lado y 25.4 mm de espesor, firmemente sujeta a la misma. La madera será roble u otra clase cuya densidad seca sea de 670 a 770 kg/m³. El conjunto debe fijarse firmemente a una base de concreto debiendo quedar la platina de acero en posición completamente horizontal.
- Soporte para molde. Dispositivo con resorte de tensión, diseñado para centrar rígidamente el molde de compactación sobre el pedestal. Deberá, además, mantener el molde en su posición durante el proceso de compactación de la mezcla.
- Balanza de 5 kg de capacidad, con precisión de 1 gramo.
- Espátula con una cuchilla de aproximadamente 150 mm de longitud.
- Prensa con capacidad mínima de carga de 20 kN con una velocidad uniforme de desplazamiento de 50.8 mm por minuto, provista de un medidor de carga de cuando menos 15 kN con una precisión de 0.1 kN.
- Recinto termostático capaz de mantener una temperatura e $25 \pm 1^\circ$ C.
- Dos bandas de apoyo, de acero endurecido, de 13 ± 0.1 mm de ancho y 70 mm de longitud, con una superficie cóncava con radio de curvatura de 51 ± 1 mm. Los bordes de la superficie de carga deben ser ligeramente redondeados. Las bandas de apoyo deben montarse en un marco de diseño apropiado, que permita su correcta alineación sobre los especímenes de prueba.
- Placa de transferencia de carga, circular o cuadrada, que permita transferir la carga de la máquina de compresión a las bandas de apoyo sin deformación. Sus dimensiones deben ser tales, que cubran al menos la longitud de la briqueta.
- Calibradores para medir la longitud y el diámetro de las briquetas, con aproximación a los 0.5 mm más cercanos.
- Grasa de silicona o aceite
- Desecador de vacío u otro recipiente apropiado y una bomba de vacío capaz de reducir la presión a menos de 50 mm de mercurio, conectada a un manómetro.
- Termómetro con un rango de 0 a 50° C.

451.3.2 Optimización de las propiedades del asfalto espumado

El objetivo es determinar el porcentaje de agua que optimiza las propiedades de espumado de un determinado asfalto, maximizando la relación de expansión y la vida media del asfalto espumado. Para ello, se calibran las ratas de flujo de asfalto y agua. La primera se regula a razón de 100 gramos por segundo. La presión de aire se ajusta a 100 kPa. Se mantiene el asfalto a una temperatura entre 180 y 200°C durante 15 minutos,

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

antes de comenzar la producción de espuma. Se requieren cinco (5) muestras de asfalto espumado para producir espuma con contenidos de agua entre 1% y 3%, en incrementos de 0.5%.

Para cada muestra, se permite que la espuma descargue durante 5 segundos en un tambor de acero de 20 litros. Se señala con un marcador el máximo volumen al cual se expande la espuma. Usando un cronómetro, se mide el tiempo en segundos que tarda la espuma en reducir su volumen a la mitad, el cual se define como vida media. Se calcula la relación de expansión del asfalto espumado, dividiendo el volumen máximo de la espuma por el volumen de asfalto en el tambor luego de que la espuma se ha disipado totalmente, pero nunca antes de 60 segundos. Se dibuja una gráfica de relación de expansión y vida media contra el contenido de agua para todas las muestras, en el mismo juego de ejes, lo que permite optimizar el contenido de humedad.

451.3.3 Preparación de los agregados pétreos

- Se determina la granulometría y la plasticidad de los agregados pétreos. En algunos casos, la mezcla de dos o más agregados puede ser necesaria para satisfacer el requisito granulométrico de la especificación. Se debe realizar un pretratamiento con cal, si el producto plástico ($IP * \% \text{pasa tamiz de } 75 \mu\text{m}$) es mayor de 72.
- Se realiza un ensayo modificado de compactación (INV E – 142-07), para obtener el contenido óptimo de humedad del agregado.
- Se seca la muestra de agregado a masa constante a 105°C. En el caso de materiales recuperados de un pavimento existente, el secado se debe realizar a la menor temperatura que prevenga a las partículas de adherirse unas a otras. El contenido de ligante de los materiales bituminosos recuperados debe ser determinado en este momento. Una vez seca, la muestra debe ser cuarteada y dividida en porciones de 10 kg cada una.

451.3.4 Tratamiento de los agregados con asfalto espumado

Para el diseño de la mezcla, se deben preparar 5 porciones de 10 kilogramos cada una, con contenidos de asfalto variables, en incrementos de 1 %. La planta portátil de laboratorio se ajusta para producir el asfalto espumado con propiedades óptimas, como se determinó en la sección 2 de esta norma. Si se requiere, se agrega un aditivo mejorador de adherencia para incrementar la adhesión del asfalto al agregado,

Cada porción de 10 kg se mezcla de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Se coloca la bachada entera en el recipiente de mezcla. Se añade suficiente agua, de manera que el contenido de humedad más el contenido de ligante añadido sean iguales al contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo modificado de compactación. El mezclador mecánico debe ser colocado de manera que la espuma sea descargada directamente al recipiente de mezcla. Los agregados y el agua se mezclan durante un minuto. Posteriormente, sin parar el mezclador, se descarga la masa

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

requerida de asfalto espumado en el recipiente de mezcla y se continúa el proceso de mezclado durante los siguientes 30 segundos. Se transfiere el agregado tratado con el asfalto espumado a un contenedor sellado. Se repite el procedimiento hasta obtener cinco (5) muestras tratadas con diferentes contenidos de asfalto. Estas muestras se encuentran listas para la ejecución del ensayo.

451.3.5 Contenidos de humedad y de asfalto

Se toman muestras de cada bachada por duplicado, para verificar los contenidos de agua y de asfalto. Se seca cada muestra hasta masa constante a una temperatura de 105 – 110°C, para determinar su humedad. Posteriormente, se realiza una extracción para determinar el contenido de asfalto.

451.3.6 Compactación de los especímenes de asfalto espumado

Se limpia el molde, el collar, la placa de base y la base del martillo de compactación. Se coloca un papel de filtro en el fondo del molde. Se pesa una cantidad suficiente de material para que la briqueta compactada tenga una altura de 63.6 ± 1.5 mm (usualmente 1150 gramos son suficientes). Se golpea la muestra con la espátula 15 veces por su perímetro y 10 veces en su parte interior, de manera que la superficie quede ligeramente redondeada.

Se compacta la mezcla aplicando 75 golpes del martillo, desde la altura libre establecida. Se remueven el molde y el collar del pedestal, se invierte aquel y se coloca firmemente sobre la placa de base, se ajusta de nuevo el collar y se aplican otros 75 golpes a la nueva superficie superior de la muestra.

451.3.7 Curado de briquetas en laboratorio

Terminada la compactación, se remueve el molde de la placa de base y se permite el curado de la briqueta compactada durante 24 horas dentro de él a temperatura ambiente.

Se extrae la briqueta compactada del molde con ayuda de un gato de extrusión u otro dispositivo adecuado.

451.3.8 Determinación del peso específico aparente de las briquetas compactadas

Se determina el peso específico aparente de cada briqueta luego de su enfriamiento a temperatura ambiente, de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-733-07. Se deben excluir de los ensayos posteriores aquellas briquetas cuyo peso específico difiera en más de 30 kg/m³ del peso específico promedio del grupo al cual pertenecen.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

451.3.9 Determinación de la resistencia a la tensión indirecta

- La prueba de resistencia a la tensión indirecta se usa para ensayar briquetas de mezcla con asfalto espumado compactadas y curadas bajo condiciones seca y húmeda. La resistencia a la tensión indirecta se determina midiendo la carga última de falla de una biqueta sometida a una rata de deformación constante de 50.8 mm/minuto sobre su eje diametral.
- Las briquetas se dejan en reposo a temperatura ambiente durante una noche, antes de ser ensayadas. A continuación, se mide la altura de cada una en cuatro puntos uniformemente espaciados y se calcula su altura promedio en metros (L). Igualmente, se mide su diámetro en metros (D).
- Se colocan las briquetas en la cámara termostática a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante un período comprendido entre una y dos horas (1h – 2 h).
- Se retira una biqueta de la cámara y se coloca en el dispositivo de carga. La posición de la muestra debe ser tal, que las bandas de apoyo estén paralelas y centradas sobre el plano vertical diametral. Se coloca entonces la placa de transferencia sobre la banda superior y se acomoda el conjunto de manera que quede centrado bajo el pistón de carga de la máquina de compresión.
- Se aplica carga a la biqueta sin impactos a una velocidad de avance de 50.8 mm/minuto hasta alcanzar la máxima carga, registrando esta última (P) con precisión de 0.1 kN.
- Con el fin de determinar la resistencia a la tensión indirecta de briquetas saturadas, se colocan los especímenes curados en un desecador de vacío donde se cubren con agua a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Se aplica un vacío de 50 mm de mercurio durante 60 ± 1 minutos, contando el tiempo desde el instante en que se ha alcanzado el vacío total. Se remueve la muestra, se seca su superficie y se determina su resistencia a la tensión indirecta mediante el procedimiento descrito con anterioridad.
- La resistencia a la tensión indirecta de cada biqueta se calcula con la siguiente expresión, debiendo redondearse el resultado al entero de kilopascal más cercano:

$$RTI = \frac{2P}{\pi LD}$$

Siendo:

RTI = resistencia a la tensión indirecta (kPa)

P = máxima carga aplicada (kN)

L = altura de la biqueta (m)

D = diámetro de la biqueta (m)

451.3.10 Determinación del contenido de ligante de diseño

- Para todas las muestras (tanto las ensayadas en seco como bajo saturación), se dibuja una gráfica que represente el contenido de ligante (abscisas) contra la resistencia a la tensión indirecta (ordenadas), en el mismo juego de ejes.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

- El contenido de ligante para el cual alcanzan la máxima resistencia a la tensión las briquetas ensayadas bajo saturación es el contenido de ligante óptimo de la mezcla con asfalto espumado.
- Se determina si esta resistencia y la correspondiente en seco para el mismo contenido de ligante satisfacen las especificaciones. Si no lo hacen, se deberá diseñar una nueva mezcla.

451.3.11 Resistencia

Para el reciclaje con asfalto espumado, se aplicarán los siguientes criterios para la preparación del espumado del asfalto:

- Relación de expansión ≥ 10
- Vida media (segundos) ≥ 10

Si los documentos técnicos no dicen otra cosa, para el diseño de reciclajes con asfalto espumado y establecer su contenido óptimo de asfalto, se utilizará el ensayo de tracción indirecta, de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-785-07, aplicándose los siguientes criterios como guía para la selección del óptimo contenido de ligante en la mezcla reciclada:

- Resistencia de probetas curadas en seco ≥ 250 kPa
- Resistencia conservada tras curado húmedo ≥ 50 %

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

451.3.12 Ensayos complementarios

Adicionalmente, dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 451.2 ejecutados sobre muestras preparadas con el contenido óptimo de ligante asfáltico, como complemento del diseño de la mezcla.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

Tabla 451.2

Ensayos complementarios sugeridos para capas de reciclaje con productos bituminosos

Propiedad	Número Mínimo de Briquetas		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco (reciclaje con Asfalto espumado)	3	3	3
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo (reciclaje con Asfalto espumado)	3	3	3
Módulo Dinámico	-	1	2
Curva de Fatiga Ensayo según norma francesa (NFP 98-261-1)	-	4	4

451.4 EQUIPO

En adición a lo descrito en la Sección 107.2 del Capítulo 1, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

451.4.1 Equipo para el procesamiento de los agregados de adición

La planta de trituración estará provista, como mínimo, de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir, además, una clasificadora adecuada y, de ser necesario, un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

451.4.2 Equipo de transporte de agregados de adición

Los agregados pétreos se transportarán en volquetas de platón liso y estanco, debidamente acondicionadas para tal fin. Las volquetas deberán estar siempre provistas de una lona o cobertor adecuado, debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales transportados, como para prevenir derrames y emisiones contaminantes.

El Constructor deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente, emanadas por las autoridades competentes, en especial el Ministerio del Transporte (MT), la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM) y la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).

451.4.3 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 ejecutarán por medio de una máquina recicladora autopropulsada.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

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.

La recicladora deberá tener la posibilidad de introducir los aditivos líquidos de manera uniforme y precisa. Deberá, además, 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.

451.4.4 Equipo para la extensión, nivelación y compactación de los materiales

El equipo para la extensión y nivelación de la mezcla elaborada y homogenizada estará conformado por motoniveladoras.

Para la compactación, se podrán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, de neumáticos o mixtos. Como mínimo, el Constructor deberá poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. El equipo de compactación deberá contar con el visto bueno del Interventor. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado.

451.5 REQUERIMIENTOS DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

451.5.1 Fase de Experimentación

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.11 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

451.5.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados de adición

Sobre el particular, rige todo lo que resulte pertinente del numeral 107.10 del Artículo 107 del Capítulo 1 de estas especificaciones.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

451.5.3 Remoción de obstáculos

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, y si los documentos técnicos del proyecto así lo indican, se deberán demoler parcial y temporalmente las estructuras de servicios públicos ubicadas dentro del área de pavimento por reciclar, cubriendo adecuadamente los orificios resultantes, de manera que el proceso de reciclaje no afecte de manera adversa las estructuras, ni éstas produzcan daño a la máquina recicladora.

La profundidad de demolición de las estructuras será la necesaria para proporcionar una altura libre suficiente entre la tapa temporal de ellas y la superficie del pavimento existente, para permitir la operación libre y continua de la recicladora.

Las tapas temporales de las estructuras deberán asegurarse adecuadamente a ellas y deberán tener la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos generados durante el proceso de reciclaje.

La localización de las estructuras demolidas parcial y temporalmente deberá ser relacionada con precisión, de manera que una vez concluido el trabajo de reciclaje, ellas se puedan ubicar y reconstruir hasta el nivel definitivo de la rasante del pavimento.

Las actividades de demolición y reconstrucción de las estructuras de servicios públicos se pagarán de acuerdo con la especificación particular correspondiente.

451.5.4 Preparación de la superficie existente

También con antelación a la disgregación del pavimento, el Constructor deberá efectuar los bacheos en las zonas que le indique el Interventor, las cuales deberán corresponder a fallas de origen profundo que requieran corrección previa, con el fin de evitar deficiencias en el soporte de la capa reciclada. Las excavaciones deberán rellenarse con material de base granular hasta el nivel de la rasante existente, colocándolo y compactándolo en espesores que permitan obtener las densidades exigidas para dicho material en el aparte 400.5.3., Tabla 400.6, de la Sección 400 de las presentes especificaciones.

Inmediatamente antes de proceder a la pulverización del pavimento, se deberá barrer y/o soplar la superficie por tratar.

451.5.5 Disgregación del pavimento existente y eventual adición de agregados de adición

Empleando el equipo aprobado durante la fase de experimentación, el Constructor intervendrá 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 deberá cumplir con la gradación establecida en la Tabla 451.1.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

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, será 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 10cm; se deberá retirar todo pavimento procesado que contenga pedazos de geosintético de tamaño mayor a 10cm.

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

451.5.6 Incorporación de llenantes, agua y producto bituminoso y elaboración de la mezcla

La aplicación de los llenantes (cemento Pórtland, cal, cenizas volantes) deberá 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 agua y el ligante asfáltico. Todos los ingredientes deberán 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 efectuará 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 podrá 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 451.3, Diseño de la mezcla de la presente especificación.

Si la mezcla requiere aireación previa a la compactación, ella se realizará hasta que la mezcla alcance la humedad apropiada. En caso contrario, la mezcla se extenderá 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 deberá ser mezclado y compactado en la misma jornada de trabajo.

No se permitirán trabajos de reciclaje cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5°C) o en instantes en que haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. Toda mezcla afectada por las aguas lluvias será corregida por el

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

Constructor si, a juicio del Interventor, ello resulta posible; en caso contrario, deberá ser removida y reemplazada por una de calidad equivalente, elaborada con materiales similares sobrantes del reciclado de otra zona del proyecto o con agregados de adición, sin que ello dé lugar a pago adicional por parte del Instituto de Desarrollo Urbano.

451.5.7 Extensión de la mezcla

Después de mezclado, el material reciclado se extenderá en una o varias capa de espesor uniforme que permitan obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación. En todo caso, la cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a 150 milímetros ni supere los siguientes valores:

- 200 milímetros, para reciclaje con Asfalto espumado

Si el espesor por construir es superior a estos valores, el material se deberá colocar en varias capas, debiéndose procurar que el espesor de ellas sea aproximadamente igual. En este caso, se deberá retirar provisionalmente la parte del material que constituirá la segunda capa mientras se extiende y compacta la primera de ellas; se aplicarán para cada capa los procedimientos de ejecución y control descritos en la presente Sección.

451.5.8 Compactación de la mezcla

Extendida la mezcla, se procederá a su compactación en el instante y con el equipo y procedimiento aprobados durante la fase de experimentación, hasta lograr los niveles de compactación exigidos.

Si se considera necesario, se aplicarán riegos de agua durante el proceso de compactación, para compensar las pérdidas por evaporación y cerrar la textura de la capa.

En el acabado final de la capa reciclada se debe garantizar una pendiente transversal y longitudinal adecuada para el drenaje del agua superficial.

451.5.9 Apertura al tránsito

En el caso de reciclajes con asfalto espumado, la capa podrá abrirse al tránsito terminada la compactación. Excepto que se utilice algún modificador o llenante activo que requiera un tiempo adicional de curado, según diseño presentado por el constructor.

451.5.10 Curado de la capa compactada

Las capas recicladas requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura, en el caso del asfalto espumado el curado contribuye con el

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

umento del módulo de la capa. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que se obtenga la densidad seca máxima de laboratorio, porcentaje de compactación y módulo deseado en el diseño.

Durante dicho lapso, el Constructor aplicará los riegos de protección que le solicite el Interventor, para prevenir el deterioro de la capa reciclada por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se realizarán de acuerdo con la Sección 504 de estas especificaciones, excepto que las aplicaciones de emulsión no excederán de tres décimas de litro por metro cuadrado (0.3 l/m²) y que el agregado de protección no es requerido.

451.5.11 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se dispondrán de forma que su borde quede vertical. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se aplicará una capa uniforme y delgada de Asfalto espumado, antes de colocar la mezcla nueva.

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

451.5.12 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa de pavimento reciclado en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido, a su costa, a plena satisfacción del Interventor.

451.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

451.6.1 Controles Generales

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

- Verificar el buen estado y correcto funcionamiento de los equipos y herramientas empleados por el Constructor; el Interventor ordenará el reemplazo inmediato de aquellos que, a su juicio, no permitan la correcta ejecución de los trabajos a que hace referencia esta Sección.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en la presente Sección.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de la ejecución de la fase de experimentación.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella resulte necesaria. El control de densidad se realizará en el espesor de capa realmente construido, de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie de la capa terminada.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.

451.6.2 Controles de producción de agregados de adición

Durante la etapa de producción de los agregados de adición, si estos se requieren, se examinarán las descargas de los diferentes agregados a los acopios y se ordenará el retiro de aquellos agregados que, a simple vista, presenten trazas de tierra vegetal, materia orgánica, sustancias deletéreas o tamaños superiores al máximo especificado. También, se deberán acopiar por separado aquellos agregados que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad.

Se vigilará, además, la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores. Se efectuarán las verificaciones de calidad que indica la Tabla 451.3.

Tabla 451.3
Verificaciones periódicas sobre los agregados de adición

Ensayo		Norma de Ensayo	Frecuencia
Composición			
Granulometría		INVE-213-07	1 por jornada
Dureza			
Desgaste Los Ángeles (Gradación A)	-En seco, 500 revoluciones	INV E-218-07	1 por mes
Micro Deval,	- Agregado Grueso	INV-E-238-07	1 por mes
10% de finos	- Seco y Húmedo	INV-E-224-07	1 por mes
Durabilidad			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos		INV E-220-07	1 por mes
Limpieza			
Límite Líquido		INV E-125-07	1 por jornada
Índice de Plasticidad		INV E-126-07	1 por jornada
Equivalente de Arena		INV E-133-07	1 por semana
Valor de Azul de Metileno		INV E-235-07	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznable		INV E-211-07	1 por semana
Geometría de las Partículas			
Partículas Fracturadas Mecánicamente		INVE-227-07	1 por jornada
Índice de Aplanamiento		INV E-230-07	1 por semana
Índice de Aplanamiento		INV E-230-07	1 por semana
Angularidad del Agregado Fino		INV E-239-07	1 por jornada

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

En ningún caso se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes de la presente Sección. En la eventualidad de que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor impedirá el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

451.6.3 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

451.6.3.1 Calidad del producto bituminoso

Si el reciclaje se realiza con Asfalto espumado, a la llegada de cada carrotanque con emulsión al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en el numeral 210.2.2 de la Sección 210 de las presentes especificaciones o las que se establezcan en la especificación particular que gobierne los trabajos.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de Asfalto espumado que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, el Constructor efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 210.5 de la Sección 210 de estas especificaciones. En todos los casos, se guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, en caso de que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 210.1 de la Sección 210 de las presentes especificaciones o en la especificación particular, según corresponda.

Cuando el reciclaje se realice mediante la técnica del cemento asfáltico espumado, a la llegada de cada carrotanque con cemento asfáltico al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en el numeral 200.2.2 de la Sección 200 de las presentes especificaciones o las que se establezcan en la especificación particular que gobierne los trabajos.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, el Constructor efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 200.5 de la Sección 200 de estas especificaciones. En todos los casos, se guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, en caso de que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales.

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 200.1 de la Sección 200 de las presentes especificaciones o en la especificación particular, según corresponda.

Además, se realizarán las pruebas para verificar la relación de expansión y la vida media del asfalto espumado.

451.6.3.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua utilizada en el reciclaje en el sitio con ligantes bituminosos, verificará u ordenará la verificación de su pH, su contenido de sulfatos y su contenido de materia orgánica, cuyos resultados deben satisfacer las exigencias del aparte 451.2 (Materiales) de esta especificación para permitir su empleo.

451.6.3.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte

El Interventor realizará u ordenará la realización de las pruebas para verificar la calidad de estos productos, cada vez que lo considere necesario. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

451.6.3.4 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 451.6.3.6.

451.6.3.5 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, se determinará el contenido de asfalto (INV E-732-07) y la granulometría de los agregados (INV E-782-07).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1%) con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF%). Dicho porcentaje incluye tanto la cantidad de ligante aportada por la emulsión o el cemento asfáltico espumado, como la suministrada por la estructura que se recicla.

$$ARF\% - 1.0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1.0\%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor medio del lote (ART%) en más de uno por ciento (1.0%), admitiéndose sólo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$$ART\% - 1.0\% \leq ARI\% \leq ART\% + 1.0\%$$

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

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 habrá problemas de comportamiento de la capa reciclada.

451.6.3.6 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Las curvas obtenidas deberán encontrarse dentro de los límites indicados en el aparte 451.2.1 de la presente Sección. Tabla 451.1.

Cuando los valores obtenidos incumplan este requisito, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión o asfalto espumado que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en el aparte 450.3. Si los requisitos allí indicados no resultan satisfactorios para el Interventor, se rechazará el lote al cual corresponda esa muestra.

451.6.3.7 Calidad de la mezcla

451.6.3.7.1 Resistencia

Con un mínimo de una (1) muestra por lote de la mezcla elaborada, se moldearán briquetas (seis por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma INV E-738-07) cuando el reciclaje se ejecute con Asfalto espumado o en el ensayo de tensión indirecta (INV E-785-07) cuando se realice con asfalto espumado. Tres (3) de ellas se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda.

La resistencia media de las tres (3) briquetas sometidas a curado seco (R_m) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) de la resistencia seca de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se aplicará para las briquetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0.9 R_t$$

Además, la resistencia de cada biqueta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio correspondiente (R_m), admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0.8 R_m$$

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %) en las mezclas elaboradas con Asfalto espumado y el cincuenta

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

por ciento (50%) en las elaboradas con asfalto espumado, sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor. Entre las opciones de corrección puede estar un nuevo reciclado de esta capa, si con este proceso se puede obtener un producto que cumpla a satisfacción con los requisitos de la presente Sección.

Adicionalmente, dependiendo de las condiciones particulares de cada proyecto (importancia, tamaño, plazo de ejecución), los documentos técnicos del proyecto podrán requerir la ejecución y reporte de los ensayos que se indican en la Tabla 451.4, ejecutados sobre muestras seleccionadas por el Interventor.

Tabla 451.4

Ensayos complementarios sugeridos para capas de reciclaje con productos bituminosos

Propiedad	Número Mínimo de Ensayos		
	T0-T1	T2-T3	T4-T5
Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco (reciclaje con Asfalto espumado)	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Resistencia a la Tracción Indirecta tras curado en húmedo (reciclaje con Asfalto espumado)	1 (3)	2 (3)	4 (3)
Módulo Dinámico	-	1 (1)	2 (2)
Curva de Fatiga Ensayo según norma francesa (NFP 98-261-1)	-		2 (4)

Nota: los valores entre paréntesis indican el número de briquetas por ensayo.

451.6.3.8 Calidad del producto terminado

451.6.3.8.1 Compactación

Para el control de la calidad tanto en la producción como en el producto terminado de las capas granulares estabilizadas con cemento, se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Doscientos cincuenta metros lineales (250m) de capa estabilizada con cemento compactada.
- Un mil setecientos cincuenta metros cuadrados (1750 m²) de capa estabilizada con cemento compactada.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje de proyecto y el borde de la capa no podrá ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Interventor; se verificará,

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

además, que la cota de cualquier punto de la capa conformada y compactada, no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730-07 "Selección al azar de sitios para la toma de muestras", pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote. Para el control de la compactación de una capa de base estabilizada con cemento, la densidad promedio de la muestra que representa al lote (D_m), se deberá comparar con la máxima (D_s), obtenida sobre una muestra representativa del mismo material

Si $D_m - (k \times s) \geq 0,98 \times D_s$ Se acepta el lote

Si $D_m - (k \times s) < 0,98 \times D_s$ Se rechaza el lote

Siendo

D_m Valor promedio de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno que integran la muestra que representa al lote.

$$D_m = \frac{\sum D_i}{n}$$

D_i Resultado de un ensayo

n Número de ensayos de densidad en el terreno que integran la muestra.

s : desviación estándar

k Factor que establece el límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de 90%, se encuentra la densidad en el terreno del lote. Este factor depende del número de ensayos (n) que integran la muestra y su valor se indica en la Tabla 451.5.

Tabla 451.5
Valores del factor k

n	5	6	7	8	9	10
k	0,685	0,602	0,544	0,500	0,465	0,437

$$D_s = \frac{\sum (D_i - D_m)^2}{n - 1}$$

D_s Valor máximo de la densidad, obtenido según la norma de ensayo INV E-806-07 "Relaciones humedad-masa unitaria de mezclas de suelo-cemento", realizado durante el diseño de la mezcla

La densidad de la capa compactada podrá ser determinada por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161-07, INV E-162-07 y INV E-164-

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

07, que permita hacer la corrección por presencia de partículas gruesas, si el material lo requiere.

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

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa mediante fresado y reponerla, a costa y cargo suyo, a satisfacción plena del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

451.6.3.8.2 Espesor

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

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser, cuando menos, el noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando ese valor no sea inferior al ochenta y cinco (85%) del espesor de diseño (e_d).

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. Si el Interventor lo autoriza, las deficiencias en espesor pueden ser corregidas con mezcla asfáltica de las capas superiores; si la corrección queda hecha de forma satisfactoria a juicio del Interventor, la capa de reciclaje se pagará según su espesor teórico pero no se medirá ni pagará la mezcla asfáltica empleada en la corrección.

451.6.3.8.3 Lisura

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

Todas las áreas del pavimento reciclado donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a satisfacción de éste.

451.7 MEDIDA

La unidad de medida de la capa de material reciclado estabilizado con Asfalto espumado o con asfalto espumado será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de

SECCIÓN: 451-11	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON ASFALTO ESPUMADO	VERSIÓN 2.0	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Instituto Desarrollo Urbano
PROCESO GESTIÓN ESTRATÉGICA	ACTO ADMINISTRATIVO:		

material colocado y compactado, a satisfacción del Interventor. Cuando el cómputo de la fracción decimal de la obra aceptada resulte igual o superior a cinco décimas de metro cúbico ($\geq 0.5 \text{ m}^3$) la aproximación al entero se realizará por exceso y cuando sea menor de cinco décimas de metro cúbico ($< 0.5 \text{ m}^3$), la aproximación al entero se realizará por defecto.

El volumen de la capa de material reciclado estabilizado con Asfalto espumado o con asfalto espumado se determinará multiplicando la longitud real construida, medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y espesor mostrados en los documentos del proyecto o ajustados según los cambios ordenados por el Interventor. No se medirá, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

451.8 FORMA DE PAGO

El pago se hará por metro cúbico de pavimento asfáltico reciclado estabilizado con Asfalto espumado a los respectivos precios unitarios del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección y aceptada a satisfacción por el Interventor.

Los precios unitarios deberán incluir la compensación total por el suministro en el lugar de la obra de todos los materiales requeridos para la construcción de la capa, así como herramientas, equipos y la ejecución completa de los trabajos contratados, a satisfacción plena del Interventor.

El precio unitario de la capa de material reciclado estabilizado con Asfalto espumado deberá cubrir, además, los permisos y licencias de toda índole que sean requeridos para la obtención de los materiales, su transporte y la correcta ejecución de los trabajos, así como los costos de la ejecución de la fase de experimentación y los costos de todos los muestreos y ensayos de caracterización, diseño y control, con excepción de aquellos ensayos considerados especiales para los cuales se establecen ítems de pago específicos en el numeral 450.9 de la presente Sección o en las especificaciones particulares del proyecto; y todo costo adicional en el cual se incurra para la realización completa y a satisfacción de los trabajos descritos en la presente Sección.

451.9 ITEM DE PAGO

451.9.1 Pavimento asfáltico reciclado en el sitio con Asfalto espumado Metro cúbico (m^3)

451.E Ensayos especiales para capas de reciclaje de pavimento asfáltico en el sitio con Asfalto espumado

451.E.1 Módulo Dinámico (3 frecuencias, 1 temperatura) Unidad

451.E.1 Curva de Fatiga (4 puntos) Unidad