

MEZCLA DRENANTE**ARTÍCULO 453 – 13****453.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica de tipo drenante, preparada y colocada en caliente, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los lineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

453.2 MATERIALES**453.2.1 Agregados pétreos y llenante mineral****453.2.1.1 Requisitos generales**

Los agregados pétreos y el llenante mineral deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Adicionalmente, deberán cumplir con los requisitos de calidad de la Tabla 453 - 1.

Tabla 453 - 1. Requisitos de los agregados para mezcla drenante

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO
		NT2 y NT3
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218	25
- 500 revoluciones		5
- 100 revoluciones		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	20
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	110
- Valor en seco, mínimo (kN)		75
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		
Coefficiente de pulimiento acelerado, mínimo	E-232	0.50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio, máximo (%)	E-220	18
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO
		NT2 y NT3
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	N.P
Equivalente de arena, mínimo (%) (Nota 1)	E-133	50
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2)	E-235	10
Geometría de las partículas, agregado grueso (O)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10
Caras fracturadas, mínimo (%): dos caras	E-227	100
Adhesividad (O)		
- Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar
Agregado fino: adhesividad de los ligantes bituminosos a los agregados finos (método Riedel-Weber), índice mínimo	E-774	Reportar

Nota 1: El equivalente de arena que se exige en la Tabla 453 - 1 será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el llenante mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no se cumpla el valor mínimo señalado en la Tabla 453 - 1, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40 y, simultáneamente, el valor de azul de metileno, determinado mediante la norma de ensayo INV E- 235, es inferior a diez (10).

Nota 2: La determinación del valor de azul de metileno no es obligatoria si el equivalente de arena cumple con el valor mínimo señalado en la tabla.

453.2.1.2 Agregado fino

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder los valores indicados en la Tabla 453 - 2.

El material que se triture para obtener el agregado fino deberá cumplir con los requisitos de dureza y durabilidad establecidos para el agregado grueso en la Tabla 453 - 1.

Tabla 453 - 2. Proporción máxima de arena natural en el agregado

CARACTERÍSTICA	NIVEL DE TRÁNSITO	
	NT2	NT3
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado combinado	≤ 10	0
Proporción de arena natural: % de la masa total del agregado fino	≤ 50	0

453.2.1.3 Llenante mineral

El llenante mineral podrá provenir de los procesos de trituración y clasificación de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o podrá ser de aporte como producto comercial, generalmente cal hidratada o cemento hidráulico. La proporción de llenante mineral y los requisitos para el mismo deberán cumplir con lo mencionado en la Tabla 453 - 3.

Tabla 453 - 3. Proporción y requisitos del llenante mineral

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO	
		NT2	NT3
Proporción de llenante mineral de aporte: (% en masa del llenante total)	-	100	
Granulometría del llenante mineral de aporte: - % que pasa tamiz 425 μm (No. 40) - % que pasa tamiz 150 μm (No. 100) - % que pasa tamiz 75 μm (No. 200)	E -215	100 > 90 > 75	
Densidad bulk (g/cm ³)	E-225	0.5 a 0.8	
Vacíos del llenante seco compactado (%)	E-229	≥ 38	

453.2.1.4 Granulometría

El conjunto de agregado grueso, agregado fino y llenante mineral se deberá ajustar a la gradación indicada en la Tabla 453 - 4.

Tabla 453 - 4. Franja granulométrica para mezcla drenante

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)						
	19.0	12.5	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA							
ÚNICA	100	70-100	50-75	15-32	9-20	5-12	3-7
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (\pm)	4 %			3 %			1 %

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

453.2.2 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla drenante será cemento asfáltico modificado con polímeros, que corresponda a los tipos I o II del Artículo 414. El tipo por utilizar, será el indicado en los documentos técnicos del proyecto.

453.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán cumplir los requisitos del Artículo 412. La dosificación y la dispersión homogénea del aditivo deberán tener la aprobación del Interventor.

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 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 y a satisfacción de éste.

453.3 EQUIPO

Al respecto, se aplica lo que resulte pertinente del numeral 400.3 del Artículo 400. En relación con el detalle del equipo necesario para la ejecución de los trabajos, adicionalmente se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

Para la compactación se deberán utilizar compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios. El equipo de compactación será aprobado por el Interventor, a la vista de los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

453.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

453.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el Artículo 105, “Desarrollo y control de los trabajos”, numeral 105.13.3.

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

Rige todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.2 del Artículo 400.

Las mezclas drenantes se diseñarán a partir de probetas cilíndricas tipo Marshall, confeccionadas como se describe en la norma de ensayo INV E-760. Las temperaturas de mezcla y compactación dependerán de las características del ligante bituminoso que se emplee y se definirán en cada caso particular durante la etapa de diseño. La temperatura de elaboración de la mezcla deberá ser tal, que se obtenga una adecuada envuelta del agregado, sin que se produzcan escurrimientos del ligante.

El contenido óptimo de material bituminoso en la mezcla se deberá elegir de manera que se cumplan los siguientes criterios:

- Los vacíos con aire de la mezcla compactada, medidos como se indica en la norma de ensayo INV E-736, no deberán ser inferiores a veinte por ciento (20 %), ni mayores de veinticinco por ciento (25 %).
- Para asegurar que los vacíos con aire están debidamente interconectados, se realizará una prueba de permeabilidad. La capacidad de drenaje se mide colocando cien mililitros (100 ml) de agua en un molde conteniendo la probeta prehumedecida. El tiempo

que tarde el agua en atravesar la muestra no deberá exceder de quince segundos (15 s);

- Las pérdidas por desgaste a veinticinco grados Celsius (25° C), determinadas de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma INV E-760, no deberán ser superiores a veinticinco por ciento (25 %);
- La dosificación del material bituminoso no podrá ser inferior a cuatro y medio por ciento (4.5 %), respecto de la masa seca de los agregados, incluido el llenante mineral;
- Se deberá comprobar, además, la adhesividad entre el agregado y el ligante, caracterizando la mezcla en presencia de agua. Al efecto, la pérdida por abrasión en el ensayo Cántabro, según la norma de ensayo INV E-760, tras ser sometidas las probetas a un proceso de inmersión en agua durante veinticuatro horas (24 h) a sesenta grados Celsius (60° C), no podrá exceder de cuarenta por ciento (40 %). Si se supera este valor, se deberá mejorar la adhesividad mediante un aditivo mejorador de adherencia apropiado.

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 o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en este Artículo, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

453.4.3 Preparación de la superficie existente

No se permitirá la colocación de la mezcla drenante mientras el Interventor no certifique que la capa sobre la cual se va a colocar es estructuralmente sana y que su superficie es impermeable y presenta una sección transversal apropiada.

Las áreas de la superficie existente donde se formen charcos en instantes de lluvia, requieren una capa de mezcla densa de nivelación antes de que se permita la extensión de la mezcla drenante.

No se permitirá la colocación de mezclas drenantes directamente sobre superficies fresadas.

La extensión de la mezcla drenante requiere la aplicación de un riego previo de liga, empleando una emulsión asfáltica modificada con polímeros, el cual se realizará conforme lo establece el Artículo 421.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego de liga previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Constructor deberá efectuar un riego de liga adicional, en la cuantía que fije el Interventor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Constructor, el nuevo riego deberá realizarlo sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Las excavaciones para bacheo, así como las operaciones de relleno con los materiales adecuados para restablecer la rasante de apoyo, se ejecutarán de acuerdo con las indicaciones del Artículo 465 para la excavación y de los Artículos que correspondan a los materiales empleados en el relleno de la misma.

453.4.4 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400. Las temperaturas de extensión y compactación tienen especial importancia en el comportamiento de estas mezclas, razón por la cual se debe tener especial cuidado en su definición durante la fase de experimentación.

Así mismo, se deberá analizar la correspondencia entre el contenido de vacíos con aire de la mezcla compactada y la permeabilidad de la capa, medida según la norma de ensayo INV E-796.

453.4.5 Aprovechamiento de los agregados

Los agregados se suministrarán fraccionados y se manejarán separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal, que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. En el caso de plantas asfálticas del tipo tambor secador-mezclador no se permitirá, por ningún motivo, realizar una

predosificación de las fracciones de agregados antes de su vertimiento a las tolvas de agregados en frío.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar intercontaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a un metro y medio (1.5 m), y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

453.4.6 Fabricación de la mezcla asfáltica

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50 %) y el cien por ciento (100 %) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador.

Los agregados se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Siempre que se presenten síntomas de avería en el sistema de combustión; si la combustión es incompleta o si se advierte alguna contaminación por combustible en los agregados pétreos o en la mezcla, se detendrá la producción hasta que se identifiquen y corrijan las causas del problema. Si el polvo mineral recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al llenante y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, se deberá eliminar. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del llenante recuperado sean uniformes. La dosificación del

llenante de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas de tipo discontinuo, se deberá comprobar que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de quince grados Celsius (15° C) a la temperatura del asfalto.

En el momento de la mezcla, la temperatura del asfalto deberá ser tal, que se consiga la envuelta perfecta de los agregados, sin que se produzcan escurrimientos del ligante. El volumen de materiales en el mezclador no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios (2/3) de su altura. Todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas de ligante. La temperatura de la mezcla recién elaborada no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar adiciones al ligante o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación y su distribución homogénea, así como la conservación de sus características iniciales durante el proceso de fabricación.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de contaminación o de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente de las plantas de

tipo discontinuo. También, se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

453.4.7 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetas carpadas, hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y la compactación de manera adecuada.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para que al descargarla en el equipo de transferencia o en la máquina pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase de experimentación.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales se deberán encontrar dentro de los límites fijados por la resolución vigente del Ministerio de Transporte.

453.4.8 Transferencia de la mezcla

Si el Constructor dispone de una máquina para la transferencia de la mezcla asfáltica (shuttle buggy), la volqueta descargará la mezcla en la tolva de almacenamiento de la máquina, cuyas bandas transportadoras se encargarán de alimentar la pavimentadora, sin que ésta sea tocada por las llantas de la volqueta, favoreciendo de esta manera la regularidad superficial.

453.4.9 Extensión de la mezcla

La mezcla recibida de la volqueta o de la máquina de transferencia será extendida con máquinas pavimentadoras, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos o determinados por el Interventor.

A menos que el Interventor expida una instrucción en contrario, la extensión se realizará en franjas longitudinales y comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. Siempre que resulte

posible, se evitarán las juntas longitudinales realizando la extensión en ancho completo, trabajando si es necesario con dos (2) o más pavimentadoras ligeramente desfasadas. Si por razones prácticas de la obra ello no resulta posible, se deberá trabajar de manera que las juntas longitudinales coincidan con una limesa del pavimento.

La pavimentadora se regulará de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permitirá el empleo de máquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de la mezcla. Si ella ocurre, su extensión deberá ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada o con irregularidades que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del Constructor.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la pavimentadora a la producción de la planta asfáltica, de manera que aquella sufra el menor número de detenciones.

En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada para el inicio de la compactación; de lo contrario, se deberá ejecutar una junta transversal.

En los sitios en los que a juicio del Interventor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla se podrá extender a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y distribuirá en los lugares correspondientes mediante procedimientos aprobados por aquel, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a los planos o instrucciones del Interventor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

453.4.10 Compactación de la mezcla

La compactación se realizará según el plan aprobado por el Interventor como resultado de la fase de experimentación. Deberá comenzar, una vez extendida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda

soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan desplazamientos indebidos.

La compactación se realizará longitudinalmente de manera continua y sistemática. Deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindrado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Interventor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Si la extensión de la mezcla se ha realizado por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que autorice el Interventor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

Las mezclas drenantes requieren un menor esfuerzo de compactación que las mezclas densas. El número de pasadas deberá ser el establecido durante la fase de experimentación y será lo suficientemente bajo para prevenir excesos de compactación que reduzcan el volumen de aire en la mezcla. Igualmente, las temperaturas requeridas para la compactación también son menores, pero se debe tener cuidado de terminar el proceso con prontitud debido a que, por el limitado espesor de la capa y su elevado contenido de vacíos, la mezcla pierde temperatura rápidamente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario para la corrección de todas las irregularidades que se puedan presentar. Sin embargo, las correcciones mediante procedimientos manuales se deberán evitar al máximo, a causa de la aspereza de la mezcla.

La temperatura de la mezcla se deberá verificar al comienzo y al final del proceso de compactación.

453.4.11 Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo de las mezclas drenantes deberán permitir siempre el libre flujo de agua a través de la capa compactada. Si la construcción de juntas longitudinales es inevitable, al extender franjas contiguas no suele

ser necesario el corte de la junta si ella no se produce en una limatesa del pavimento. Por ningún motivo se permitirá la aplicación de un riego de liga sobre la superficie de contacto entre las dos (2) franjas.

Las juntas transversales en la capa de rodadura drenante se deberán construir en forma diagonal, con el punto más avanzado en la parte más alta de la franja que se compacta, de tal forma que si la junta forma una barrera, la pendiente permita la salida del agua hacia el exterior. La compactación de estas juntas se realizará en sentido transversal, disponiendo los apoyos adecuados para los elementos de compactación.

453.4.12 Apertura al tránsito

Alcanzado el nivel de compactación exigido, el tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente en todo su espesor.

453.4.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de la mezcla en momentos de lluvia, ni cuando haya fundado temor que ella ocurra o cuando la temperatura ambiente a la sombra y la del pavimento sean inferiores a ocho grados Celsius (8° C).

Los trabajos de construcción de la mezcla drenante se deberán efectuar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente en las horas de luz solar.

453.4.14 Manejo ambiental

Al respecto, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 400.4.7 del Artículo 400.

453.4.15 Reparaciones

Todos los defectos no advertidos durante la colocación y compactación, tales como protuberancias, juntas irregulares, depresiones,

irregularidades de alineamiento y de nivel, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor. El Constructor deberá proporcionar trabajadores competentes, capaces de ejecutar a satisfacción el trabajo eventual de correcciones en todas las irregularidades del pavimento construido.

453.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

453.5.1 Controles

Rige lo que resulte aplicable del numeral 400.5.1 del Artículo 400.

453.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

453.5.2.1 Calidad del ligante asfáltico

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para el cemento asfáltico modificado con polímeros serán los establecidos en el Artículo 414.

453.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos y del llenante mineral

453.5.2.2.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 453 - 1.

Así mismo, para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad aparente, según la norma INV E-225. Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en 453.2.01.C, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

453.5.2.2.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los

agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas, y plasticidad, y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 453 - 5 para los agregados grueso y fino y en la Tabla 453 - 6 para el llenante mineral de aporte.

Tabla 453 - 5. Ensayos de verificación sobre los agregados para las mezclas drenantes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Composición (F)		
Granulometría	E-123	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224	1 por mes
Coefficiente de pulimiento acelerado	E-232	Cuando cambie la procedencia de los agregados
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
Limpieza, agregado grueso (F)		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad	E-125 y 126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (Nota 1)	E-235	1 por semana
Geometría de las partículas, agregado grueso (F)		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
Geometría de las partículas, agregado fino (F)		
Angularidad de la fracción fina, método A	E-239	1 por jornada
Adhesividad, gradación combinada (O)		
Resistencia conservada en tracción indirecta	E-725	80

Nota 1: En caso de que no se cumpla el valor mínimo de equivalente de arena señalado en la Tabla 453 - 1.

Tabla 453 - 6. Ensayos de verificación sobre el llenante mineral de aporte para las mezclas drenantes

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
Granulometría	E-123	1 por suministro
Densidad bulk	E-225	1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del llenante

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en las Tablas 453 - 5 y 453 - 6, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos pertinentes del numeral 453.2.1. 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 de comprobación deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.

453.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, se controlará el aspecto de la mezcla y medirá su temperatura. El Interventor rechazará todas las mezclas segregadas, carbonizadas o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustible. En este último caso y cuando la planta sea de tipo discontinuo, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

453.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 453.5.2.5.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$\text{ARF\%} - 0.3 \% \leq \text{ART\%} \leq \text{ARF\%} + 0.3 \% \quad [453.1]$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$\text{ART\%} - 0.5 \% \leq \text{ARI\%} \leq \text{ART\%} + 0.5 \% \quad [453.2]$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) 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 mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

En caso de rechazo, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.3.2 Granulometría de los agregados

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

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla 453 - 4, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

En el caso de que los valores obtenidos excedan las tolerancias, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje medio de asfalto de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a las pruebas de valoración descritas en el aparte 453.4.2. Si todos los requisitos allí indicados se cumplen, se aceptará el lote. En caso contrario, se rechazará.

En caso de rechazo, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.4 Calidad de la mezcla

453.5.2.4.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra), para el ensayo Cántabro (norma de ensayo INV E-760) y a ellas se les determinará su gravedad específica bulk (norma de ensayo INV E-802) para el cálculo de vacíos con aire.

Con tres de las probetas se medirá la pérdida por abrasión en seco y con las otras tres se determinará

la pérdida por abrasión luego de un período de inmersión en agua a sesenta grados Celsius (60° C) durante veinticuatro horas (24 h).

Los valores promedio de pérdida de ambos grupos deberán satisfacer los criterios descritos en el numeral 453.4.2. Ninguna de las probetas podrá presentar una pérdida mayor en veinte por ciento (20 %) de la máxima admisible para cada grupo.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias acarrea el rechazo del lote representado por las muestras. En este caso, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.4.2 Vacíos con aire

Se determinará la gravedad específica máxima (D_{mm}) sobre una muestra una muestra representativa de la mezcla del lote, mediante las normas de ensayo INV E-735 o INV E-803.

Para cada una de las probetas moldeadas según el numeral anterior, se calcularán los vacíos con aire mediante la norma de ensayo INV E-736, a partir de su gravedad específica bulk y de la gravedad específica máxima de la muestra representativa del lote. El valor promedio de los vacíos con aire de las seis (6) probetas no podrá diferir en más de dos puntos porcentuales ($\pm 2\%$) del definido al establecer las fórmula de trabajo y, simultáneamente, se deberá encontrar en el rango que se establece en el numeral 453.4.2, sin que ningún valor individual se pueda salir de él en más de tres puntos porcentuales ($\pm 3\%$).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las

muestras. En este caso, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será propiedad del Constructor.

453.5.2.5 Calidad del producto terminado

453.5.2.5.1 Tamaño del lote

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla drenante colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla drenante colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

453.5.2.5.2 Aspectos generales

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la mezcla drenante compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se harán las siguientes verificaciones:

453.5.2.5.3 Compactación

Las verificaciones de la compactación de la capa se realizarán en una proporción de cuando menos

cinco (5) por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. El porcentaje promedio de vacíos con aire en la mezcla no podrá variar en más de tres puntos porcentuales ($\pm 3\%$) del obtenido en la fórmula de trabajo y, simultáneamente, se deberá encontrar en el rango que se establece en el numeral 453.4.2. Además, no más de tres (3) individuos del lote ensayado podrán presentar valores que difieran en más de cuatro puntos porcentuales ($\pm 4\%$) del obtenido al establecer la fórmula de trabajo.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En caso de rechazo, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.4 Espesor

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

$$e_m \geq e_d \quad [453.3]$$

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

$e_i \geq 0.90 e_d$

[453.4]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote por parte del Interventor. En este caso, la capa de mezcla drenante correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material fresado será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.5 Planicidad

La superficie acabada no podrá presentar irregularidades mayores de diez milímetros (10 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser fresadas y repuestas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, y a plena satisfacción del Interventor. El material fresado será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.6 Textura

Las medidas de textura se realizarán a los pocos días de terminada la capa, empleando el método descrito en la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de tres (3), que se ampliarán a cinco (5) si la textura obtenida en uno de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Dichos puntos se elegirán al azar, de acuerdo con la norma INV E-730. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura del lote no podrá ser menor de quince décimas de milímetro (1.5 mm), sin que ningún valor individual sea inferior en más de veinte por ciento (20 %) al promedio mínimo exigido.

El incumplimiento de al menos uno de estos requisitos implicará el rechazo del lote representado por los ensayos. En tal caso, se deberá remover la capa drenante correspondiente al lote y colocar una nueva capa drenante del mismo espesor, por cuenta del Constructor, a plena satisfacción del Interventor y sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

453.5.2.5.7 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurrido, como mínimo treinta (30) días de la puesta en servicio de la capa de mezcla drenante, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento.

Debido a que este parámetro se encuentra relacionado directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Interventor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, en acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal y por cada zona singular (glorieta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del lote, y ninguna de ellas podrá presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 453 - 7.

Tabla 453 - 7. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

ZONA DE LA CARRETERA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO
Zonas de tangente	0.55
Otras zonas	0.60

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (INV E-815). En tal caso, la especificación particular indicará el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deberán ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 453 - 7 para el péndulo británico

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor adelantará medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser corregida por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, bajo el mismo criterio exigido en el inciso precedente para remediar los incumplimientos en cuanto a textura.

453.5.2.5.8 Regularidad superficial (rugosidad)

El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se comprobará de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este Artículo establece que la determinación del IRI se deberá realizar, únicamente, con procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se podrán adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, éste se deberá validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se deberá operar de acuerdo con la norma ASTM E 950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) se presentarán en m/km, en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituirá un lote.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales será definidos por el Interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación del índice internacional de rugosidad (IRI).

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 453 - 8.

Si los resultados de IRI exceden los límites especificados en la Tabla 453 - 8, toda la longitud del lote deberá ser fresada y repuesta en el mismo espesor. El fresado, traslado y disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa, con la calidad exigida por el presente Artículo, serán a expensas del Constructor. El material demolido será de propiedad del Constructor. Éste, a su vez, no

podrá invocar las reconstrucciones motivadas por deficiencias en la regularidad superficial, como causas justificativas del incumplimiento en el programa de trabajo.

Tabla 453 - 8. Valores máximos admisibles de IRI (m/km), para tránsitos NT2 y NT3

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	PAVIMENTOS DE CONSTRUCCIÓN NUEVA Y REHABILITADOS EN ESPESOR ≥ 100 mm	PAVIMENTOS REHABILITADOS EN ESPESOR < 100 mm
40	1.4	1.9
80	2.0	2.5
100	2.5	3.0

453.5.2.5.9 Segregación térmica

El Constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciadas (norma de ensayo INV E-788).

Estas fotografías, que serán incluidas en el informe final de Interventoría, servirán al Instituto Nacional de Vías como antecedente técnico si se presentan deterioros de la capa de mezcla drenante durante el período de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción.

Todas las áreas de mezcla drenante colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

453.6 MEDIDA

Rige lo descrito en el numeral 400.6 y, en particular, en el numeral 400.6.2 del Artículo 400.

453.7 FORMA DE PAGO

Rige lo descrito en el numeral 400.7 y, en particular, en el 400.7.03 del Artículo 400.

Se excluye del precio unitario el suministro del cemento asfáltico modificado con polímeros para la mezcla, el cual se pagará de acuerdo con el Artículo 414.

453.8 ÍTEM DE PAGO

453.1 Mezcla drenante

Metro cúbico(m³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS