

## MEZCLA ABIERTA EN FRÍO

### ARTÍCULO 441 – 13

#### 441.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una mezcla asfáltica de tipo abierto, preparada en frío en una planta fija o ambulante, de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

#### 441.2 MATERIALES

##### 441.2.1 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán satisfacer los requisitos del Artículo 400, numeral 400.2.1. Adicionalmente, deberán cumplir con los requisitos de calidad de la Tabla 441 - 1.

Tabla 441 - 1. Requisitos de los agregados para mezcla abierta en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE TRÁNSITO		
		NT-1	NT-2	NT-3
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles, máximo (%)	E-218			
Capa de: rodadura / intermedia	E-219	25/35	25/35	25/35
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	25/30	20/25
- Capa de: rodadura / intermedia				
Resistencia mecánica por el método del 10% de finos	E-224			110/90
- Valor en seco: rodadura / intermedia, mínimo (kN)				75/75
- Relación húmedo/seco: rodadura / intermedia, mínimo (%)				
Coefficiente de pulimiento acelerado para rodadura, mínimo	E-232	0.45	0.45	0.45
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, agregado grueso y fino, máximo (%)	E-220	18	18	18
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>				
Impurezas en agregado grueso, máximo (%)	E-237	0.5	0.5	0.5
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (F)</b>				
Partículas planas y alargadas, relación 5:1, máximo (%)	E-240	10	10	10
Caras fracturadas, mínimo (%)	E-227	75/-	75/60	85/70
- Una cara: rodadura / intermedia		60/-	75/-	75/-
- Dos caras: rodadura / intermedia				
<b>Adhesividad (O)</b>				
Agregado grueso: Cubrimiento de los agregados con materiales asfálticos en presencia del agua hirviendo, mínimo (%)	E-757	Reportar		

Los agregados se deberán ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 441 - 2.

Tabla 441 - 2. Franja granulométrica para mezcla abierta en frío

TIPO DE MEZCLA	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75	2.26	0.075
	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 200
% PASA								
MAF-38	100	70-95	-	25-55	-	0-15	0-5	0-2
MAF-25	-	100	70-95	-	20-45	0-20	0-10	0-2
MAF-19	-	-	100	70-95	-	10-30	0-10	0-2
TOLERANCIAS EN PRODUCCIÓN SOBRE LA FÓRMULA DE TRABAJO (±)	4 %						3 %	

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 uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

El tipo de mezcla asfáltica por emplear estará en función del espesor compacto de la capa asfáltica y se definirá en los documentos del proyecto, siguiendo los criterios de la Tabla 441 - 3.

Tabla 441 - 3. Tipo de mezcla por utilizar en función del espesor compacto de la capa

TIPO DE MEZCLA	TIPO DE CAPA	ESPESOR COMPACTO (mm)
MAF-19	Rodadura	< 40
MAF-25	Rodadura Intermedia	40 a 75
MAF-38	Intermedia Base Bacheos	> 75 Bacheos

Durante el proceso de compactación de la mezcla se deberá aplicar un sello de arena para evitar la adhesión de las llantas de los vehículos, debido a la presencia de fluidificantes en la emulsión asfáltica. La arena será natural, proveniente de trituración o una mezcla de ambas; estará exenta de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras materias objetables. Sus características deberán ser las mismas que se exigen a los agregados

para el sello de arena-asfalto, según el Artículo 432 de estas especificaciones.

#### **441.2.2 Material bituminoso**

El material bituminoso para elaborar la mezcla abierta en frío será una emulsión asfáltica catiónica de rotura media, correspondiente al tipo CRM indicado en el Artículo 411 y que sea compatible con los agregados pétreos por emplear.

#### **441.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto**

Cuando se requieran, deberán cumplir con 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.

### **441.3 EQUIPO**

---

Rige lo que resulte aplicable de lo indicado en los numerales 400.3 del Artículo 400 y 440.3 del Artículo 440, con la salvedad que las mezclas abiertas en frío normalmente no requieren la adición de agua y, en consecuencia, los depósitos y dispositivos para la aplicación de agua en la planta pueden no ser necesarios.

Como equipo accesorio se requiere, además, un esparcidor mecánico o volqueta desde el cual se pueda repartir arena manualmente sobre la superficie con ayuda de palas.

### **441.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

---

#### **441.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados**

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

**441.4.2 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.

El contenido del ligante se deberá fijar en función de los materiales por emplear, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. Se hará, ante todo, una determinación del contenido óptimo teórico de ligante, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados; y luego, con proporciones variables de ligante por encima y por debajo de este óptimo teórico, se elaborarán mezclas para someterlas al ensayo de cubrimiento y desplazamiento, según la norma INV E-769, cuyos resultados permitirán definir la proporción de emulsión en relación con el peso de los agregados secos.

La mezcla abierta en frío no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Interventor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en 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.

**441.4.3 Preparación de la superficie existente**

Al respecto, resulta aplicable lo descrito para las mezclas densas en frío en el numeral 440.4.3 del Artículo 440.

**441.4.4 Fase de experimentación**

Rige lo indicado en el numeral 400.4.3 del Artículo 400.

**441.4.5 Aprovechamiento de los agregados y elaboración de la mezcla**

Se aplica el procedimiento descrito para las mezclas densas en frío en los numerales 440.4.5 y 440.4.6 del Artículo 440, modificado este último en el hecho de que la incorporación de agua de preenvuelta en el mezclador no suele ser necesaria.

**441.4.6 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

nocturnas si, a juicio del Interventor, existe una iluminación artificial apropiada que permita la extensión y compactación de la mezcla, tal como se establece en el numeral 441.4.14.

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de los solventes volátiles de la emulsión.

#### **441.4.7 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.

#### **441.4.8 Extensión de la mezcla**

Resulta aplicable el mismo procedimiento descrito en el numeral 440.4.9 del Artículo 440 para las mezclas densas en frío, excepto lo referente a la adición y enrase de mezcla por parte de obreros detrás de la máquina pavimentadora.

#### **441.4.9 Compactación de la mezcla**

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase de experimentación.

Normalmente, la compactación comienza con una sola pasada del rodillo vibratorio liso con el fin de obtener la adecuada orientación del agregado. A continuación, se extiende manualmente una capa de arena, a razón de unos cuatro kilogramos por metro cuadrado ( $4 \text{ kg/m}^2$ ), con el fin de eliminar la consistencia viscosa de la mezcla y, posteriormente, se pasará el rodillo neumático el número de veces definido en la fase de experimentación, con el fin de que la mezcla alcance un grado de firmeza satisfactorio para el Interventor.

La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas, en donde el cilindro avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma fijada por el Interventor, hasta que la

superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta 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.

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. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, cuando sea preciso, húmedos.

En los lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, el proceso se efectuará mediante máquinas de tamaño y diseño adecuado para la labor por realizar, previo el visto bueno del Interventor.

Cuando la mezcla tenga por objeto servir como capa de rodadura, la textura del pavimento terminado deberá ser uniforme y permitir una adecuada adherencia con las llantas de los vehículos en condición de superficie húmeda.

#### **441.4.10 Juntas de trabajo**

Resulta aplicable lo descrito en el numeral 440.4.11 del Artículo 440.

#### **441.4.11 Almacenamiento de mezclas abiertas en frío**

Cuando la mezcla no se vaya a emplear inmediatamente después de su fabricación, se deberá acopiar en un lugar apropiado, donde quede protegida contra la acción de lluvias que puedan lavar la película de ligante. Los acopios se deberán realizar por capas de poca altura para evitar la segregación y con una disposición adecuada para prevenir su contaminación.

Si el tiempo de almacenamiento es muy largo y se forma una costra dura en la superficie del acopio, esta costra se deberá retirar completamente y descartar en el momento en que se vaya a emplear la mezcla.

#### **441.4.12 Bacheos**

Resulta aplicable lo indicado en el numeral 440.4.13 del Artículo 440.

**441.4.13 Apertura al tránsito**

El tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito una vez que el grado de compactación alcanzado resulte satisfactorio para el Interventor. La velocidad de los vehículos se deberá limitar a treinta kilómetros por hora (30 km/h) durante las setenta y dos (72) horas siguientes a la apertura al tránsito.

En los casos en que la mezcla abierta en frío se construya como capa intermedia, se podrá abrir al tránsito con las mismas limitaciones, mientras se construye la capa superior, la cual no se podrá colocar hasta que la mezcla abierta se encuentre totalmente curada en cuanto a la eliminación del agua y del fluidificante de la emulsión.

**441.4.14 Limitaciones en la ejecución**

No se permitirá la extensión y compactación de mezclas abiertas en caliente cuando la temperatura ambiente a la sombra y la de la superficie del pavimento sean inferiores a cinco grados Celsius (5 ° C) o haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra.

Los trabajos de construcción de la mezcla abierta en frío 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 durante las horas de luz solar.

**441.4.15 Manejo ambiental**

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

**441.4.16 Reparaciones**

Al respecto, se aplica todo lo indicado en el numeral 440.4.17 del Artículo 440.

## **441.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

---

### **441.5.1 Controles**

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

### **441.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

#### **441.5.2.1 Calidad de la emulsión**

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica serán los establecidos en el Artículo 411

#### **441.5.2.2 Calidad de los agregados pétreos**

##### **441.5.2.2.1 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 441 - 1.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en el numeral 441.2.1, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

##### **441.5.2.2.2 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 441 - 4.

Tabla 441 - 4. Ensayos de verificación sobre los agregados para mezcla abierta en frío

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
<b>Composición (F)</b>		
Granulometría	E-123	1 por jornada
<b>Dureza, agregado grueso (O)</b>		
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
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes
<b>Limpieza, agregado grueso (F)</b>		
Impurezas en agregado grueso	E-237	1 por semana
<b>Geometría de las partículas, agregado grueso (F)</b>		
Partículas planas y alargadas, relación 5:1	E-240	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada

El Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 441 - 4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados minerales que no satisfagan los requisitos del numeral 441.2.1 del presente Artículo. 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.

#### 441.5.2.3 Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Interventor controlará el aspecto de la mezcla. Rechazará todas las mezclas

segregadas, así como aquellas cuya envuelta no sea homogénea.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

#### 441.5.2.3.1 Contenido de asfalto

Sobre cinco (5) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 441.5.2.4.1, 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%).

$$\text{ARF}\% - 0.3\% \leq \text{ART}\% \leq \text{ARF}\% + 0.3\%$$

[441.1]

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.

$$\text{ART}\% - 0.5\% \leq \text{ARI}\% \leq \text{ART}\% + 0.5\%$$

[441.2]

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 abierta en frío 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.

#### **441.5.2.3.2 Granulometría de los agregados**

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados, según la norma de ensayo INV E-782.

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 441 - 2, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, pero no salgan de la franja, el Constructor deberá elaborar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con este agregado. Dicha mezcla se someterá a las pruebas de valoración descritas en el numeral 441.4.2 de esta especificación. Si los requisitos allí indicados no resultan satisfactorios para el Interventor, se rechazará el lote representado por esas muestras.

En caso de rechazo, la capa de mezcla abierta en frío 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.

#### **441.5.2.4 Calidad del producto terminado**

##### **441.5.2.4.1 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 colocada en todo el ancho de la calzada;
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) de mezcla colocada;
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

#### 441.5.2.4.2 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 compactada, no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, se harán las siguientes verificaciones:

#### 441.5.2.4.3 Espesor

Las determinaciones de espesor de la capa compactada 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 INV E-730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro. El espesor promedio de la capa compactada ( $e_m$ ) no podrá ser inferior al espesor de diseño ( $e_d$ ).

$$e_m \geq e_d$$

[441.3]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual ( $e_i$ ) deberá ser, como mínimo, igual al ochenta por ciento (80 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o

mayor al setenta y cinco por ciento (75 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.80 e_d$$

[441.4]

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del lote. En tal caso, la capa de mezcla abierta en frío 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.

A opción del Constructor y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, el fresado y reposición de la capa se pueden sustituir por la colocación de una capa adicional a su costa, de cinco centímetros (5 cm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421 de estas especificaciones.

#### 441.5.2.4.4 Planicidad

La superficie compactada no deberá presentar irregularidades de más de diez milímetros (10 mm) en capas de rodadura ni de más de quince milímetros (15 mm) en capas intermedias o bacheos, 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 el Interventor, los cuales no deberán estar afectados por cambios de pendiente. Las zonas que presenten deficiencias de este tipo deberán ser reparadas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

**441.5.2.4.5 Textura**

Las medidas de textura se realizarán antes de la puesta en servicio de la capa y se harán únicamente sobre mezclas compactadas como capa de rodadura, 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. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el Interventor podrá autorizar la reducción de la frecuencia de los ensayos.

La ubicación de los puntos de medida se realizará al azar, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-730.

La profundidad media de textura deberá ser, cuando menos, igual a un milímetro (1.0 mm), sin que ningún valor individual sea inferior a ocho décimas de milímetro (0.8 mm) y sin que existan áreas con evidencias indudables de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de mezcla abierta en frío 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. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional, a su costa, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se deberá ejecutar en acuerdo al Artículo 421, también sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

#### 441.5.2.4.6 Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, treinta (30) días de la puesta en servicio, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento sobre mezclas densas en frío construidas para servir como capas de rodadura.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote 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 441 - 5, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección.

En caso de que se presenten valores menores, el Interventor realizará 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. Para ello, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y repuesta a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías, quedando el material fresado de propiedad del Constructor. Alternativamente y a opción del Constructor, y si no existen problemas de gálibo o de sobrecargas estructurales, éste podrá colocar una capa adicional de una mezcla del mismo tipo, sin costo adicional

para el Instituto Nacional de Vías, de cincuenta milímetros (50 mm) de espesor compacto, cumpliendo todos los requisitos de calidad de esta especificación. El riego de liga que se deba colocar para adherir las capas se deberá ejecutar en acuerdo al Artículo 421, también sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Tabla 441 - 5. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

TIPO DE CAPA	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO, MÍNIMO		
	NT1	NT2	NT3
Glorietas; curvas con radios menores de 200 metros; pendientes $\geq 5\%$ en longitudes de 100 metros o más; intersecciones; zonas de frenado frecuente.	0.50	0.55	0.60
Otras secciones	0.45	0.50	0.50

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (norma de ensayo 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 441 - 5 para el péndulo británico.

#### 441.5.2.4.7 Regularidad superficial

Para mezclas abiertas en frío que hagan las veces de capa de rodadura, resultan aplicables las exigencias del numeral 440.5.2.6.8 del Artículo 440.

#### 441.5.2.4.8 Construcción de capas de renivelación

Cuando una mezcla abierta en frío se emplee como capa de renivelación de un pavimento existente, deberá cumplir con los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa intermedia.

#### **441.5.2.4.9 Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor**

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de mezcla abierta en frío por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

#### **441.5.2.4.10 Medidas de deflexión**

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla abierta en frío, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

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

### **441.6 MEDIDA**

---

Rige lo descrito en el Artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.6.2. Para bacheos, se aplicará lo especificado en el numeral 400.6.3 del mismo Artículo.

**441.7 FORMA DE PAGO**

---

Rige lo descrito en el Artículo 400 y, en particular, en el numeral 400.7.3.

Se excluyen del precio unitario el suministro y el almacenamiento de la emulsión para la mezcla, que se pagarán de acuerdo el Artículo 411.

**441.8 ÍTEM DE PAGO**

---

441.1 Mezcla abierta en frío tipo MAF-19	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
441.2 Mezcla abierta en frío tipo MAF-25	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
441.3 Mezcla abierta en frío tipo MAF-38	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
441.4 Mezcla abierta en frío tipo MAF-38 para bacheo	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )