



Asociación Mexicana  
del Asfalto, A.C.

# Protocolo AMAAC PA-CR 04/2015

Diseño, fabricación y colocación  
de las diferentes capas de rodadura  
en caliente



## Diseño, fabricación y colocación de mezclas para capas de rodadura elaboradas en caliente

### A. CONTENIDO

Este documento proporciona los parámetros de calidad que deben cumplir las mezclas para capas de rodadura elaboradas en caliente de mayor uso en México: Granulometría Abierta (**Open Graded Friction Course**), Stone Mastic Asphalt (**SMA**) y Capa Asfáltica Superficial Altamente Adherida (**CASAA**) en las etapas de diseño, fabricación y colocación, para lograr los desempeños esperados de este tipo de aplicaciones.

El uso de las mezclas **CASAA** y **SMA** es relativamente reciente en nuestro país y el estado de la práctica está migrando al estado del arte internacional. En el entorno internacional las capas están debidamente probadas y documentadas, principalmente en países europeos y en los Estados Unidos de Norteamérica, por lo que realizar cambios técnicamente injustificados en los criterios de diseño, características de los materiales y equipos de producción y colocación, pueden afectar considerablemente su desempeño.

En la práctica actual en México, las mezclas **CASAA** y **SMA** presentan desempeños favorables cuando se apegan al diseño y prácticas recomendadas; no obstante, es necesario reforzar varios aspectos que permitan obtener aplicaciones consistentes y apegadas a los estándares internacionales.

### B. DEFINICIONES

#### B.1 Definiciones

Capa de rodadura de mezcla asfáltica elaborada en caliente: se define como la capa superficial del pavimento fabricada con mezcla asfáltica en caliente que está sometida a las cargas directas de tránsito y expuesta a la acción de los agentes climáticos. La capa de rodadura proporciona a los usuarios del camino una superficie segura, confortable y estética, es por ello que se justifica el uso de asfaltos y agregados de alta calidad. Las capas de rodadura se construyen en espesores menores de 4 cm y se considera que no tienen aporte estructural.

**Capa asfáltica de granulometría abierta (Open Graded Friction Course – OGFC):** Es una mezcla en caliente, uniforme, homogénea y con un alto porcentaje de vacíos, elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos de granulometría uniforme, con tamaño nominal de 12,5 milímetros. Generalmente se construyen sobre una carpeta de granulometría densa, con la finalidad de permitir que el agua de lluvia sea desplazada por las llantas de

los vehículos, ocupando los vacíos de la carpeta, con lo que se incrementa la fricción de las llantas con la superficie de rodadura, se minimiza el acuaplaneo, se reduce la cantidad de agua que se impulsa sobre los vehículos adyacentes, reduce el ruido y se mejora la visibilidad del señalamiento horizontal.

**Mezcla asfáltica en caliente (Stone Mastic Asphalt – SMA):** Es la combinación de cemento asfáltico, agregados de granulometría discontinua con gran cantidad de gruesos, poco tamaño medio y gran cantidad de finos, con fibras y eventualmente aditivos. Este tipo de mezclas se caracterizan por ser uniformes y homogéneas con tamaño nominal entre 12,5 mm y 9,5 mm, se utilizan normalmente para formar capas de rodadura, aunque también pueden utilizarse en capas estructurales de carreteras de alto tránsito. Cuando son usadas como capas de rodadura, su finalidad principal es mejorar las condiciones de circulación de los vehículos respecto a una carpeta asfáltica convencional.

**Capa asfáltica superficial altamente adherida (CASAA):** Consiste de una membrana homogénea de emulsión asfáltica polimerizada, como elemento para garantizar la impermeabilización y la alta adherencia, seguida de una capa delgada de concreto asfáltico polimerizado de granulometría discontinua escalonada con alta fricción interna y resistente a deformaciones. Provee una excelente macrotextura y capacidad drenante, la cual proporciona una fricción adecuada y reduce el fenómeno de acuaplaneo; disminuye el nivel del ruido y pulverización de agua durante la lluvia, es una aplicación rápida y de pronta apertura al tránsito, tendida con equipo sincronizado, por lo que no es susceptible a delaminaciones. Proporciona una apariencia estética y uniforme, de alta seguridad y confort para el usuario, con alto nivel de servicio y durabilidad.

3

## C. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

### C.1 Granulometría

Las recomendaciones para las granulometrías, espesores de capas y tipos de vías en que se aplican las capas de rodadura en caliente, se indican en las Tablas 1 y 2.

#### C.1.1 Granulometría abierta

Se recomienda que el tamaño nominal de la mezcla abierta guarde una relación mínima de 1:3 con respecto al espesor de la capa donde será colocada la mezcla. En el entendido de que 1 corresponde al tamaño nominal y 3 al espesor de la capa donde será colocada la mezcla.

Es importante considerar que durante el proceso de diseño de la mezcla se debe hacer la selección de la granulometría de acuerdo al espesor de la capa donde se va a colocar la mezcla cumpliendo con los límites granulométricos que se especifican en las Tabla 1 y 2.

### C.1.2 SMA

La granulometría tiene una gran importancia en las mezclas SMA. Se recomienda que el tamaño nominal (TN) de la mezcla SMA guarde una relación mínima de aproximadamente 1:3 con respecto al espesor de la capa donde será colocada la mezcla.

Es importante considerar que durante el proceso de diseño de la mezcla deberá hacerse una selección de la granulometría óptima que este dentro de los límites que se especifican en la Tabla 1 y 2.

Para la selección de la granulometría óptima, se suele iniciar con tres granulometrías de ensayo, una cercana al límite superior, otra cercana al límite inferior y una más entre ambos límites. Con cada una de estas granulometrías se realizan series de probetas (al menos 2 probetas por serie), con un contenido de asfalto del 6,5% sobre la masa de los agregados (aunque este contenido inicial puede variar en función de la densidad de los agregados utilizados) y un contenido de agente estabilizador, normalmente 0,3% sobre la masa de la mezcla.

La granulometría seleccionada será aquella que presente un porcentaje de vacíos en la mezcla cercano al 4%, que cumpla o exceda los requerimientos mínimos de VAM (vacíos en el agregado mineral), que tenga un  $VCA_{MIX}$  (vacíos en el agregado grueso en la mezcla) menor que el  $VCA_{DRC}$  (vacíos en el agregado grueso en el ensayo de varillado en seco según la norma AASHTO T 19) y que los VFA (vacíos rellenos con asfalto) se encuentren entre el 75 y 82%. La granulometría seleccionada deberá tener un VAM alrededor del 17% (típicamente del 17,5 al 18%). La granulometría seleccionada basada en las condiciones mencionadas arriba se denomina como la **granulometría óptima**.

### C.1.3 CASAA

La granulometría del agregado para la mezcla CASAA deberá satisfacer lo que en el presente apartado se especifica y dentro de los límites listados en la Tabla 1 para cada tipo de mezcla. Es recomendable que el tamaño nominal de la mezcla guarde una relación mínima de 1:2,5 con relación al espesor de la capa. En este caso 1 corresponde al tamaño nominal y 2,5 al espesor.

Clasificación	Tipo "A"		Tipo "B"		Tipo "C"		
	SMA	CASAA	SMA	CASAA	Abierta	SMA	CASAA
Mezcla							
Abertura (designación) de malla	% que Pasa						
19 mm (3/4")					100	100	
15,8 mm (5/8")							100
12,5 mm (1/2")			100	100	65 – 100	90 – 100	85 – 100
9,5 mm (3/8")	100	100	70 – 95	85 – 100	48 – 72	50 – 80	60 – 80
6,3 mm (1/4")					30 – 52		
4,75 mm (núm. 4)	30 – 45	40 – 55	30 – 50	28 – 36	18 – 38	20 – 35	28 – 36
2,38 mm (núm. 8)	20 – 27	22 – 32	20 – 30	20 – 32		16 – 24	20 – 32
1,19 mm (núm. 16)		15 – 25		15 – 23			15 – 23
0,60 mm (núm. 30)		10 – 18		10 – 18			10 – 18
0,30 mm (núm. 50)		8 – 13		8 – 13			8 – 13
0,15 mm (núm. 100)		6 – 10		6 – 10	5 – 19		6 – 10
0,075 mm (núm. 200)	9 – 12	4 – 7	8 – 12	4 – 7	2 – 4	8 – 11	4 – 7

Tabla 1. Límites granulométricos por peso de las mezclas para capas de rodadura en caliente

Clasificación	Mezcla	Espesor mínimo para capas nuevas sobre pavimentos reconstruidos o caminos nuevos (mm)	Espesor mínimo para capas con fallas funcionales menores (mm)	Tipo de vía en la que se aplica
Tipo "A"	CASAA	15	20	Adecuado para pistas de aterrizaje en aeropuertos
	SMA			
Tipo "B"	CASAA	20	25	Adecuado para vialidades urbanas de alto tránsito
	SMA	30	35	
Tipo "C"	Granulometría Abierta	35	40	Adecuado, se recomienda para carreteras y autopistas
	SMA	35	40	
	CASAA	25	37,5	

Tabla 2. Espesores y tipos de vías que se recomiendan para la aplicación de las mezclas para capas de rodadura en caliente

## C.2 Características de las mezclas para las capas de rodadura

Cada capa de rodadura se diseñará de acuerdo a lo indicado en los puntos siguientes. No aplica el método Marshall para el diseño de estas capas.

### C.2.1 Granulometría Abierta

La composición de la mezcla de **Granulometría abierta** debe corresponder al resultado del proceso de diseño de la mezcla. El diseño de la mezcla tendrá que satisfacer la especificación que se indica en la Tabla 3.

Característica o dosificación	Valor
Vacíos en mezcla, %	20 mín.
Pérdida por desgaste al ensayo Cántabro <sup>1</sup> en especímenes no envejecidos %.	20 máx.
Pérdida por desgaste al ensayo Cántabro <sup>2</sup> en especímenes envejecidos, %.	30 máx.
Escurrecimiento de asfalto, <sup>3</sup> %.	0,3 máx.
Resistencia al daño inducido por humedad (TSR), <sup>4</sup> %	80 mín.

1 El ensayo Cántabro consiste en someter una serie de 4 probetas de mezcla abierta, una a la vez, (fabricadas una granulometría y contenido de asfalto definidos) a la acción del tambo de Los Ángeles sin carga abrasiva a una velocidad normalizada de 30 a 33 rpm, durante 300 giros del bombo. El resultado del ensayo consiste en determinar la pérdida en masa durante el ensayo, denominada desgaste, y expresada en porcentaje de la masa inicial. El ensayo se ejecuta a una temperatura comprendida entre los 15 y 30 °C, siendo común el ejecutarlo alrededor de los 20 °C. Para mayor detalle del Ensayo Cántabro remitirse a lo indicado en la norma ASTM D 7064/D7064M-08, Standard practice for Open-Graded Friction Course (OGFC) Mix Design.

2 El envejecimiento consiste en colocar un grupo de 3 especímenes en un horno de aire forzado a una temperatura de 60 °C durante un periodo de 7 días.

3 Obtenido según se indica en la norma AASHTO T 305-97 (2001), "Determination of draindown characteristics in uncompacted asphalt mixtures".

4 De acuerdo al ensayo descrito en la norma ASTM D4867-09, "Effect of moisture on asphalt concrete paving mixtures".

Tabla 3. Especificación para el diseño de mezclas abiertas

Para la evaluación del parámetro, vacíos en mezcla, indicado en la Tabla 3; se debe realizar la compactación de los especímenes para alcanzar las dimensiones de 10 cm de diámetro por  $63,5 \pm 2,5$  mm de altura, realizando la compactación con el compactador giratorio, dando 50 giros. El método sugerido para la obtención de los vacíos de la mezcla es el método de la parafina según se describe en el procedimiento ASTM D1188-07. “Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures Using Coated Samples”.

### C.2.2 SMA

La dosificación de la mezcla debe corresponder al resultado del proceso de diseño de la mezcla asfáltica SMA. El diseño deberá satisfacer la especificación que se indica en la Tabla 4.

Característica o dosificación	Valor
Vacíos en mezcla, %	$4,0 \pm 1$
Vacíos en el agregado mineral, %	17 mín.
Vacíos ocupados por el asfalto, %	75 a 82
Resistencia al daño inducido por humedad (TSR), <sup>1</sup> %	80 mín.
Fibras, <sup>2</sup> %	0,3 mín.
Contenido de asfalto, <sup>2</sup> %	6,0 mín.
Escurrimiento de asfalto, <sup>3</sup> %	0,3 máx.
Adicionalmente los vacíos en el agregado grueso, en la mezcla compactada ( $VAC_{MIX}$ ) deben de ser menores que los vacíos en el agregado grueso, en la condición de varillado en seco ( $VAG_{DRC}$ ) <sup>4</sup>	
<sup>1</sup> De acuerdo al ensayo descrito en la norma ASTM D4867-09, “Effect of moisture on asphalt concrete paving mixtures”.	
<sup>2</sup> Los porcentajes de dosificación están definidos con base en la masa total de la mezcla.	
<sup>3</sup> Obtenido según se indica en la norma AASHTO T 305-97 (2001), “Determination of draindown characteristics in uncompacted asphalt mixtures”.	
<sup>4</sup> Obtenido según se indica en la norma ASTM C 29-09 “Standard method of test for bulk density (“unit weight”) and voids in aggregate”. Este ensayo se ejecuta con la fracción gruesa del agregado de la mezcla.	

Tabla 4. Especificación para el diseño de mezclas tipo SMA

Para la evaluación de las propiedades volumétricas indicadas en la Tabla 4, realizar la compactación de los especímenes con la geometría del molde de 4” con el equipo de compactación giratorio Superpave, con un ángulo de giro de  $1,25^\circ$ , presión de 600 kPa a 100 giros.

**molde de 10 cm de diámetro y 63,5 mm de altura (como en mezcla abierta)**

### C.2.3 CASAA

Para las mezclas CASAA el espesor de película asfáltica deberá ser de 9 micrones como mínimo cuando se calcula utilizando el Contenido de Asfalto Efectivo considerando el área superficial del agregado. Los factores para la determinación del área superficial serán conforme se especifican en el Manual del Instituto Americano del Asfalto MS-2 “Métodos para el diseño de mezclas para concreto asfáltico y otros tipos de mezclas en caliente”.

La mezcla deberá presentar un escurrimiento de asfalto máximo de 0,3% de acuerdo al método de prueba AASHTO T305-97 (2001) “Determination of draindown characteristics in uncompacted asphalt mixtures”. La prueba de escurrimiento deberá ser corrida con el contenido óptimo de asfalto más 0,5% y a una temperatura de  $15^\circ\text{C}$  por arriba de la máxima de mezclado.

Para medir la susceptibilidad a la humedad de la mezcla asfáltica se debe emplear la Prueba de tensión indirecta norma ASTM D4867-09, “*Effect of moisture on asphalt concrete paving mixtures*” debiendo tener un resultado mínimo de 80%. Los especímenes para esta prueba deberán ser de 100 milímetros de diámetro y compactados en el compactador giratorio Superpave de acuerdo a la norma ASTM D6925-09 “*Preparation and determination of the relative density of hot mix asphalt (HMA) specimens by means of the superpave gyratory compactor*”. Un ciclo de congelamiento de 16 horas deberá ser aplicado antes de realizar la prueba. Las temperaturas de mezclado y compactación deberán ser las recomendadas por el proveedor del producto asfáltico. Para la fabricación de los especímenes, la mezcla asfáltica deberá ser compactada en el Compactador Giratorio Superpave a 100 giros, con un ángulo de 1,25° y 600 kPa de presión.

### C.3 Contenido óptimo de asfalto y propiedades de las diferentes mezclas

#### C.3.1 Granulometría abierta

En las mezclas de **Granulometría abierta** el **contenido óptimo** de asfalto se obtiene mediante prueba y error de diferentes contenidos de asfalto para la granulometría seleccionada hasta lograr el cumplimiento de las especificaciones señaladas en la Tabla 3. En caso de que diferentes contenidos de asfalto cumplan con la especificación (contenido de vacíos en la mezcla y pérdida por desgaste al ensayo Cántabro), será seleccionado como **contenido óptimo** aquel que cumpla de mejor manera la especificación.

#### C.3.2 SMA

En las mezclas tipo **SMA**, una vez que se ha definido la granulometría más adecuada, se determinará el **contenido óptimo** de asfalto. Para ello, será necesario realizar series de probetas con la granulometría óptima y diferentes contenidos de asfalto.

El **contenido de asfalto óptimo** será aquel con el cual se logre cumplir de mejor manera con la especificación contenida en la Tabla 4.

#### C.3.3 CASAA

Para las mezclas tipo **CASAA**, la selección del contenido de asfalto estará en función del cumplimiento de las propiedades siguientes:

- Espesor de película efectiva: 9 micrones mínimo.
- Drene (escurrimiento de asfalto) AASTHO T305-14: 0,3% máximo.
- TSR (procedimiento de norma ASTM D4867-09, “*Effect of moisture on asphalt concrete paving mixtures*”): 80% mínimo.
- Requerimientos para el diseño volumétrico:
  - Vacíos del agregado mineral (VAM): 20%, mínimo
  - Vacíos de aire (Va): 13 a 25%

Las propiedades volumétricas serán determinadas conforme al método de prueba descrito en la norma ASTM D6752 / D6752M-11, “*Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures Using Automatic Vacuum Sealing Method*”.

## D. CALIDAD DE LOS MATERIALES

### D.1 Agregados

Los agregados que se utilizarán en las diferentes mezclas serán producto de trituración. Los agregados se producirán y suministrarán en fracciones granulométricas bien diferenciadas, las cuales se almacenarán y manejarán separadas.

Los agregados se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación. El número mínimo de fracciones será de tres.

8) Cuando los agregados para estas mezclas pertenezcan a más de un solo banco, se deberá asegurar que el mezclado del material de las diversas fuentes sea homogéneo, sin olvidar que las fracciones granulométricas se deben mantener diferenciadas para el proceso de dosificación.

Los agregados gruesos tales como grava triturada de roca de basalto, dolomita, andesita, granito, escoria o la mezcla de dos o más de estos materiales, se considerarán potencialmente adecuados para ser empleados en mezclas. **No se permitirá el empleo de materiales pulimentables en mezclas para capas de rodadura.**

Se recomienda que las arenas utilizadas procedan en su totalidad de la trituración de roca. El material fino debe estar exento de grumos de arcilla, material vegetal, u otras materias potencialmente dañinas para el comportamiento de la mezcla.

En las regiones donde únicamente se cuente con agregados calizos y pulimentables, se podrán utilizar este tipo de materiales considerando un desgaste de Los Ángeles  $\leq 30\%$  y coeficiente de pulimento  $\geq 30\%$ , y tomando en cuenta que la vida útil de la capa de rodadura podrá disminuir, dependiendo del tránsito vehicular.

#### D.1.1 Agregado grueso

##### D.1.1.1 Granulometría Abierta

El agregado grueso para las mezclas de **granulometría** se define en función del tamaño del agregado utilizado en la mezcla. De tal manera que para las mezclas abiertas el agregado grueso se define como la fracción retenida en la malla núm. 4 (4,75 mm) y mayores.

##### D.1.1.2 SMA

El agregado grueso para las mezclas SMA se define en función de la clasificación de la mezcla establecida en la Tabla 1 de este documento. De tal manera que para las mezclas SMA tipo A, el agregado grueso se define como la fracción retenida en malla núm. 16 (9,5 mm), para las mezclas tipo B la fracción retenida en la malla núm. 8 (2,38 mm) y para las mezclas SMA tipo C, el agregado grueso se define como la fracción retenida en la malla núm. 4 (4,75 mm).



En la Tabla 5 se indican los requisitos de calidad que deben cumplir los agregados gruesos que se utilizan en la fabricación de mezclas SMA.

#### D.1.1.3 CASAA

El agregado grueso (material pétreo retenido en la malla núm. 4 para el sistema CASAA deberá cumplir con los requisitos de calidad que se muestra en la Tabla 5.

Cuando el agregado grueso para estas mezclas pertenezcan a más de una fuente, o a más de un solo banco, deberán mezclarse proporcionalmente hasta obtener una mezcla homogénea.

En la Tabla 5 se indican los requisitos de calidad que deben cumplir los agregados gruesos que se utilizan en la fabricación de mezclas para capas de rodadura.

Ensayo	Norma aplicable	Requisito
Desgaste de Los Ángeles, %	ASTM C131-06	25 máx.
Partículas planas y alargadas, % (5:1)	ASTM D 4791-10 método B	5 máx.
Absorción, %	ASTM C127-12	3 máx
Intemperismo (5 ciclos), %	ASTM C88-05	
	Sulfato de sodio	15 máx.
	Sulfato de magnesio	20 máx.
Partículas trituradas, %	ASTM D5821-01 (2006)	
	Una cara	100 mín.
	Dos caras	90 mín.
Afinidad Ligante-agregado, <sup>1</sup> %	RA 08/2010	10 máx.
Pulimento acelerado, %	TEX 438-A/1999	30 mín.
Desgaste MicroDeval	ASTM D6928-10	15 máx.
<sup>1</sup> En caso de desprendimientos mayores, debe emplearse aditivo promotor de adherencia en la dosificación necesaria para cumplir con el requisito establecido.		

Tabla 5. Requisitos de calidad del agregado grueso para las mezclas de capas de rodadura en caliente

#### D.1.2 Agregado fino

##### D.1.2.1 Granulometría abierta

Para las mezclas de **Granulometría abierta** el agregado fino se define como el material que pasa por la malla núm. 4.

##### D.1.2.2 SMA

Para las mezclas SMA, el agregado fino se define en función de la clasificación de la mezcla establecida en la Tabla 1 de este documento. De tal manera que para las mezclas SMA tipo A, el agregado fino se define como la fracción que pasa la malla núm. 16 (9,5 mm), para las mezclas tipo B la fracción que pasa la malla núm. 8 (2,38 mm) y para las mezclas SMA tipo C como la fracción que pasa la malla núm. 4 (4,75 mm).

### D.1.2.3 CASAA

El agregado fino (material que pasa la malla núm. 4) para mezclas CASAA constituirá parte del “asphalt mastic” (mastique asfáltico).

Los requisitos de calidad que deberá cumplir el agregado fino utilizado en las mezclas para capas de rodadura se encuentran enunciados en la Tabla 6.

Ensayo	Norma aplicable	Requisito
Equivalente de arena, %	ASTM D2419-09	55 min.
Azul de metileno (en materiales que pasan la malla 200),* mg/g	RA 05/2008	12 máx.
Angularidad, %	AASHTO T304-11	45 min.

\* Se podrán usar materiales con valores de azul de metileno comprendidos en el rango de 12 a 15 mg/g, siempre y cuando se obtengan valores de TSR mayores a 80%.

Tabla 6. Requisitos de calidad del agregado fino para las mezclas de capas de rodadura en caliente

## D.2 Filler o polvo mineral

El filler o polvo mineral utilizado en las mezclas CASAA, SMA y de **Granulometría abierta**, son la fracción de material que pasa la malla núm. 200 (0,075 mm) y que se incorpora a la mezcla de manera complementaria, normalmente con el fin de cumplir con los requisitos granulométricos establecidos.

El filler de aporte puede ser ceniza volante o material proveniente de la trituración de agregado fino. Este material se caracteriza por estar libre de aglomeraciones cuando se encuentra seco, además de estar libre de impurezas orgánicas, y presentar valores de azul de metileno no mayores de 12 mg/g, acorde a la recomendación AMAAC RA 05/2008 “*Determinación del valor de azul de metileno para filler y finos*”.

## D.3 Emulsión para riego de liga

En lo relativo a riego de liga para las diferentes capas de rodadura, el material debe ser una emulsión catiónica de rompimiento rápido modificada con polímeros, cuyas características serán las que se indican en la Tabla 7.

Pruebas en la emulsión original	Método	Min.	Max.
Viscosidad, Saybolt Furol @ 25 °C, s	M-MMP-4-05-004/00	20	100
Estabilidad al almacenaje (asentamiento a 24 horas), %	AASHTO T59-13		1
Retenido en malla núm. 20	M-MMP-4-05-0014/02		0,05
Residuo de la destilación, <sup>1</sup> %	M-MMP-4-05-012/00	63	
Demulsibilidad, %	M-MMP-4-05-018/07	60	
Pruebas en el residuo de la destilación			
Penetración @ 25 °C	M-MMP-4-05-006/00	60	150
Recuperación elástica, 10 °C, %	M-MMP-4-05-026/02	60	
<sup>1</sup> Nota: Método modificado para incluir una temperatura máxima de 204 °C ± 12 °C la cual deberá ser sostenida por un período de 15 minutos.			

Tabla 7. Requisitos para la emulsión asfáltica modificada utilizada en riegos de liga para las diferentes capas de rodadura

#### D.4 Agente estabilizador

Para las mezclas de **Granulometría abierta**, SMA y CASAA las fibras tienen la función de inhibir el escurrimiento de asfalto. La dosificación de las mismas será del 0,3% o más, para asegurar que previenen el escurrimiento de asfalto de acuerdo a la norma AASHTO T 305-97 (2001), "*Determination of draindown characteristics in uncompacted asphalt mixtures*". Las fibras más utilizadas para este fin son de: celulosa, minerales y acrílicas.

Las fibras deben ser suministradas al sistema de tal forma que se asegure la disgregación y distribución homogénea de las mismas al momento de ser incorporadas a la mezcla.

Para las mezclas de **Granulometría abierta** se sugiere el empleo de fibras para incrementar la cohesión y durabilidad de la mezcla.

#### D.5 Aditivos promotores de adherencia

Cuando la mezcla no cumpla los requisitos de TSR y/o desprendimiento por fricción se podrán utilizar aditivos promotores de adherencia para cumplir dichos requisitos.

El método de incorporación de aditivos debe asegurar una dosificación y dispersión homogénea dentro de la mezcla.

#### D.6 Asfalto

El cemento asfáltico que se utilice en las mezclas de las diferentes capas de rodadura (granulometría abierta, SMA y CASAA) será modificado con polímero tipo I y cumplirá la Normativa para la infraestructura del Transporte SCT de asfaltos PG N·CMT·4·05·004 "*Calidad de materiales asfálticos grado PG*", así como los requisitos de calidad indicados en la tabla 8.

El grado PG se seleccionará en función de las condiciones de clima y tránsito del proyecto, de acuerdo a la Normativa SCT vigente.

Pruebas	Método	Min.	Max.
Separación de Polímero	M-MMP-4-05-022		2 °C
Recuperación Elástica a 25 °C después de RTFOT	M-MMP-4-05-026	65%	
Recuperación torsional a 25 °C	M-MMP-4-05-024	35%	
Punto de reblandecimiento	M-MMP-4-05-009	55 °C	

Tabla 8. Requisitos de calidad del cemento asfáltico modificado con polímero tipo I, en el asfalto original

## E. EJECUCIÓN DE OBRAS

### E.1 Estudio de las mezclas y obtención de la fórmula de trabajo

La fabricación y puesta en obra de la mezcla no se iniciará hasta que la dependencia y/o su representante en obra hayan aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, diseñada en el laboratorio y verificada en la planta.

Dicha fórmula fijará como mínimo las siguientes características:

- La identificación y proporción de cada fracción de agregado para cada una de las tolvas de la planta de mezclado y, en su caso, después de su clasificación en caliente, según el tipo de planta que se utilice para la fabricación de la mezcla.
- La granulometría de la combinación de agregados, incluido el polvo mineral (filler), empleando las mallas indicadas para cada tipo de mezcla.
- La identificación y dosificación del asfalto y, en su caso, la de polvo mineral de aportación, referida a la masa total de los agregados, y la de aditivos, referida a la masa del asfalto empleado.
- La identificación y dosificación del agente estabilizador, referido a la masa total de la mezcla, típicamente del 0,3%.

También se señalarán:

- Los tiempos a exigir para la mezcla de los agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el asfalto, en función del tipo de planta a utilizar.
- Las temperaturas máximas y mínima de calentamiento previo de agregados y asfalto estarán dentro del rango recomendado por el fabricante. La temperatura máxima de la mezcla al salir del mezclador no será superior a 180 °C, salvo en centrales de tambor secador-mezclador, en las que no excederá de los 165 °C. En todos los casos, la temperatura mínima de la mezcla al salir del mezclador será aprobada por la Contratante o su representante en la obra, de forma que la temperatura de la mezcla en la descarga de los camiones sea superior al mínimo fijado.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga desde los elementos de transporte y a la salida de la extendidora, en ningún caso será inferior a 135 °C para asfaltos convencionales y 150 °C para asfaltos modificados con polímero.

- La temperatura mínima de la mezcla al iniciar y terminar la compactación deberá seguir las recomendaciones del proveedor del cemento asfáltico.

La fórmula de trabajo de las diferentes mezclas deberá asegurar el cumplimiento de las características de la unidad terminada en lo referente al índice de perfil y a la resistencia a la fricción, según lo indicado en este documento.

Si durante la ejecución de la obra, la dependencia y/o su representante lo consideran oportuno, se podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, que se justificará mediante ensayos normados. Se estudiará y aprobará una nueva fórmula de trabajo si varía la procedencia de alguno de los componentes, o si, durante la producción, se rebasan las tolerancias granulométricas establecidas en este documento.

## E.2 Preparación de la superficie

Inmediatamente antes de iniciar la construcción de la capa de rodadura, la superficie sobre la que se colocará estará debidamente terminada dentro de las líneas y niveles, exenta de basura, piedras, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido.

13

## E.3 Limitantes de la ejecución

La aplicación de la mezcla será suspendida en el momento en el que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean adecuadas, considerando que no se construirán mezclas asfálticas en caliente cuando: a) exista agua libre o encharcada sobre la superficie, b) exista amenaza de lluvia, c) la temperatura de la superficie sobre la cual será construida la capa de rodadura esté por debajo de los quince grados Celsius y d) cuando la temperatura ambiente esté por debajo de los quince grados Celsius y su tendencia sea a la baja (la temperatura ambiente será tomada a la sombra y lejos de cualquier fuente de calor artificial).

## E.4 Aprovechamiento de agregados

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás para evitar contaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural no se utilizarán sus 15 cm inferiores, a no ser que el terreno este pavimentado. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a 1,5 m, y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Los agregados se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación. El número mínimo de fracciones será de 2 para las mezclas tipo CASAA y, de 3 fracciones para las mezclas tipo SMA y de **Granulometría abierta**.

Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los agregados, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de una o más fracciones de agregado.

En el caso de obras pequeñas, con volumen total de agregados inferior a 5000 m<sup>3</sup>, antes de empezar la fabricación deberá haberse acopiado la totalidad de los agregados. En otro caso, el volumen mínimo a exigir será el treinta por ciento (30%), o el correspondiente a un mes de producción máxima de la planta de fabricación.

## E.5 Fabricación de la mezcla

La carga de cada una de las tolvas de agregados en frío se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el 50 y 100% de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones entre fracciones.

Los dosificadores de agregados en frío se regularán de forma que se obtenga la granulometría de la fórmula de trabajo; su caudal se ajustará a la producción prevista, debiéndose mantener constante la alimentación del secador o secador/mezclador, según sea el caso.

El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, lo que vendrá indicado por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea; la extracción por los colectores deberá regularse de forma que la cantidad y la granulometría del polvo mineral recuperado sean ambos uniformes.

En plantas de mezcla cuyo secador no sea a la vez mezclador, los agregados calentados y, en su caso, clasificados, se pesarán y se transportarán al mezclador. Si la alimentación de éste fuera discontinua, después de haber introducido los agregados y el polvo mineral se agregará automáticamente el asfalto para cada bacha, y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado en la fórmula de trabajo.

En los mezcladores de las plantas que no sean de tambor secador-mezclador, se limitará el volumen del material, en general hasta 2/3 de la altura máxima que alcancen las paletas, de forma que para los tiempos de mezclado establecidos en la fórmula de trabajo se alcance una recubrimiento completo y uniforme.

A la descarga del mezclador todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de asfalto. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada en la fórmula de trabajo.

En el caso de utilizar aditivos al asfalto o a la mezcla, se cuidará su correcta dosificación, la distribución homogénea y, que no pierda las características previstas durante todo el proceso de fabricación, tal es el caso del agente estabilizador.

Previo al inicio de la producción se verificará que todos instrumentos de control, especialmente los termómetros, de la planta estén calibrados y en buenas condiciones de operación.

Al cargar las tolvas de agregado, se tendrá cuidado de minimizar la segregación y degradación del agregado. Se mantendrá suficiente material en todas las tolvas para proveer un flujo constante y uniforme.

La mezcla que se utilice para el arranque de producción y calibración de la planta de mezcla en caliente será desechada y no se mezclará con la producción controlada.

Se asegurará la continuidad del suministro de mezcla para evitar juntas frías y no se descargará mezcla a cargadores. Preferentemente la mezcla se debe cargar directamente a los camiones de transporte.

#### E.6 Almacenamiento y transporte de la mezcla

Si es necesario almacenar temporalmente la mezcla, se hará en silos de almacenamiento, se recomiendan con aislamiento térmico, asegurándose de que la mezcla conserve la temperatura necesaria para que sea colocada cumpliendo los requisitos de temperatura solicitados.

El fondo y paredes de la caja de los camiones de transporte se mantendrán limpios y se rociarán con un agente antiadherente, antes de cada carga para evitar que se pegue la mezcla. La caja debe escurrirse previo a la carga de la mezcla. Podrán utilizarse agentes a base de silicón que son los más efectivos para estas aplicaciones. No se recomienda el uso de diesel como agente antiadherente (no funciona bien con otros agentes, y creará problemas durante la pavimentación).

Para disminuir el riesgo de segregación de la mezcla, el procedimiento de carga al camión de transporte, será primero en la parte delantera de la caja, después en la parte trasera y finalmente en el centro.

Las diferentes mezclas se transportarán en camiones desde la planta hasta la extendedora. Para evitar su enfriamiento superficial y que se contamine con polvo u otros materiales extraños, deberá protegerse durante el transporte mediante lonas u otras cubiertas adecuadas. En el momento de descargarla en la extendedora, su temperatura no podrá ser inferior a la especificada en la fórmula de trabajo.

Observar que la distancia de transporte no debe exceder 60 km o un tiempo de una hora y media y siempre se hará sobre superficie pavimentada, en caso que sean por terracerías o brechas, cuidar el tiempo de acarreo hasta la extendedora.

Los acarreos de la mezcla asfáltica hasta el sitio de su utilización, se harán de tal forma que el tránsito sobre la superficie donde se construirá la carpeta asfáltica con mezcla en caliente, se distribuya sobre todo el ancho de la misma, evitando la concentración en ciertas áreas y, por consecuencia, su deterioro. No se permitirá que los camiones que transportan la mezcla asfáltica, hagan maniobras que puedan distorsionar, disgregar u ondular las orillas de una capa recién tendida.

#### E.7 Tendido de la mezcla y aplicación del riego de liga

A menos que se indique otra cosa, la extensión comenzará por el borde inferior, y se realizará por franjas longitudinales. La anchura de estas franjas se fijará de manera que se realice el menor número de juntas posible y se consiga la mayor continuidad de la extensión, teniendo en cuenta la anchura de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la extendedora y la capacidad de producción de la planta.

Cuando sea posible se recomienda realizar la extensión a todo lo ancho de la calzada, trabajando si fuera necesario con dos o más extendedoras ligeramente desfasadas, para así evitar

las juntas longitudinales. En los demás casos, después de haber extendido y compactado una franja, se recomienda extender la siguiente franja mientras el borde de la primera se encuentre aún caliente y en condiciones de ser compactado; en caso contrario, se ejecutará una junta longitudinal en frío.

Las diferentes mezclas se extenderán en una sola capa. La extendedora se regulará de forma que la superficie de la capa extendida resulte plana y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en el proyecto con sus correspondientes tolerancias.

Adicionalmente en el caso de que el diseñador de la mezcla decida incorporar la membrana de emulsión de asfalto modificado con polímero, el concreto asfáltico de mezcla en caliente deberá ser aplicado a una temperatura entre 150-165 °C o conforme a lo recomendado por el proveedor del producto asfáltico y deberá ser colocado inmediatamente después de haberse aplicado la membrana de emulsión sobre toda la superficie de aplicación.

La Membrana de Emulsión de Asfalto Modificado con Polímero sin diluir deberá ser rociada por la barra del equipo a una temperatura entre 50 a 75 °C, o conforme a la recomendada por el proveedor del producto asfáltico.

La extensión se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la extendedora a la producción de la planta. En caso de parada, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender, en la tolva de la extendedora y debajo de ésta, no esté por debajo de lo indicado en la fórmula de trabajo para el inicio de la compactación; de lo contrario, se desechará y se ejecutará una junta transversal.

Para las capas de **SMA** y **Granulometría abierta**, el riego de liga se aplicará en la dosificación necesaria, tal que la cantidad de asfalto residual esté entre 0,20 y 0,40 l/m<sup>2</sup>. Este valor es solo referencial, ya que, la dosificación de emulsión puede variar en función de las características de la superficie donde se vaya a colocar la mezcla.

Para la mezcla **CASAA** la dosificación de la membrana asfáltica sin diluir será considerada en el orden de 0,80 a 1,30 l/m<sup>2</sup>. Los ajustes de campo en dosificación deberán ser determinados basados en las condiciones de la superficie del pavimento existente con el objetivo de lograr una completa impermeabilización

## E.8 Compactación de la mezcla

La compactación para las mezclas **SMA** y **Granulometría abierta** se realizará según el plan aprobado por la dependencia y/o su representante en obra de acuerdo con los resultados del tramo de prueba. La compactación se deberá hacer a la mayor temperatura posible, sin rebasar la máxima prescrita en la fórmula de trabajo, sin que se produzca desplazamiento de la mezcla extendida, se continuará mientras la temperatura de la mezcla no sea inferior a la mínima indicada en la fórmula de trabajo y se halle en condiciones de ser compactada.

La compactación se realizará longitudinalmente, de manera continua y sistemática. Si la extensión de la mezcla asfáltica se realizara por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros de la anterior.



Los rodillos deberán llevar su rueda motriz del lado más cercano a la extendidora; los cambios de dirección se realizarán sobre mezcla ya compactada, y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad. Los elementos de compactación deberán estar siempre limpios y húmedos.

No se deberán utilizar rodillos neumáticos para la compactación de las mezclas **SMA** y **Granulometría abierta**.

La capa asfáltica de rodamiento no deberá ser abierta al tráfico si no se ha completado el proceso de compactación y si el material no se encuentra por debajo de los 85 °C.

Para la mezcla **CASAA** la compactación (acomodo) consiste en dos pasadas con los rodillos de tambor metálico liso de peso entre 8 y 10 t, antes de que la temperatura del material sea menor a 150 °C, debiéndose evitar que el o los equipos de compactación se estacionen sobre el concreto asfáltico recién aplicado.

La compactación deberá desarrollarse inmediatamente después de la aplicación de la capa asfáltica, utilizando compactadores en buen estado y en buenas condiciones de operación, equipados con un sistema de rocío por agua para prevenir la adherencia entre la mezcla recién extendida y el tambor metálico del equipo. El equipo de compactación deberá operarse en el modo estático, ya que una excesiva compactación podría causar la disgregación del material o un no adecuado perfil.

#### **E.9 Juntas transversales y longitudinales**

Al extender franjas longitudinales contiguas, cuando la temperatura de la extendida en primer lugar no sea superior al mínimo fijado en la fórmula de trabajo para terminar la compactación, el borde de esta franja se cortará verticalmente, dejando al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor. A continuación, se aplicará un riego de liga en la sección cortada y se extenderá la siguiente franja contra ella.

Las juntas transversales de la mezcla en capa de pequeño espesor se compactarán transversalmente, disponiendo los apoyos precisos para el rodillo y se distanciarán en más de 5 m las juntas transversales de franjas de extensión adyacentes.

#### **F. TRAMO DE PRUEBA**

Antes de la ejecución del proyecto es requisito indispensable ejecutar un tramo de prueba con una longitud mínima de 200 m por un ancho de 7 m. como mínimo. La construcción del tramo de prueba tiene como objetivos la calibración de la planta, la verificación de que la mezcla definida en la fórmula de trabajo puede ejecutarse, la evaluación de los equipos y procedimientos de puesta en obra.

En caso de que el tramo de prueba construido no cumpla con todos los objetivos para los cuales se construye un tramo de prueba, el contratista deberá ejecutar todos los tramos de prueba necesarios hasta cumplir con tales objetivos o en su caso, deberá realizar los ajustes pertinentes a la fórmula de trabajo, para cumplir con los requisitos de diseño establecidos.

## G. ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

Una vez ejecutado el tiro y compactación de la mezcla, se deben verificar los aspectos indicados más adelante, para determinar que la obra ha cumplido con lo solicitado.

### G.1 Densidad

Para las mezclas SMA la densidad alcanzada en sitio deberá estar entre el rango del 94 al 96% de la densidad teórica máxima de la mezcla (Gmm).

Para las mezclas CASAA la densidad alcanzada en sitio deberá estar entre el rango del 75 al 87% de la densidad teórica máxima de la mezcla (Gmm).

Para las mezclas de Granulometría abierta la densidad alcanzada en sitio deberá ser inferior al 80% de la densidad teórica máxima de la mezcla (Gmm).

### G.2 Espesor y anchura

El espesor y anchura de las capas de **Granulometría abierta**, SMA y CASAA, cumplirá con lo solicitado en el proyecto y con las tolerancias indicadas en las norma SCT N-CSV-CAR-3-02-003/10 (Granulometría Abierta), -014/10 (SMA) y -015/10 (CASAA) para trabajos de conservación y N-CTR-CAR-1-04-010/09 para obras en construcción En todos los perfiles se comprobará la anchura de extensión, que en ningún caso será inferior a la indicada en el proyecto.

### G.3 Regularidad superficial

El índice de perfil de las capas **Granulometría abierta**, SMA y CASAA colocadas deberá cumplir con el método de medición y valores especificados en la norma SCT N-CTR-CAR-1-04-006/09 o N-CSV-3-02-005/10, según corresponda a obras de construcción de nuevo tramo o rehabilitación de un tramo ya existente. Se recomienda que la superficie sobre la cual se va a aplicar la capa de rodadura sea corregida, en caso de ser necesario, mediante fresado de acuerdo a lo indicado en la norma N-CSV-CAR-3-02-006/10 para trabajos de conservación u otro procedimiento que autorice la Dependencia. Para determinar si se requiere la corrección, se evaluará la regularidad superficial previo a los trabajos de colocación de la capa de rodadura.

### G.4 Resistencia a la fricción

La resistencia a la fricción de las mezclas de **Granulometría abierta**, SMA y CASAA colocadas, deberá cumplir con lo especificado en la norma SCT N-CSV-CAR-3-02-003/10 **Granulometría abierta**, -014/10 SMA y -015/10 CASAA para trabajos de conservación y N-CTR-CAR-1-04-010/09 para obras en construcción.

## H. EQUIPO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

La producción de mezclas asfálticas debe realizarse con equipos en buen estado, completamente funcionales y que cumplan con lo especificado a continuación.

### H.1 Planta de mezclado

Las mezclas asfálticas en caliente **Granulometría abierta SMA y CASAA** deben fabricarse en plantas de producción continua o discontinua, capaces de manejar en frío, el número de fracciones de agregado que exija la fórmula de trabajo adoptada. La planta donde se produzca la mezcla tipo **SMA** contará con un mínimo de tres tolvas para el material pétreo.

La planta contará con un silo para el almacenamiento del **filler** de aporte, así como un sistema de dosificación del mismo, cuya operación será independiente del sistema utilizado para el resto de los agregados y proteger el material de la humedad.

La planta contará con un sistema de recuperación de finos (baghouse) para evitar la contaminación y la pérdida del **filler** por la chimenea de la planta. El **filler** recuperado en el sistema anticontaminante debe ser reingresado a la planta mediante un sistema de retorno que evite al máximo las pérdidas debidas al tiro del secador.

Adicionalmente y solamente en el caso de que el diseñador de la mezcla decida incorporar a la misma fibra, la planta contará de un sistema de dosificación de las fibras. Este sistema debe permitir incorporar la cantidad especificada sin que se produzca destrucción de las mismas por efecto de la llama del secador de agregado, o la pérdida de las mismas por el flujo de gases del mezclador. Se recomienda que esta incorporación se haga a través del anillo para RAP (anillo de incorporación del material reciclado), mediante el sistema de adición de **filler** de aportación, o mediante una línea (ya sea neumática o dotada con un tornillo sinfin) paralela a la del suministro de asfalto. No se permitirá la adición de fibra en las tolvas de material pétreo ni en las bandas transportadoras de materiales hacia el secador.

El equipo para la elaboración de las mezclas debe reunir las características que aseguren la obtención de la calidad exigida y permita alcanzar una producción suficiente para cumplir con el plan de trabajo establecido.

Antes de iniciar la producción de la mezcla asfáltica, la planta de asfalto deberá calibrarse “en seco”, para que cumpla con la curva granulométrica especificada en la fórmula de trabajo, sin adicionar el cemento asfáltico y verificándose ésta a la salida de la planta.

Se recomienda que el contratista cuente con el soporte del proveedor de la fibra durante la producción en planta, para lograr el mejor aprovechamiento de la fibra y su correcta aplicación.

### H.2 Medios de transporte

El transporte de la mezclas desde la planta hasta el sitio donde se ejecuta la obra, se realizará con camiones de carga de caja lisa, perfectamente limpia. La caja del camión deberá ser tratada con algún tipo de producto para evitar que la mezcla asfáltica se adhiera a ella; sin embargo el uso de los agentes anti-adherentes se debe hacer con mucho cuidado para evitar colocarlos en exceso,

dada la posibilidad existente de dañar la mezcla. **No se permitirá el rociado de la caja con solventes derivados del petróleo, como por ejemplo diesel o aceites.**

Los camiones deben estar siempre provistos de una lona o cubierta adecuada debidamente ajustada a la caja, que cubra lateral y frontalmente la mezcla y con un solape mínimo de 0,30 m, para proteger la mezcla asfáltica durante su transporte. Esta condición debe observarse independientemente de la temperatura ambiente; **no se permite el empleo de cubiertas que posibiliten la circulación del aire sobre la mezcla** (tipo media sombra).

La forma y altura de la caja debe ser tal que, durante el vertido en la extendedora, el camión solo toque a ésta a través de los rodillos provistos para este efecto.

La cantidad de camiones disponibles deben ser suficientes para garantizar el transporte de la producción acordada.

### H.3 Extendedora

La máquina extendedora-terminadora (*finisher*) será aprobada por la dependencia, deberá ser autopropulsada, estar especialmente diseñada y construida para tender una carpeta delgada aplicando un mínimo de pre-compactación.

La extendedora deberá contar con un depósito-tolva de recepción y banda transportadora para evitar segregación y una regla vibrocompactadora. Cuando se requiera, deberá disponer de tanque de almacenamiento de emulsión asfáltica catiónica, sistema medidor por volumen de la emulsión asfáltica, y barra de espreas con sistema de calentamiento (de longitud variable).

Asimismo, este equipo deberá ser capaz, cuando así se requiera, de rociar la emulsión asfáltica aplicando la capa de mezcla en caliente y nivelando la superficie en una misma acción y en forma sincronizada.

Este equipo deberá tener la capacidad de aplicar la mezcla en caliente a una velocidad controlada de 9 a 28 metros lineales / minuto en 3,5 m de ancho.

Estos trabajos se realizarán desde el centro de la corona, realizando un ajuste vertical por medio de sus extensiones hasta alcanzar el perfil y espesor especificado en el proyecto.

La SMA y **Granulometría abierta** deberán ser aplicadas a la temperatura requerida en función del tipo de asfalto utilizado y colocado después de haberse aplicado el riego de liga.

Para espesores de capa de 3 cm o menores, es recomendable el empleo de equipo de tendido con riego de liga sincronizado.

La capacidad y potencia de los elementos utilizados debe ser adecuada al trabajo por realizar, debiendo cumplirse una perfecta sincronización entre la producción, el transporte y la distribución de la mezcla.

Colocar los tornillos helicoidales de manera tal que lleguen aproximadamente a 0,20 m de los extremos de la caja de distribución. Se debe verificar que la altura del tornillo sin fin sea tal que su parte inferior se sitúe a no más de 2,5 veces el espesor de colocación de la capa.

Asegurar que el giro del tornillo sin fin se realice en forma lenta y con el mínimo de detenciones manteniendo a lo largo de toda la caja de distribución mezcla asfáltica con una altura constante situada aproximadamente hasta el eje del mismo.

**Mantener continuas las operaciones de pavimentación**, para evitar la irregularidad en la capa colocada.

#### H.4 Compactadores

Utilizar compactadores de rodillos metálicos autopropulsados de 8 a 12 t de masa, los cuales deben contar con inversores de sentido de marcha de acción suave, y dispositivos para la limpieza y humectación de los rodillos durante la compactación. Los rodillos metálicos de los compactadores no deben dejar surcos ni irregularidades, tampoco se deben utilizar en modo vibratorio. **No se permitirá el empleo de compactadores de neumáticos.**

La compactación (acomodo) consiste en un mínimo de dos pasadas con los rodillo de tambor metálico liso, antes de que la temperatura del material sea menor a 150 °C, debiéndose evitar que el o los equipos de compactación se estacionen sobre el concreto asfáltico recién aplicado.

La compactación deberá desarrollarse inmediatamente después de la aplicación de la capa asfáltica, utilizando compactadores en buen estado y en buenas condiciones de operación, equipados con un sistema de rocío por agua para prevenir la adherencia entre la mezcla recién extendida y el tambor metálico del equipo. El equipo de compactación deberá operarse en el modo estático, ya que una excesiva compactación podría causar la disgregación del material o un no adecuado perfil.

### I. CONTROL DE CALIDAD

#### I.1 Control de calidad de las capas de rodadura en caliente

El control de calidad se realizará de acuerdo a lo especificado en el Anexo 1, Guía de supervisión y control de calidad para mezclas asfálticas **Granulometría abierta, SMA y CASAA.**

## J. REFERENCIAS

Las normas y manuales a los que se hace referencia en esta guía corresponden a las versiones vigentes.

### J.1 Normas nacionales

Ejecución de Obras	N-LEG-3
Ejecución de Supervisión de Obras	N-LEG-4
Control de calidad durante la construcción o conservación	N-CAL-1-01
Criterios estadísticos de muestreo	N-CAL-1-02
Análisis estadísticos de control de calidad	N-CAL-1-03
Calificación y aprobación de laboratorios	N-CAL-2-05-001
Calidad de materiales asfálticos grado PG	N-CMT-4-05-004
Carpetas asfálticas con mezcla en caliente	N-CTR-CAR-1-04-006
Capas de rodadura con mezcla asfáltica en caliente	N-CTR-CAR-1-04-010
Carpeta asfáltica de granulometría densa	N-CSV-CAR-3- 005
Capas de rodadura con mezcla asfáltica en caliente	N-CSV-CAR-3-010
Capas de rodadura de granulometría discontinua tipo SMA	N-CSV-CAR-3-014
Carpeta asfáltica de granulometría densa	N-CSV-CAR-3-02-005
Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos	N-CSV-CAR-3-02-006
Capas de rodadura de granulometría discontinua tipo SMA	N-CSV-CAR-3-02-014
Capas de rodadura de granulometría discontinua tipo CASAA	N-CSV-CAR-3-02-015
Límites de consistencia	MMP-1-07
Muestreo de materiales pétreos para mezclas asfálticas	MMP-4-04-001
Granulometría de materiales pétreos para mezclas asfálticas	MMP-4-04-002
Equivalente de arena de materiales pétreos para mezclas asfálticas	MMP-4-04-004
Desgaste mediante la prueba de los Ángeles de materiales pétreos para mezclas asfálticas	MMP-4-04-006
Interperismo acelerado de materiales pétreos de mezclas asfálticas	MMP-4-04-008
Desprendimiento por fricción en materiales pétreos para mezclas asfálticas	MMP-4-04-009
Partículas trituradas de materiales pétreos para mezclas asfálticas	MMP-4-04-013
Azul de metileno de materiales pétreos para mezclas asfálticas	MMP-4-04-014
Muestreo de materiales asfálticos para mezclas	MMP-4-05-001
Viscosidad saybolt-furol en materiales asfálticos	MMP-4-05-004
Penetración en cementos asfálticos y residuos asfálticos	MMP-4-05-006
Punto de ablandamiento de cemento asfáltico	MMP-4-05-009
Destilación de emulsiones asfálticas	MMP-4-05-012
Asentamiento de emulsiones asfálticas	MMP-4-05-013
Retenido en mallas núm. 20 y núm. 60 de emulsiones asfálticas	MMP-4-05-014
Carga eléctrica de las partículas de emulsiones asfálticas	MMP-4-05-017

Separación de polímero	MMP-4-05-022
Recuperación elástica a tensión en cementos asfálticos modificados	MMP-4-05-024
Recuperación elástica a 10 °C	MMP-4-05-026

## J.2 Normas internacionales

Practica estándar de muestreo de agregados	ASTM D 75-14
Practica estándar de muestreo de mezcla asfáltica	ASTM D 979-12
Ensaye para determinar el porcentaje de partículas alargadas y lajeadas en el agregado grueso	ASTM D 4791-10
Método estándar de ensaye para determinar el porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso	ASTM D 5821-13
Método de prueba para la determinación del contenido de asfalto en la mezcla por medio del método de Ignición	ASTM D 6307-10
Método de prueba para la extracción cuantitativa del asfalto de una mezcla asfáltica	ASTM 2172-11
Afinidad del agregado grueso con el asfalto, por ebullición	ASTM 23625-96
Método estándar de prueba para determinar la densidad bruta (masa de la unidad) y los vacíos en el agregado	AASHTO T 19-14
Método estándar de ensaye para la penetración de materiales asfálticos	AASHTO T 49-14
Método estándar de prueba para emulsiones asfálticas	AASHTO T 59-12
Gravedad específica y absorción del agregado fino	AASHTO T 84-13
Gravedad específica y absorción del agregado grueso	AASHTO T 85-14
Pérdida por abrasión “Los Ángeles”	AASHTO T 96-02
Método de ensaye para determinar la densidad aparente	AASHTO T 100-06
Método de ensaye para intemperismo acelerado utilizando el sulfato de sodio o de magnesio	AASHTO T 104-11
Método de ensaye para el valor del equivalente de arena	AASHTO T 176-13
Resistencia de las mezclas asfálticas compactadas al daño causado por la humedad	AASHTO T 283-14
Método estándar de prueba para la recuperación elástica de los materiales asfálticos mediante un ductilómetro	AASHTO T 301-13
Contenido de vacío no compactado del agregado fino	AASHTO T 304-11
Resistencia de las mezclas asfálticas no compactadas al daño causado por humedad	AASHTO T 305-14
Método de prueba para determinar el azul de metileno en filler y finos	AASHTO TP 57-06
Método de prueba para la densidad y los vacíos de mezclas asfálticas compactadas	NLT-168-90
Método de prueba para determinar la pérdida por desgaste en el Ensaye Cántabro	NLT-352-00
Ensayo de pulimento acelerado de agregado grueso	TEX-438-A-99

### J.3 Protocolos AMAAC

Control de calidad para mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño	PA-MA-02
Susceptibilidad a la humedad y a la deformación permanente por rodera de una mezcla asfáltica tendida y compactada, por medio del analizador de la rueda cargada de Hamburgo	RA – 01
Susceptibilidad a la deformación por rodera de una mezcla asfáltica por medio del analizador de pavimentos asfálticos (APA)	RA – 02
Resistencia a la deformación plástica de las mezclas asfálticas mediante la pista de ensaye de laboratorio	RA – 03
Resistencia de las mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad	RA – 04
Determinación del valor de azul de Metileno para filler y finos	RA – 05
Compactación de mezclas asfálticas con el equipo giratorio Superpave	RA – 06
Resistencia al desprendimiento del asfalto de los materiales pétreos en las mezclas asfálticas por acción del agua	RA – 07
Desprendimiento por fricción en la fracción gruesa de materiales pétreos para mezclas asfálticas	RA – 08

### J.4 Manuales

Quality control and acceptance of Superpave – Designed Hot mix asphalt	NCHRP Report 409
Standard specifications for construction and maintenance of Highways, Streets and Bridges. 2004. Dense Graded Hot-Mix Asphalt (Quality Control / Quality Analysis)	Texas Department of Transportation



## Guía de supervisión y control de calidad de mezclas asfálticas para capas de rodadura casaa, sma y granulometría abierta

### I. CONTENIDO

En este documento se trata lo referente al control de calidad de la producción, tendido y compactación de las mezclas asfálticas en caliente para capas de rodadura tipo **Granulometría abierta (Open Graded Friction Course)**, Stone Mastic Asphalt (**SMA**) y Capa Asfáltica Superficial Altamente Adherida (**CASAA**), y se complementa con la normativa SCT relativa a estos tres tipos de capas de rodadura.

Cubre aspectos tales como el plan de control de calidad del tramo de prueba y del control de calidad rutinario de la mezcla en caliente.

### II. DEFINICIONES

**CALIDAD.** Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

**REQUISITO.** Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.** Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad.

**FÓRMULA DE TRABAJO.** Combinación de materiales pétreos, filler/fibras, con el contenido óptimo de asfalto que se estableció en el diseño de la mezcla en caliente para cumplir con las propiedades volumétricas y de desempeño estipuladas en la especificación particular.

**LOTE DE PRODUCCIÓN.** Determinada unidad de medida de fabricación de un conjunto que se planifica y se fabrica con referencia a un número.

### V. ETAPAS DEL CONTROL DE CALIDAD

#### V.1 Control de calidad para el tramo de prueba

Previo a la producción de mezcla asfáltica y arranque de obra, se realizará la calibración de la planta, la verificación de la mezcla definida en el diseño, evaluación del equipo y procedimientos de puesta en obra de la mezcla asfáltica en caliente.

Considerar que los materiales a utilizar en la producción de la mezcla asfáltica serán los mismos con los que se realizó el diseño; si hay cambio de agregados, el contratante aprobará dicho cambio y se verificará el diseño de mezcla.

El control de calidad en esta etapa del proyecto considerará los siguientes puntos:

#### V.1.1 Evaluación de los materiales pétreos

Se muestreará directamente de los almacenamientos de la planta de mezcla en caliente, cada fracción y tipo de material que se utilizará en la elaboración de la mezcla asfáltica de acuerdo a la norma M-MMP-4-04-001/02 “Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas”.

El laboratorio de control de calidad determinará en campo la granulometría de cada uno de los materiales pétreos de acuerdo a la norma ASTM C136-06 “*Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*” utilizando las mallas especificadas en la Tabla 1 de los límites granulométricos que correspondan a cada tipo de capa de rodadura así como sus características físicas bajo los métodos de prueba especificados en la Tablas 5 y 6, de este protocolo. Se reportarán los valores obtenidos como parámetros de control de calidad de los materiales pétreos previo al arranque de obra.

Las caras fracturadas, forma de la partícula, equivalente de arena, angularidad y azul de metileno, se determinarán en el laboratorio de control de calidad de campo. El resto de las pruebas se realizará en el laboratorio central.

#### V.1.2 Evaluación de los materiales asfálticos

##### V.1.2.1 Cemento asfáltico

Se tomará una muestra del cemento asfáltico a utilizar en la producción de la mezcla asfáltica del auto-tanque, siguiendo el método M-MMP-4-05-001 “*Muestreo de Materiales Asfálticos*”.

Se analizará el cemento asfáltico de acuerdo a las propiedades y métodos indicados en las especificaciones del cemento asfáltico que corresponda a cada tipo de capa de rodadura (Inciso D.6). El punto de inflamación, punto de reblandecimiento, recuperación elástica por torsión, separación diferencia anillo y esfera, se determinarán en el laboratorio de control de calidad de campo. El resto de las pruebas se realizará en el laboratorio central.

Se reportarán los valores obtenidos como parámetros de control de calidad del material asfáltico previo al arranque de obra.

##### V.1.2.2 Emulsión asfáltica modificada con polímero.

Se tomará una muestra de la emulsión asfáltica modificada con polímero del auto-tanque o del tanque de almacenamiento, siguiendo el método M-MMP-4-05-001 “*Muestreo de Materiales Asfálticos*”.

Se analizará la emulsión asfáltica de acuerdo a las propiedades y métodos especificados en la Tabla 7. Se reportarán los valores obtenidos como parámetros de control de calidad del material asfáltico previo al arranque de obra.

La estabilidad al almacenaje, retenido en malla 20, residuo por evaporación y recuperación elástica por torsión, se determinarán en el laboratorio de control de calidad de campo. El resto de las pruebas se realizará en el laboratorio central.

### V.1.3 Evaluación del agente estabilizador (fibra)

El proveedor de la fibra proporcionará un certificado de calidad donde indique las características de la fibra que suministra.

Para verificar que la fibra cumple con su función de estabilizar el asfalto en la mezcla (inhibir el escurrimiento) se realiza la prueba de escurrimiento de acuerdo a la Norma AASHTO T 305-97 (2001), “*Determination of draindown characteristics in uncompacted asphalt mixtures*”.

### V.1.4 Evaluación del filler o polvo mineral

Se tomará una muestra representativa de filler directamente del almacenamiento en la planta de mezcla en caliente y se verificará que cumpla con lo solicitado en el inciso D.2.

### V.1.5 Evaluación del aditivo promotor de adherencia

Cuando se requiera utilizar aditivo promotor de adherencia, el proveedor del aditivo proporcionará un certificado de calidad del producto. Para verificar que el aditivo cumple su función de incrementar la afinidad, se realizan las pruebas indicadas en la norma ASTM D4867-09, “*Effect of moisture on asphalt concrete paving mixtures*” y RA 08/2008 “Desprendimiento por fricción en la fracción gruesa de materiales pétreos para mezclas asfálticas”.

### V.1.6 Verificación de la granulometría de diseño

En cuanto los materiales de la construcción estén disponibles, el contratista calibrará la planta de mezcla en caliente en seco (sin uso de material asfáltico) con el objetivo de reproducir la estructura granulométrica del diseño de la mezcla. Para lo cual el contratista:

**V.1.6.1** Tomará una muestra de la combinación de materiales pétreos de la banda transportadora, en la planta de mezcla en caliente de acuerdo al método ASTM D75-14 “Practica estándar de muestreo de agregados”, fracción 5.3.2 “Muestreo en la Banda Transportadora”. En caso de utilizar una mezcla con sistema de recuperación y reincorporación de Filler, la muestra deberá ser tomada a la salida del tambor.

**V.1.6.2** A las muestras se les determinará la granulometría de la combinación de materiales pétreos de acuerdo a la norma ASTM C136-06 “Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates” utilizando las mallas especificadas en la Tabla 5.

**V.1.6.3** Se realizarán los ajustes pertinentes en las dosificaciones o granulometría de las diferentes fracciones de materiales pétreos para reproducir la curva granulométrica de diseño dentro de las tolerancias especificadas en la Tabla 9 y dentro de los límites granulométricos especificados en la tabla 1.

### V.1.7 Calibración de la mezcla asfáltica

En cuanto sea realizada la verificación de la granulometría, el contratista producirá al menos 50 t de mezcla o la cantidad necesaria para asegurar una producción uniforme dentro de las tolerancias mostradas en la Tabla 9 y dentro de los límites granulométricos especificados en la Tabla 1. Se

tomarán dos muestras (A y B) de mezcla asfáltica durante la producción en un sitio representativo (a la salida del mezclador o en el sitio de carga al camión de transporte). La primera muestra se tomará cuando se tengan producidos 15 m<sup>3</sup> y la segunda a los 30 m<sup>3</sup>, aproximadamente.

La elaboración de la mezcla se realizará de acuerdo a las temperaturas de mezclado recomendadas por el proveedor del material asfáltico.

## Tolerancias

Las tolerancias admisibles, en más o en menos, respecto a la granulometría y contenido de asfalto de la fórmula de trabajo, referidas a la masa total de agregados (incluido el polvo mineral) serán las indicadas en la Tabla 9:

Abertura o núm. de malla (ASTM)	Tolerancia, %
12,5 mm (1/2")	± 5
Núm. 4	± 4
Núm. 8	± 2
Núm. 200	± 1
Contenido de Asfalto, %	± 0.3 (por extracción: ASTM D2172) ± 0.18 (por ignición: ASTM 26307)

Tabla 9. Límites de tolerancia para control de calidad

Si el contenido de asfalto y granulometría no cumplen con las tolerancias especificadas en la Tabla 9 y dentro de los límites granulométricos especificados en la Tabla 1, se verificará que la mezcla cumpla con los requisitos solicitados en el inciso C.2, en caso de no cumplirlos se rechazará la mezcla y se realizarán los ajustes necesarios para cumplir dichos requisitos.

La granulometría y el contenido de asfalto se realizarán en el laboratorio de control de calidad de campo.

La muestra de mezcla será tomada conforme al método ASTM D979-12 “*Standard practice for sampling bituminous paving mixtures*” y la cantidad aproximada de muestra requerida será de cuarenta kilogramos (40 kg).

En la Tabla 10 se muestra un ejemplo de las tolerancias en la granulometría de diseño.

	Granulometría % que pasa la malla			
	12,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	0,075 mm
Diseño	86,4	38,8	26,1	4,6
Rango inferior	81,4	35,8	24,1	3,6
Rango superior	91,4	41,8	28,1	5,6

Tabla 10. Ejemplo de tolerancias en la granulometría de diseño

El contratista tomará las muestras de acuerdo a lo indicado en el procedimiento de muestreo ASTM D979-12 *Standard Practice for Sampling Bituminous Paving mixtures*, “Práctica estándar de muestreo de mezclas asfálticas” en la salida del mezclador y o en el camión de transporte. Si se requiere, el contratista ajustará la producción de la mezcla en caliente para cumplir con los rangos

de tolerancia. Sí los valores obtenidos en las pruebas de granulometría y contenido de asfalto no cumplen con las tolerancias establecidas en la Tabla 9, se verificarán las propiedades volumétricas de la mezcla que se produzca para el tramo de prueba.

#### V.1.8 Evaluación de la mezcla asfáltica para el tramo de prueba

Una vez concluido el proceso de calibración de la planta de mezcla en caliente, el contratista producirá la mezcla asfáltica necesaria para realizar el tramo de prueba de 200 m por un ancho de 7 m, como mínimo, al espesor requerido en el proyecto, asegurando una producción uniforme dentro de las tolerancias mostradas en la Tabla 9.

Muestra	Características requeridas
A	- Contenido de asfalto de la mezcla (D2172-11 o ASTM D6307-10) y granulometría después de la extracción de asfalto ASTM C136-06
B	- Escurrimiento de asfalto, cuando se utilicen fibras (ASTHO T305-14) - Gravedad específica teórica máxima de la mezcla (ASTM D2041-11) determinada en el laboratorio de campo y en el laboratorio central.
Nota: Los ensayos se realizarán por duplicado para cada muestra.	

Tabla 11. Características requeridas en la evaluación de la mezcla asfáltica en el tramo de prueba

#### V.1.9 Construcción del tramo de prueba

El lote de mezcla producida para el tramo de prueba, será colocado en el espesor requerido en el proyecto.

La compactación consistirá en un mínimo de dos cerradas hasta lograr la densidad requerida. Se utilizará equipo de compactación de rodillos de tambor metálico liso, con peso de 8 a 10 t, antes de que la temperatura del material sea menor a 150 °C, debiéndose evitar que el o los equipos de compactación se estacionen sobre el concreto asfáltico recién aplicado.

La compactación deberá desarrollarse inmediatamente después de la aplicación de la capa asfáltica, utilizando compactadores en buenas condiciones de operación, equipados con un sistema de rocío con agua para prevenir la adherencia entre la mezcla recién extendida y el tambor metálico del equipo. El equipo de compactación deberá operarse en el modo estático, ya que una excesiva compactación podría causar la disgregación del material o un inadecuado perfil.

La capa de rodadura no deberá ser abierta al tráfico si no se ha completado el proceso de compactación y si el material no se encuentra por debajo de los 85 °C.

En caso de que el tramo de prueba construido no cumpla con todos los objetivos definidos en esta guía, el contratista ejecutará los tramos de prueba necesarios hasta cumplir con tales objetivos, sin dejar de lado los requisitos establecidos en el inciso C.2.

#### V.1.10 Aceptación o rechazo del tramo de prueba

Sí la mezcla no cumple con las tolerancias de la fórmula de trabajo requeridas en la Tabla 9 entonces el Contratante podrá aprobar el inicio de la obra con los ajustes a la mezcla asfáltica hechos en campo, solo sí los materiales que constituyen la mezcla cumplen con los requisitos establecidos para el diseño y la mezcla asfáltica compactada cumple con los requerimientos volumétricos especificados en el Inciso C.2, Características de las diferentes mezclas. Además de cumplir con

estos requisitos, para que la capa de rodadura se considere terminada y sea aceptada por el Contratante, cumplirá con lo indicado en las Normas SCT N-CSV-CAR-3-02-003, 014 y 015 (**Granulometría abierta, SMA y CASAA** respectivamente), para trabajos de conservación y N-CTR-CAR-1-04-010 para obras en construcción.

## V.2 Control de calidad rutinario

El control de calidad rutinario incluye la frecuencia de pruebas para: (a) mantener el proceso en control, (b) determinar rápidamente cuando el proceso esté fuera de control y (c) responder adecuadamente para controlar de nuevo el proceso. El control de calidad rutinario establece los requerimientos mínimos que el Contratista ejecutará durante el proyecto y comprende los siguientes puntos:

### V.2.1 Muestreo de los materiales pétreos

Para verificar la uniformidad de la producción o bien realizar los ajustes pertinentes, se obtendrán muestras de los materiales pétreos en el número y frecuencia indicado en la norma M-MMP-4-04-001/02 “Muestreo de materiales pétreos” (en almacén), para cada fracción y tipo de material establecido en la Tabla 12.

Frecuencia	Lugar de muestreo	Tamaños de muestras parciales (kg)	Pruebas requeridas
Una muestra por cada 250 m <sup>3</sup> de material pétreo extraído del banco que se destinará para el proyecto particular	Almacenamiento de la planta de mezcla en caliente	5	Granulometría Equivalente de Arena Azul de metileno
Una muestra por cada 2500 m <sup>3</sup> de material		40	Características de calidad fracción gruesa y fina del agregado total de acuerdo a la tabla 1 y 2

Tabla 12. Frecuencia de muestreo de materiales pétreos para el control de calidad rutinario

### V.2.2 Muestreo de materiales asfálticos

A la llegada de cada auto-tanque de material asfáltico a la obra se realizará el muestreo de acuerdo al método M-MMP-4-05-001/00 “Muestreo de Materiales Asfálticos”, y se le determinarán las características especificadas en la tabla 11.

Cada 110 m<sup>3</sup> de material asfáltico a utilizar en la producción de mezcla en caliente, se tomará muestras de los tanques de almacenamiento siguiendo el método M-MMP-4-05-001/00 “Muestreo de Materiales Asfálticos”.

Se analizarán estas muestras de material asfáltico de acuerdo a las propiedades y métodos especificados en la Tabla 3:

Característica	Norma	Especificación
Punto de inflamación Cleveland, °C	M-MMP-4-05-007	230 mín.
Punto de reblandecimiento, °C	M-MMP-4-05-009	55 mín.
Recuperación elástica por torsión a 25 °C, %	M-MMP-4-05-024	mín.

Tabla 13. Características de calidad a determinar en campo para el cemento asfáltico a la llegada de cada auto-tanque

### V.2.3 Muestreo de mezcla asfáltica

Se realizará un muestreo aleatorio de la mezcla asfáltica cada 150 m<sup>3</sup> en el camión de acuerdo al método ASTM D979-12 “*Standard Practice for Sampling Bituminous Paving Mixtures*”.

Durante la carga, en cada unidad de transporte se deberá verificar que la temperatura de mezclado se encuentre dentro de los rangos especificados en el diseño de la mezcla, de acuerdo a la curva temperatura-viscosidad del asfalto utilizado o la recomendación del proveedor de asfalto en el caso de utilizar modificados.

Se rechazarán todas las mezclas segregadas, carbonizadas, sobrecalentadas, con espuma, aquéllas cuya envuelta no fuera homogénea y cuando la humedad de la mezcla sea superior al uno por ciento (1%) en masa del total.

Los ensayos a realizar en la mezcla asfáltica serán los indicados en la Tabla 14.

Frecuencia	Características a determinar	Tamaño de muestra requerido
Cada 150 m <sup>3</sup>	-Granulometría -Contenido de Asfalto -Gravedad específica teórica máxima (Gmm)	3 kg
Cada 750 m <sup>3</sup>	-Susceptibilidad al daño por humedad y tensión indirecta (TSR).	20 kg

Tabla 14. Frecuencia, número y tamaño de muestra de la mezcla asfáltica

### V.2.4 Tendido y compactación

El contratista llevará un registro diario de los siguientes puntos durante la producción: número de camiones de mezcla aplicados, los metros cúbicos de mezcla por camión, la temperatura de tendido de la mezcla, las temperaturas de inicio y finalización de compactación de la mezcla asfáltica.

## VI. INFORMES DE CONTROL DE CALIDAD

La Contratista será responsable de elaborar los informes de control de calidad que solicite la Contratante, en los que se presenten: tablas, gráficas, croquis y fotografías, con los resultados de las pruebas ejecutadas. Se debe incluir la información necesaria para su interpretación, por ejemplo: las cartas de control, los análisis estadísticos realizados, las acciones y los tratamientos de los elementos rechazados de cada concepto de trabajo analizado; y el dictamen de calidad.

## VII. GUÍAS DE AJUSTE DE PRODUCCIÓN, TENDIDO Y COMPACTACIÓN DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

Cuando se presenten problemas granulométricos e incumplimiento de características de los materiales, características no deseables durante el tendido o en el pavimento terminado, se recomienda consultar las soluciones propuestas en las siguientes publicaciones: QIP-97 de la “*National Asphalt Pavement Association*” (NAPA) y “*Quality Control for Hot-Mix Plant and Paving Operations*”. Estas guías fueron utilizadas durante los proyectos de construcción NCHRP Project 9-7 y son aplicables para el diseño, producción y tendido de las mezclas asfálticas en caliente para capas de rodadura.







# Asociación Mexicana del Asfalto, A. C.

---

## **Comité técnico**

Capas de Rodadura

## **Coordinador**

Mauricio Centeno Ortíz

## **Miembros**

Víctor Cincire Romero

Jorge Cepeda Aldape

Francisco Limón Vizcarra

Horacio Delgado Alamilla

Rosemberg Reyes Ramírez

Alejandro Díaz Cruz

**Pedro Limón Cobarruvias**

## **Noveno Consejo Directivo**

### **Presidenta**

Verónica Flores Déleon

### **Vicepresidentes**

Raymundo Benítez López

J. Jesús Martín del Campo Limón

Carlos H. Ruiz Muñoz

### **Secretario**

Luis Eduardo Payns Borrego

### **Tesorero**

José Genaro Cabrera Mateos

### **Vocales**

Javier Gutiérrez Cisneros

Francisco Javier Moreno Fierros

Daniel Montemayor Aguirre

Arturo Valdez Covarrubias

Horacio Delgado Alamilla

Fernando Mazín Cristo

Mario René Preza González

D.R. © Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.  
Camino a Santa Teresa 187, Tlalpan, 14010, México, D.F. Tel. (55) 5606-7962  
administracion@amaac.org.mx    www.amaac.org.mx

Editado marzo, 2016