

## **ARTÍCULO 441 - 07**

### **MEZCLA ABIERTA EN FRÍO**

#### **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 para la elaboración de una mezcla abierta en frío deberán cumplir los requisitos de calidad establecidos para ellos en el numeral 400.2.1 del Artículo 400.

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Constructor, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en estas especificaciones.

Los agregados se deberán ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la Tabla 441.1.

La gradación MAF-1 se empleará en la construcción de bacheos y de capas de espesor compacto superior a setenta y cinco milímetros (75 mm), la MAF-2 para capas de espesor entre cuarenta y setenta y cinco milímetros (40 mm - 75 mm) y la MAF-3 se usará cuando el espesor de la capa compacta sea inferior a cuarenta milímetros (40 mm).

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.

Tabla 441.1  
Gradaciones para mezclas abiertas en frío

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
NORMAL	ALTERNO	MAF-1	MAF-2	MAF-3
37.5 mm	1 1/2"	100	-	-
25.0 mm	1"	70-95	100	-
19.0 mm	3/4"	-	70-95	100
12.5 mm	1/2"	25-55	-	70-95
9.5 mm	3/8"	-	20-45	-
4.75 mm	No.4	0-15	0-20	10-30
2.36 mm	No.8	0-5	0-10	0-10
75 µm	No.200	0-2	0-2	0-2

#### 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 numeral 400.2.4 del Artículo 400 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, se deberán ajustar a lo descrito en el numeral 400.2.7 del Artículo 400 y en el Artículo 412 de las presentes especificaciones.

#### 441.3 EQUIPO

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 400.3 del Artículo 400, así como lo descrito en el numeral 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 indicado en el numeral 400.4.1 del Artículo 400.

##### 441.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

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

El contenido del ligante se deberá fijar a la vista 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 establecido 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, 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.

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.

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 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.

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 frío 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 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 operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquél. 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, rige 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**

Al respecto, son aplicables las exigencias incluidas en el numeral 440.5.2.1 del Artículo 440 de las presentes especificaciones, con la salvedad de la diferencia en el tipo de emulsión, por cuanto la mezcla abierta en frío se elabora con una emulsión de rotura media.

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

En relación con los agregados pétreos, resultan aplicables las exigencias del numeral 440.5.2.3 del Artículo 440, con las siguientes modificaciones:

- No es necesario determinar la plasticidad, el equivalente de arena de los agregados, el valor de azul de metileno, ni la angularidad del agregado fino.
- Durante la etapa de investigación preliminar y al menos una (1) vez a la semana durante la etapa de producción, se deberá efectuar la prueba de adhesividad, según la norma de ensayo INV E-737.

### **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, realizará los siguientes controles:

#### **a. 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, se determinará el contenido de asfalto residual (INV E-732).

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

$$ARF \% - 0.3 \% \leq ART \% \leq ARF \% + 0.3 \%$$

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

$$ART \% - 0.5 \% \leq ARI \% \leq ART \% + 0.5 \%$$

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 de ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla.

**b. 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. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica 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 los límites de la franja.

Tabla 441.2  
Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas abiertas en frío

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4.75 mm (No. 4) y mayores.	± 4%
Menores que 4.75 mm (No. 4)	± 3%

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.

**441.5.2.4 Calidad del producto terminado**

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

- Quinientos metros lineales (500m) de mezcla abierta en frío colocada en todo lo ancho de la vía.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) de mezcla abierta en frío colocada.
- 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 del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluidos 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 abierta en frío compactada en capas de rodadura o intermedia no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, el Interventor estará obligado a efectuar las siguientes verificaciones:

### **a. 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 estas medidas ( $e_m$ ) deberá ser, como mínimo, igual al de diseño ( $e_d$ ):

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada muestra individual ( $e_i$ ) deberá ser, cuando menos, igual al ochenta por ciento (80%) del espesor de diseño ( $e_d$ ), admitiéndose tan sólo una medida por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea superior al setenta por ciento (70%) del espesor de diseño ( $e_d$ ).

$$e_i \geq 0.8 e_d$$

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, todo ello a cargo y costa del Constructor. El material fresado será de propiedad de este último.

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.

### **b. Lisura**

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), colocada 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, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

### **c. 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 reducir 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, todo a cargo y costa del Constructor, quedando el material fresado de propiedad de éste. 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 será también de cuenta del Constructor, quien deberá ejecutarlo en acuerdo al Artículo 421 de estas especificaciones.

#### **d. Resistencia al deslizamiento**

En relación con este parámetro, son aplicables los criterios indicados en el inciso d. del numeral 440.5.2.6 del Artículo 440, referente al control de las mezclas densas en frío.

#### **e. Regularidad superficial (rugosidad)**

Para mezclas abiertas en frío que hagan las veces de capa de rodadura, resultan aplicables las exigencias del inciso e. del numeral 440.5.2.6 del Artículo 440 de estas especificaciones.

#### **f. 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.

#### **g. 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.

#### **h. 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, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

#### **441.6 MEDIDA**

Rige lo descrito en el numeral 400.6.2 del Artículo 400. 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 numeral 400.7.2 del Artículo 400.

### **ÍTEM DE PAGO**

441.1 Mezcla abierta en frío tipo MAF-1	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
441.2 Mezcla abierta en frío tipo MAF-2	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
441.3 Mezcla abierta en frío tipo MAF-3	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
441.4 Mezcla abierta en frío para bacheo	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )