

LIBRO: **CMT. CARACTERÍSTICAS DE
LOS MATERIALES**

PARTE: **4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas

CAPÍTULO: 003. *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras*

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene las características de calidad de las mezclas asfálticas que se utilicen en la construcción y conservación de pavimentos para carreteras.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Una mezcla asfáltica es el producto obtenido de la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico en uno pétreo.

Las mezclas asfálticas, según el procedimiento de mezclado, se clasifican como sigue:

B.1. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

Son las elaboradas en caliente, utilizando cemento asfáltico y materiales pétreos, en una planta mezcladora estacionaria o móvil, provista del equipo necesario para calentar los componentes de la mezcla.

Las mezclas asfálticas en caliente se clasifican a su vez en:

B.1.1. Mezcla asfáltica de granulometría densa

B.1.1.1. Mezcla asfáltica de granulometría densa diseñada por el método Marshall

Es la mezcla en caliente, uniforme y homogénea, elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos bien graduados, diseñada de acuerdo con el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·034, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, con tamaño nominal entre treinta y siete coma cinco (37,5) milímetros (1½ in) y nueve coma cinco (9,5) milímetros (¾ in), que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

B.1.1.2. Mezcla asfáltica de granulometría densa diseñada por el método de desempeño

Es la mezcla en caliente, uniforme y homogénea, elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos bien graduados, diseñada de acuerdo con el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·046, *Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, con tamaño nominal entre treinta y siete coma cinco (37,5) milímetros (1½ in) y nueve coma cinco (9,5) milímetros (¾ in), que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

B.1.2. Mezcla asfáltica de granulometría abierta

Es la 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 entre doce coma cinco (12,5) milímetros ($\frac{1}{2}$ in) y seis coma tres (6,3) milímetros ($\frac{1}{4}$ in), que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Cláusula E. de la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*. Estas mezclas normalmente se utilizan para formar capas de rodadura, no tienen función estructural y generalmente se construyen sobre una carpeta de granulometría densa, con la finalidad principal de satisfacer las necesidades funcionales que requiere el tránsito, al permitir que el agua de lluvia ocupe los vacíos de aire en la carpeta y en conjunto con la pendiente transversal sea desalojada el agua de manera lateral, con lo que se incrementa la fricción de las llantas con la superficie de rodadura, se mitiga el acuaplaneo, así como la reducción en el volumen de agua que se impulsa sobre los vehículos adyacentes, mejorando la visibilidad del señalamiento horizontal. Las mezclas asfálticas de granulometría abierta no se colocarán en zonas susceptibles al congelamiento ni donde la precipitación sea menor de seiscientos (600) milímetros por año.

B.1.3. Mezcla asfáltica de granulometría discontinua con fibra

Es la mezcla en caliente, uniforme y homogénea, elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos de granulometría discontinua, con tamaño nominal entre doce coma cinco (12,5) milímetros ($\frac{1}{2}$ in) y seis coma tres (6,3) milímetros ($\frac{1}{4}$ in), que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*. Estas mezclas normalmente se utilizan para formar capas de rodadura, aunque también pueden utilizarse en carpetas asfálticas para 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 de granulometría densa. Al contar con una superficie del pavimento con un alto valor de macrotextura, se evita que el agua de lluvia forme una película continua sobre la superficie del pavimento, con lo que se incrementa la fricción de las llantas, se mitiga el acuaplaneo, se reduce la cantidad de agua que se proyecta sobre los vehículos adyacentes, se mejora la visibilidad del señalamiento horizontal y se reduce el ruido hacia el entorno por la fricción entre las llantas y la superficie de rodadura.

B.1.4. Mezcla asfáltica de granulometría discontinua sin fibra

Es la mezcla en caliente, uniforme y homogénea, elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos de granulometría discontinua, con tamaño nominal entre doce coma cinco (12,5) milímetros ($\frac{1}{2}$ in) y seis coma tres (6,3) milímetros ($\frac{1}{4}$ in), que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.

B.2. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO

Son las elaboradas en frío, en una planta mezcladora móvil, utilizando emulsiones asfálticas y materiales pétreos.

Las mezclas asfálticas en frío se clasifican a su vez en:

B.2.1. Mezcla asfáltica de granulometría densa

Es la mezcla en frío, uniforme y homogénea, elaborada con emulsión asfáltica y materiales pétreos, con tamaño nominal entre treinta y siete coma cinco (37,5) milímetros ($1\frac{1}{2}$ in) y nueve coma cinco (9,5) milímetros ($\frac{3}{8}$ in), que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Cláusula D. de la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*. Normalmente se utiliza en los casos en que la intensidad del tránsito (ΣL) es igual a un (1) millón de ejes equivalentes o menor, en donde no se requiera de una alta resistencia estructural, para la construcción de carpetas asfálticas de pavimentos nuevos y en carpetas para el refuerzo de pavimentos existentes, así como para la reparación de baches.

B.2.2. Mezcla con microaglomerados

Se utiliza para la construcción de capas de rodadura. Se trata de una mezcla asfáltica en frío, uniforme y homogénea, elaborada con emulsión asfáltica modificada con polímero de rompimiento controlado, que cumpla con lo indicado en la Norma N·CMT·4·05·005, *Calidad de Emulsiones Asfálticas* y los materiales pétreos con tamaño nominal de cuatro coma setenta y cinco (4,75) milímetros (malla No. 4), que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*; en la mezcla también se incluyen agua, aditivos y, en su caso, fibras.

B.2.3. Mezclas asfálticas por el sistema de riegos

Son las que se construyen mediante la aplicación de uno o más riegos de un material asfáltico, intercalados con una, dos o tres capas sucesivas de material pétreo triturado de tamaños decrecientes que, según su denominación, satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*. Estas mezclas se clasifican en mezclas de uno, de dos y de tres riegos. Las de un riego o la última capa de las de dos o tres riegos, pueden ser premezcladas o no. Normalmente se colocan sobre una base impregnada o una carpeta asfáltica, nueva o existente, como capa de rodadura con el objeto de proporcionar resistencia al derrapamiento y al pulimento. Se requiere que el material pétreo de la segunda y tercera capa sea al menos la mitad del diámetro del tamaño del riego previamente colocado.

C. REFERENCIAS

Son referencia de esta Norma, las normas AASHTO T 342-22, *Standard Method of Test for Determining Dynamic Modulus of Hot Mix Asphalt (HMA)* y la AASHTO T 321-22, *Standard Method of Test for Determining the Fatigue Life of Compacted Asphalt Mixtures Subjected to Repeated Flexural Bending*, publicadas por la American Association of State Highway and Transportation Officials, en EUA, ambas en el año 2022, así como la norma ASTM D7064-21, *Standard Practice for Open-Graded Friction Course (OGFC) Asphalt Mixture Design*, publicada por la American Society for Testing and Materials, en el año 2021.

Además, son referencia de esta Norma los boletines técnicos publicados por la International Slurry Surfacing Association de EUA:

- ISSA TB 100, *Laboratory Test Method for Wet Track Abrasion of Slurry Surfacing Systems*.
- ISSA TB 106, *Test Method for Measurement of Slurry Seal Consistency*.
- ISSA TB 109, *Test Method for Measurement of Excess Asphalt In Bituminous Mixtures by Use of a Loaded Wheel Tester and Sand Adhesion*.
- ISSA TB 113, *Test Method for Determining Mix Time for Slurry Surfacing Systems*.
- ISSA TB 114, *Test Method for Wet Stripping of Cured Slurry Surfacing Mixtures*.
- ISSA TB 139, *Test Method to Determine Set and Cure Development of Slurry Surfacing Systems by Cohesion Tester*.
- ISSA TB 146, *Flexural Tension Test Method for Determination of Cracking Resistance of Slurry Mixes*.

Además, se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente	N·CTR·CAR·1·04·006
Carpetas Asfálticas con Mezcla en Frío	N·CTR·CAR·1·04·007
Carpeta Asfáltica de Granulometría Densa	N·CSV·CAR·3·02·005
Calidad del Cemento Pórtland	N·CMT·2·02·001

Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas	N·CMT·4·04
Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)	N·CMT·4·05·004
Calidad de Emulsiones Asfálticas	N·CMT·4·05·005
Calidad de Cal para Mezclas Asfálticas	N·CMT·4·05·007
Muestreo de Mezclas Asfálticas	M·MMP·4·05·032
Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa	M·MMP·4·05·034
Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Abierta	M·MMP·4·05·036
Contenido de Agua en Mezclas Asfálticas	M·MMP·4·05·039
Contenido de Disolventes en Mezclas Asfálticas	M·MMP·4·05·040
Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Discontinua con Fibra	M·MMP·4·05·043
Determinación del Escurrimiento en Mezclas Asfálticas sin Compactar	M·MMP·4·05·044
Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa	M·MMP·4·05·046
Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas por el Método Colorimétrico	M·MMP·4·05·047
Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas mediante la Recirculación de Disolventes en Caliente	M·MMP·4·05·048
Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas mediante Extracción por Centrifugado	M·MMP·4·05·049
Susceptibilidad de las Mezclas Asfálticas Compactadas al Daño Inducido por Humedad	M·MMP·4·05·052
Deformación Permanente por Rodera con Rueda Cargada de Hamburgo	M·MMP·4·05·053
Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas por el Método de Calcinación	M·MMP·4·05·054
Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Discontinua sin Fibra	M·MMP·4·05·056
Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente con el Compactador Giratorio	M·MMP·4·05·058
Método de Diseño para Mezclas Asfálticas con Microaglomerados en Frío	M·MMP·4·05·068

D. REQUISITOS DE CALIDAD

Los materiales pétreos cumplirán con lo establecido en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*; las emulsiones asfálticas cumplirán con la Norma N·CMT·4·05·005, *Calidad de Emulsiones Asfálticas* y los cementos asfálticos cumplirán con la Norma N·CMT·4·05·004, *Calidad de Cementos Asfálticos según su Grado de Desempeño (PG)*.

D.1. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

Las mezclas asfálticas en caliente, diseñadas de acuerdo con los procedimientos descritos en los Manuales M·MMP·4·05·034, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, M·MMP·4·05·036, *Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Abierta*, M·MMP·4·05·043, *Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Discontinua con Fibra*, M·MMP·4·05·046, *Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa* y M·MMP·4·05·056, *Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Discontinua sin Fibra*, según su tipo, cumplirán con los siguientes requisitos de calidad:

D.1.1. Mezcla asfáltica de granulometría densa

Según el método utilizado en el diseño, la mezcla asfáltica cumplirá con los requisitos de calidad señalados a continuación:

D.1.1.1. Mezcla asfáltica de granulometría densa diseñada por el método Marshall

Las mezclas asfálticas de granulometría densa, diseñadas mediante el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·034, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, de acuerdo con el tránsito esperado en términos del número de ejes equivalentes de ocho coma dos (8,2) toneladas acumulados durante la vida útil del pavimento (ΣL), cumplirán con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 1 de esta Norma y con el volumen de vacíos en el material pétreo (*VMP*) indicado en la Tabla 2 de esta Norma, en función del tamaño nominal del material pétreo utilizado en la mezcla.

TABLA 1.- Requisitos de calidad para mezclas asfálticas de granulometría densa, diseñadas mediante el método Marshall, con moldes de 101,6 mm (4 in) de diámetro

Características	Número de ejes equivalentes de diseño ΣL [1]	
	$\Sigma L \leq 10^6$	$10^6 < \Sigma L \leq 10^7$ [5]
Compactación, número de golpes en cada cara de la probeta	50	75
Estabilidad, <i>N</i> (lbr), mínimo	5 340 (1 200)	8 000 (1 800)
Flujo, mm (10^{-2} in)	Por diseño [2]	Por diseño [2]
Volumen de vacíos de aire en la mezcla asfáltica compactada (<i>VMC</i>), %	4 ± 1	4 ± 1
Volumen de vacíos ocupados por el cemento asfáltico (<i>VFA</i>), %	65 - 78	65 - 75
Susceptibilidad de las mezclas asfálticas al daño inducido por humedad (<i>TSR</i>), %, mínimo [3]	80	80
Deformación permanente por rodera con Rueda Cargada de Hamburgo, máximo [4]	10 mm a 10 000 pasadas	10 mm a 15 000 pasadas

- [1] ΣL = Número de ejes equivalentes de 8,2 t (ESAL), esperado durante la vida útil del pavimento.
- [2] Esta característica estará definida de acuerdo con lo obtenido en el diseño y será el valor que se controlará en obra para el flujo Marshall.
- [3] Determinado de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·4·05·052, *Susceptibilidad de las Mezclas Asfálticas Compactadas al Daño Inducido por Humedad*, utilizando especímenes compactados mediante el pisón Marshall, con número de golpes en cada cara de la probeta de acuerdo con el diseño.
- [4] Número de pasadas mínimas para la deformación máxima con el equipo indicado en el Manual M·MMP·4·05·053, *Deformación Permanente por Rodera con Rueda Cargada de Hamburgo*, utilizando especímenes compactados de acuerdo con el Manual M·MMP·4·05·058, *Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente con el Compactador Giratorio*.
- [5] Para tránsitos mayores de 10^7 ejes equivalentes de diseño, se utilizará el método de diseño por desempeño de mezclas asfálticas de granulometría densa, de acuerdo con lo indicado en esta Norma.

TABLA 2.- Volumen de vacíos en el material pétreo (*VMP*) para mezclas asfálticas de granulometría densa, diseñadas mediante el método Marshall

Tamaño nominal del material pétreo utilizado en la mezcla [1]		Volumen de vacíos en el material pétreo (<i>VMP</i>) de diseño %		
		3	4	5
mm	Designación in	Vacíos en el agregado mineral (<i>VAM</i>) %, mínimo		
9,5	$\frac{3}{8}$	14	15	16
12,5	$\frac{1}{2}$	13	14	15
19	$\frac{3}{4}$	12	13	14
25	1	11	12	13
37,5	$1\frac{1}{2}$	10	11	12

[1] El tamaño nominal corresponde al indicado en la Norma N·CMT-4-04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, para el tipo y granulometría del material pétreo utilizado en la mezcla.

D.1.1.2. Mezcla asfáltica de granulometría densa diseñada por el método de desempeño

Las mezclas asfálticas de granulometría densa, diseñadas mediante el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·046, *Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, de acuerdo con el tránsito esperado en términos del número de ejes equivalentes de ocho coma dos (8,2) toneladas acumulados durante la vida útil del pavimento (ΣL), cumplirán con los requisitos de calidad que se indican en las Tablas 3 y 4 de esta Norma, en función del tamaño nominal del material pétreo utilizado en la mezcla.

TABLA 3.- Requisitos de calidad para mezclas asfálticas de granulometría densa diseñadas por el método de desempeño

Características		Número de ejes equivalentes de diseño ΣL		
		$10^6 < \Sigma L \leq 10^7$	$10^7 < \Sigma L \leq 3 \times 10^7$	$\Sigma L > 3 \times 10^7$
Nivel de compactación	$\leq N_{mi}$	90,5	89	
	$\leq N_{dis}$	96		
	$\leq N_{m\acute{a}x}$	≤ 98		
Volumen de vacíos de aire en la mezcla asfáltica compactada (VMC), %		4 ± 1		
Volumen de vacíos ocupados por el cemento asfáltico (VFA), %		65 - 78	65 - 75	
Relación de filler-cemento asfáltico		0,6 - 1,2		
Susceptibilidad de las mezclas asfálticas al daño inducido por humedad (TSR), %, mínimo [1]		80		
Deformación permanente por rodera con Rueda Cargada de Hamburgo, mm, máximo		10		
Número de pasadas de acuerdo con el nivel de tránsito [2]		15 000	20 000	
Módulo dinámico [3] E^* , 20 °C, 10Hz, MPa, mínimo		-	5 000	
Módulo de rigidez a fatiga [4]		-	-	Por proyecto

[1] Determinado de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·4·05·052, *Susceptibilidad de las Mezclas Asfálticas Compactadas al Daño Inducido por Humedad*.

[2] Número de pasadas mínimas para la deformación máxima de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP·4·05·053, *Deformación Permanente por Rodera con Rueda Cargada de Hamburgo*.

[3] Obtenido de acuerdo con el procedimiento establecido en la norma AASHTO T 342-22, *Standard Method of Test for Determining Dynamic Modulus of Hot Mix Asphalt (HMA)*.

[4] Determinado de acuerdo con el proyecto autorizado por la Secretaría, obtenido según el procedimiento establecido en la norma AASHTO T 321-22, *Standard Method of Test for Determining the Fatigue Life of Compacted Asphalt Mixtures Subjected to Repeated Flexural Bending*.

TABLA 4.- Volumen de vacíos en el material pétreo (VMP) para mezclas asfálticas de alto desempeño de granulometría densa

Tamaño nominal del material pétreo utilizado en la mezcla [1]		Volumen de vacíos en el material pétreo (VMP) %, mínimo
mm	Designación in	
9,5	$\frac{3}{8}$	15
12,5	$\frac{1}{2}$	14
19	$\frac{3}{4}$	13
25	1	12
37,5	$1\frac{1}{2}$	11

[1] El tamaño nominal corresponde al indicado en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, para el tipo y granulometría del material pétreo utilizado en la mezcla.

D.1.2. Mezcla asfáltica de granulometría abierta

D.1.2.1. Las mezclas asfálticas de granulometría abierta, diseñadas mediante el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·036, *Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Abierta*, tendrán como mínimo el contenido de asfalto que corresponda a un valor de pérdida por desgaste obtenido en el procedimiento de prueba descrito en la norma ASTM D7064-21, *Standard Practice for Open-Graded Friction Course (OGFC) Asphalt Mixture Design* en probetas no envejecidas igual a veinte (20) por ciento o menor, y como máximo el contenido de asfalto que corresponda a un porcentaje de volumen de vacíos de aire en la mezcla asfáltica compactada (VAG_{MA}) igual a veinte (20) por ciento o mayor.

D.1.2.2. Cuando se requiera un material fino (*filler*) para lograr la granulometría del material pétreo establecida en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, se puede utilizar cemento Pórtland que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la Norma N·CMT·2·02·001, *Calidad del Cemento Pórtland* o cal que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la Norma N·CMT·4·05·007, *Calidad de Cal para Mezclas Asfálticas*, lo que también incrementará la estabilidad de la mezcla y mejorará la cohesión entre el material asfáltico y los materiales pétreos; el contenido de *filler* no será mayor que el porcentaje máximo de material que pasa la malla N° 200, indicado en dicha Norma.

D.1.3. Mezcla asfáltica de granulometría discontinua con fibra

D.1.3.1. Las mezclas asfálticas de granulometría discontinua con fibra, diseñadas mediante el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·043, *Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Discontinua con Fibra*, cumplirán con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 5 de esta Norma.

TABLA 5.- Requisitos de calidad para mezclas asfálticas de granulometría discontinua con fibra

Característica	Requisito
Número de giros en compactador giratorio (golpes por cara con martillo Marshall)	100 (50)
Volumen de vacíos de aire en la mezcla asfáltica compactada (VMC), %, mínimo	4,0 [1]
Volumen de vacíos en el material pétreo (VMP), %, mínimo	17
Volumen de vacíos ocupados por el cemento asfáltico (VFA), %	75 - 82
Contenido de fibras de celulosa, % en peso de la mezcla, mínimo	0,3
Susceptibilidad de las mezclas asfálticas al daño inducido por humedad (TSR) [2], %, mínimo	80
Escurrecimiento del cemento asfáltico a temperatura de producción, %, máximo	0,3 [3]
Contenido óptimo de cemento asfáltico ($CA_{\text{óptimo}}$) % en peso de la mezcla, mínimo	6,0
Adicionalmente el volumen de vacíos en los agregados gruesos de la mezcla asfáltica (VAG_{MA}) será menor que el volumen de vacíos en los agregados gruesos de la mezcla asfáltica en la condición de varillado en seco (VAG_{var}) [4]	

[1] Para caminos de bajo volumen de tránsito menores a un millón (1×10^6) de ejes equivalentes o climas fríos, se puede permitir un porcentaje de vacíos en la mezcla menor que 4 % pero nunca debajo de 3 %.

[2] Para determinar la resistencia retenida a tensión indirecta (TSR), se aplicará el método descrito en el Manual M·MMP·4·05·052, *Susceptibilidad de las Mezclas Asfálticas Compactadas al Daño Inducido por Humedad*.

[3] Para determinar el escurrecimiento de asfalto se aplicará el método descrito en el Manual M·MMP·4·05·044, *Determinación del Escurrecimiento en Mezclas Asfálticas sin Compactar*.

[4] Para determinar los valores VAG_{MA} y VAG_{var} , se aplicarán los procedimientos indicados en el Manual M·MMP·4·05·043, *Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Discontinua con Fibra*.

D.1.3.2. Cuando se requiera un material fino (*filler*) para lograr la granulometría del material pétreo establecida en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, se puede utilizar cemento Pórtland o cal que cumplan con los requisitos de calidad indicados en el Párrafo D.1.2.2. de esta Norma, lo que también acelerará la estabilidad de la mezcla y mejorará la cohesión entre el material asfáltico y los materiales pétreos; el contenido de *filler* no será mayor que el porcentaje máximo de material que pasa la malla N° 200, indicado en dicha Norma.

D.1.4. Mezcla asfáltica de granulometría discontinua sin fibra

D.1.4.1. Las mezclas asfálticas de granulometría discontinua sin fibra, diseñadas mediante el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·056, *Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Discontinua sin Fibra*, cumplirán con los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 6 de esta Norma.

TABLA 6.- Requisitos de calidad para mezclas asfálticas de granulometría discontinua sin fibra

Características	Valor
Espesor de la película efectiva ^[1] , micrones, mínimo	9
Escurrimiento del cemento asfáltico de la mezcla asfáltica a temperatura de producción, %, máximo	0,3
Susceptibilidad de las mezclas asfálticas al daño inducido por humedad (TSR) ^[2] , %, mínimo	80
Volumen de vacíos de aire en la mezcla asfáltica compactada (VMC), % a 100 giros de compactación	13 - 25
Volumen de vacíos en el material pétreo (VMP), % mínimo	20

[1] El espesor se calcula utilizando el contenido de cemento asfáltico efectivo, considerando el área superficial del material pétreo.

[2] Para la elaboración de los especímenes, la mezcla asfáltica se compacta a 100 giros, usando el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·058, *Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente con el Compactador Giratorio*.

D.1.4.2. Cuando se requiera un material fino (*filler*) para lograr la granulometría del material pétreo establecida en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, se puede utilizar cemento Pórtland o cal que cumplan con los requisitos de calidad indicados en el Párrafo D.1.2.2. de esta Norma, lo que también acelerará la estabilidad de la mezcla y mejorará la cohesión entre el material asfáltico y los materiales pétreos; el contenido de *filler* no será mayor que el porcentaje máximo de material que pasa la malla N° 200, indicado en dicha Norma.

D.2. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO**D.2.1. Mezclas asfálticas de granulometría densa diseñada mediante el método Marshall**

Las mezclas asfálticas en frío, diseñadas de acuerdo con el procedimiento descrito en el Manual M·MMP·4·05·034, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, que se empleen en carpetas o reparación de baches, cumplirán con los siguientes requisitos de calidad:

D.2.1.1. La emulsión asfáltica que se utilice en las mezclas para carpetas asfálticas de granulometría densa en frío será de rompimiento medio o lento.

D.2.1.2. Las mezclas para carpetas asfálticas y reparación de baches de granulometría densa en frío cumplirán con los requisitos de calidad señalados en la Tabla 7 de esta Norma, para una intensidad del tránsito (ΣL) igual a un (1) millón de ejes equivalentes o menor.

TABLA 7.- Requisitos de calidad para mezclas asfálticas en frío de granulometría densa, diseñadas mediante el método Marshall, con moldes de 101,6 mm (4 in) de diámetro

Características	Valor
Compactación, número de golpes en cada cara de la probeta	50
Estabilidad, N (lbr), mínimo	3 200 (719)
Flujo, mm (10^{-2} in)	3 - 5 (12 - 20)
Volumen de vacíos de aire en la mezcla asfáltica compactada (VMC), %	5 ± 1

D.2.1.3. En caso de que así lo indique el proyecto o previa aprobación de la Secretaría, cuando se requiera un material fino (*filler*) para lograr la granulometría del material pétreo establecida en la Norma N·CMT·4·04, *Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*, se puede utilizar cemento Pórtland o cal que cumplan con los requisitos de calidad indicados en el Párrafo D.1.2.2. de esta Norma, lo que también acelerará la estabilidad de la mezcla y mejorará la cohesión entre el material asfáltico y los materiales pétreos; el contenido de *filler* no será mayor que el porcentaje máximo de material que pasa la malla N°200, indicado en dicha Norma.

D.2.2. Mezclas asfálticas con microaglomerados en frío

El diseño de mezclas asfálticas con microaglomerados en frío en el laboratorio, se realizará bajo las condiciones climatológicas esperadas en el sitio de la obra durante la ejecución de los trabajos, de acuerdo con el Manual M·MMP·4·05·068, *Método de Diseño para Mezclas Asfálticas con Microaglomerados en Frío*. A partir del diseño, se obtendrá el tipo de emulsión por usar, la cantidad y tipo de *filler*, el agua y los aditivos, así como la cantidad de fibra de vidrio, cuando así se indique en el proyecto. Las mezclas con microaglomerados cumplirán con lo siguiente:

D.2.2.1. Las emulsiones asfálticas cumplirán con lo indicado en la Norma N·CMT·4·05·005, *Calidad de Emulsiones Asfálticas*. La selección del tipo de emulsión dependerá de lo obtenido en el diseño, el cual considerará las condiciones climáticas donde se realizarán los trabajos.

D.2.2.2. El agua que se utilice para dar la consistencia necesaria a la mezcla con microaglomerados estará libre de materias extrañas y de sales solubles, de tal manera que no se afecte el tiempo de mezclado controlable que se indica en la Tabla 8 de esta Norma.

D.2.2.3. El proporcionamiento de la mezcla asfáltica con microaglomerados de lenta y rápida apertura al tránsito, cumplirá con lo establecido en la Tabla 8 de esta Norma.

TABLA 8.- Requisitos de calidad para el diseño de mezclas asfálticas con microaglomerados

Característica ^[1]	Boletín técnico ^[2]	De lenta apertura al tránsito ^[2]	De rápida apertura al tránsito ^[2]
Tiempo de mezclado controlable, s, mínimo	ISSA TB 113	180	120
Consistencia, cm	ISSA TB 106	2,0 - 3,0	
Cohesión en húmedo: Fraguado, mínimo 12 kg cm, minutos, máximo ^[1]	ISSA TB 139	60	30
Apertura al tránsito, mínimo 20 kg cm, minutos, máximo ^[1]		240	60
Desprendimiento en húmedo, %, mínimo	ISSA TB 114	90	
Pérdida por abrasión en húmedo: una hora de saturación, g/m ² , máximo	ISSA TB 100	538	
Pérdida por abrasión en húmedo: seis días de saturación, g/m ² , máximo		-	807
Exceso de cemento asfáltico por adherencia de arena en rueda cargada, g/m ² , máximo	ISSA TB 109	538	

[1] La temperatura de prueba será similar a la temperatura ambiente esperada en el proyecto.

[2] Método de prueba publicado por la *International Slurry Surfacing Association*, EUA.

D.2.2.4. En caso de que así lo indique el proyecto, se emplearán fibras de vidrio en la mezcla para incrementar la vida útil, evitar agrietamiento y escurrimiento; con longitud mayor de seis (6) milímetros, siempre y cuando brinden un buen desempeño con el microaglomerado. El desempeño de la mezcla de microaglomerados se comprobará de acuerdo con el procedimiento indicado en el boletín técnico, ISSA TB-146, *Flexural Tension Test Method for Determination of Cracking Resistance of Slurry Mixes*.

D.2.2.5. Para el diseño de la mezcla con microaglomerados se utilizará un *filler* en dosificaciones menores de dos (2) por ciento en masa con respecto al agregado pétreo.

D.3. MEZCLAS ASFÁLTICAS POR EL SISTEMA DE RIEGOS

En la construcción de capas de rodadura con mezclas asfálticas por el sistema de riegos, se tomará en cuenta lo siguiente:

D.3.1. La emulsión asfáltica que se utilice en la elaboración de mezclas asfálticas por el sistema de riegos será de rompimiento rápido; sin embargo, nunca se utilizará la emulsión ECR-60.

D.3.2. En cada caso, las cantidades de los distintos tipos de materiales pétreos que se empleen, así como las del material asfáltico, serán las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría. En términos generales, las cantidades de materiales que se utilicen estarán comprendidas dentro de los límites indicados en la Tabla 9 de esta Norma.

TABLA 9.- Cantidades de materiales pétreos y asfálticos en mezclas asfálticas por el sistema de riegos

Materiales	Tipo de mezcla		
	Tres riegos	Dos riegos	Un riego
Cemento asfáltico [1], L/m ²	0,7 - 0,8	-	-
Material pétreo tipo 1, kg/m ²	20 - 25	-	-
Cemento asfáltico [1], L/m ²	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8	-
Material pétreo tipo 2, kg/m ²	8 - 12	8 - 12	-
Cemento asfáltico [1], L/m ²	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8
Material pétreo tipo 3-A, kg/m ²	8 - 10	8 - 10	8 - 10
Cemento asfáltico [1], L/m ²	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8	-
Material pétreo tipo 3-B, kg/m ²	6 - 8	6 - 8	-
Cemento asfáltico [1], L/m ²	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8	0,7 - 0,8
Material pétreo tipo 3-E, kg/m ²	9 - 11	9 - 11	9 - 11

[1] El cemento asfáltico considerado en esta tabla se refiere al que contiene la emulsión que se utilice. Para calcular la cantidad de emulsión en litros por aplicar, se multiplicará por 100 el valor mostrado y se dividirá entre el porcentaje del contenido de cemento asfáltico que tenga la emulsión.

E. CONDICIONES PARA LA ELABORACIÓN Y USO ADECUADO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

E.1. Las mezclas asfálticas en caliente se elaborarán a las temperaturas más bajas posibles que permitan obtener una mezcla y cubrimiento del material pétreo uniformes, pero lo suficientemente altas para disponer del tiempo requerido para su transporte, tendido y compactación. Las temperaturas de mezclado serán determinadas por el diseñador de la mezcla asfáltica tomando como referencia la curva viscosidad-temperatura del material asfáltico o proporcionadas por el proveedor del cemento asfáltico, mismas que se comprobarán durante la calibración de la planta de producción y la colocación del tramo de prueba, al que hacen referencia las Normas N·CTR·CAR·1·04·006, *Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente* y N·CSV·CAR·3·02·005, *Carpeta Asfáltica de Granulometría Densa*.

- E.2. La temperatura de las emulsiones asfálticas al momento de su empleo en las mezclas asfálticas en frío o de su aplicación para mezclas asfálticas por el sistema de riegos, será de sesenta y cinco (65) a cuarenta (40) grados Celsius.
- E.3. No se aplicarán las mezclas en frío o por sistema de riegos, ni mezclas en caliente, cuando la temperatura de la superficie sobre la cual serán construidas esté por debajo de los quince (15) grados Celsius. Ninguna mezcla asfáltica se aplicará cuando haya amenaza de lluvia o cuando la velocidad del viento impida que la aplicación con petrolizadora sea uniforme.
- E.4. Las tolerancias de los contenidos de agua y de disolventes en las mezclas asfálticas, determinados de acuerdo con los procedimientos descritos en los Manuales M·MMP·4·05·039, *Contenido de Agua en Mezclas Asfálticas* y M·MMP·4·05·040, *Contenido de Disolventes en Mezclas Asfálticas*, así como el contenido de cemento asfáltico determinado mediante alguno de los procedimientos descritos en los Manuales M·MMP·4·05·047, *Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas por el Método Colorimétrico*, M·MMP·4·05·048, *Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas mediante la Recirculación de Disolventes en Caliente*, M·MMP·4·05·049, *Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas mediante Extracción por Centrifugado* o M·MMP·4·05·054, *Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas por el Método de Calcinación*, serán las mostradas en la Tabla 10 de esta Norma.

TABLA 10.- Tolerancia en el contenido de cemento asfáltico, agua y disolventes en mezclas asfálticas

Material asfáltico empleado en la elaboración de la mezcla		Tolerancia en el contenido de cemento asfáltico (CA) ^[1] %	Contenido de agua libre permitido ^[2] %	Relación de disolventes a cemento asfáltico en masa (valor K)
Cemento asfáltico	Método de extracción	CA ± 0,3	-	0
	Método de ignición	CA ± 0,18		
Emulsión asfáltica sin disolventes		CA ± 0,1	1	0
Emulsión asfáltica con disolventes		CA ± 0,1	1	0,05 a 0,08

[1] CA corresponde al contenido de cemento asfáltico determinado en el diseño de la mezcla, en por ciento respecto a la masa del material pétreo. Por ejemplo, la tolerancia en el contenido de cemento asfáltico utilizando el método de extracción corresponde al rango que se establece sumando y restando el 0,3 % al contenido de cemento asfáltico determinado en el diseño, de este modo, si el contenido de ese cemento asfáltico es de 6,0 %, la tolerancia sería de 6,0-0,3 a 6,0+0,3, es decir, de 5,7 a 6,3 %.

[2] Respecto a la masa de la mezcla asfáltica.

- E.5. El rango de las temperaturas necesarias para el tendido y compactación de las mezclas asfálticas será determinado por el diseñador de la mezcla asfáltica, tomando como referencia los rangos por temperatura obtenidos a través de la curva viscosidad-temperatura del cemento asfáltico o las temperaturas proporcionadas por el proveedor del material asfáltico; con dicho rango se garantizarán las condiciones para poder realizar el tendido de la mezcla y su compactación, por lo que se comprobarán estas temperaturas durante la elaboración del tramo de prueba, al que hacen referencia las Normas N·CTR·CAR·1·04·006, *Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente* y N·CSV·CAR·3·02·005, *Carpeta Asfáltica de Granulometría Densa*.
- E.6. Los espesores compactos de las capas que se construyan con mezclas asfálticas en caliente no serán menores que tres (3) veces el tamaño nominal del material pétreo utilizado. El espesor máximo de la capa será aquel que el equipo sea capaz compactar, de tal forma que la diferencia entre el grado de compactación en los tres (3) centímetros superiores y los tres (3) centímetros inferiores, no difiera en más del uno (1) por ciento; si esto sucede, la carpeta se construirá en dos o más capas.
- E.7. Las capas construidas con cualquier mezcla asfáltica, excepto aquellas de granulometría discontinua con fibra, serán compactadas como mínimo al noventa y cinco (95) por ciento de la densidad relativa teórica máxima de la mezcla asfáltica (d_{mm}), determinada en cada caso de acuerdo con los métodos de prueba que fije la Secretaría.

- E.8. Sólo en el caso de las mezclas asfálticas de granulometría discontinua con fibra, la capa construida será compactada como mínimo al noventa y ocho (98) por ciento de la densidad relativa teórica máxima de la mezcla asfáltica (d_{mm}), determinada en el diseño de la mezcla.
- E.9. Las propiedades de la mezcla asfáltica durante su producción serán las obtenidas mediante el diseño de la mezcla aprobado por la Secretaría, en cumplimiento con los requisitos de calidad establecidos dentro de esta Norma. En caso de existir variaciones entre las propiedades de la mezcla asfáltica durante su producción y las propiedades indicadas en el diseño, se realizará una revisión y, en su caso, un ajuste del diseño de la mezcla. Si las propiedades de la mezcla o la procedencia de los materiales son distintas a las indicadas en el proyecto, se realizará un nuevo diseño de la mezcla asfáltica.

F. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

Con el propósito de evitar la alteración de las características de las mezclas asfálticas en caliente antes de su utilización en la obra, se tendrá cuidado en su transporte y almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

- F.1. La mezcla asfáltica en caliente puede ser almacenada por corto tiempo en tolvas metálicas sin orificios, con superficie interior lisa y limpia, pero teniendo en cuenta que la temperatura de la mezcla se reducirá rápidamente. No se permitirá el almacenamiento en pilas o montones, aun cuando estos se cubran con lonas.
 - F.1.1. Si se utilizan silos térmicamente aislados, la mezcla puede ser almacenada hasta por veinticuatro (24) horas sin pérdidas de temperatura y calidad considerables.
 - F.1.2. De requerirse largos periodos de almacenamiento, se utilizarán silos que incluyan sistemas de calentamiento que permitan mantener la temperatura de la mezcla, pero cuidando que no se presente escurrimiento del asfalto u oxidación de la mezcla.
- F.2. La mezcla asfáltica en caliente se transportará en vehículos con caja metálica con superficie interior lisa, sin orificios y que esté siempre limpia y libre de residuos de mezcla asfáltica, para evitar que esta se adhiera a la caja.
- F.3. Antes de cargar el vehículo de transporte, se limpiará su caja y se cubrirá la superficie interior de la misma con un lubricante para evitar que se le adhiera la mezcla, utilizando para ello una solución de agua y cal, agua jabonosa o algún producto comercial apropiado. En ningún caso se usarán productos derivados del petróleo como el diesel, debido a problemas ambientales y posibles daños a la mezcla. Una vez hecho lo anterior, se levantará la caja para drenar el exceso de lubricante.
- F.4. El vehículo de transporte se llenará con varias descargas sucesivas de la mezcla para minimizar la segregación de los materiales pétreos, acomodándolas en un montículo al frente de la caja seguido de otro montículo al final y por último un montículo al centro.
- F.5. Una vez cargado el vehículo de transporte, se cubrirá la mezcla asfáltica con una lona que la preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto.
- F.6. El tiempo de transporte está en función de la pérdida de temperatura de la mezcla, la que será tendida y compactada a las temperaturas mínimas determinadas como se indica en la Fracción E.5. de esta Norma; sin embargo, en el caso de mezclas asfálticas de granulometría abierta, el tiempo de transporte será menor de uno coma cinco (1,5) horas, para evitar el escurrimiento del cemento asfáltico.
- F.7. La temperatura de fabricación de la mezcla no se incrementará para que al final de su transporte tenga la temperatura adecuada para el tendido y compactación.

F.8. En el caso de mezclas asfálticas de granulometría abierta, se considerará además lo siguiente:

F.8.1. No serán transportadas por caminos sin pavimentar.

F.8.2. Se manejarán de tal forma que el contenido de cemento asfáltico en la parte superior e inferior de la mezcla en el camión o almacenamiento esté dentro de las tolerancias establecidas.

G. CRITERIOS PARA ACEPTACIÓN O RECHAZO

La aceptación de mezclas asfálticas por parte de la Secretaría se hará considerando lo siguiente:

- G.1.** El Contratista de Obra será el responsable de demostrar que la mezcla asfáltica cumple con las características y los requisitos de calidad señalados en esta Norma para su aprobación por parte del Residente, según el tipo de mezcla establecida en el proyecto, en muestras obtenidas y preparadas como se establece en el Manual M·MMP·4·05·032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*, mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. El Contratista de Obra entregará a la Secretaría un certificado de calidad que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma, expedido por su propio laboratorio o por un laboratorio externo aprobado por la Secretaría.
- G.2.** Durante el proceso de producción, con objeto de controlar la calidad de la mezcla en la ejecución de la obra, el Contratista de Obra, por cada doscientos (200) metros cúbicos o fracción de la mezcla de un mismo tipo producida en la planta, realizará las pruebas necesarias que aseguren que cumple con el contenido de asfalto establecido en esta Norma y entregará a la Secretaría los resultados de dichas pruebas. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas y preparadas como se establece en el Manual M·MMP·4·05·032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Será motivo de rechazo por parte de la Secretaría, el incumplimiento de lo mencionado en esta Fracción.
- G.3.** Además de lo señalado en la Fracción anterior, el Contratista de Obra, por cada dos mil (2 000) metros cúbicos de producción de la planta, realizará las pruebas necesarias que aseguren que la mezcla asfáltica cumple con todos los requisitos establecidos en esta Norma, según el tipo de mezcla de que se trate y entregará a la Secretaría los resultados de dichas pruebas. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas y preparadas como se establece en el Manual M·MMP·4·05·032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Será motivo de rechazo por parte de la Secretaría, el incumplimiento de cualquiera de los requisitos establecidos.
- G.4.** En el caso de mezcla de granulometría densa, una vez tendida y compactada, el Contratista de Obra realizará las pruebas necesarias que aseguren los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, en el proyecto o lo señalado por la Secretaría; para las mezclas asfálticas diseñadas por método Marshall o por desempeño, será de acuerdo con lo indicado en las Normas N·CTR·CAR·1·04·006, *Carpetas Asfálticas con Mezcla en Caliente*, N·CSV·CAR·3·02·005, *Carpeta Asfáltica de Granulometría Densa* o N·CTR·CAR·1·04·007, *Carpetas Asfálticas con Mezcla en Frío*, según corresponda, mediante los procedimientos contenidos en los Manuales M·MMP·4·05·034, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa* o M·MMP·4·05·046, *Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*, según sea el caso. El Contratista de Obra entregará a la Secretaría los resultados de dichas pruebas.
- G.5.** En el caso de mezclas asfálticas de granulometría discontinua con fibra, una vez tendida y compactada, el Contratista de Obra realizará las pruebas necesarias que aseguren que la mezcla alcanzó entre noventa y tres (93) y noventa y siete (97) por ciento de su densidad relativa teórica máxima (d_{mm}), determinada en el diseño de la mezcla de acuerdo con el Manual M·MMP·4·05·043, *Método de Diseño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Discontinua con Fibra*.
- G.6.** En cualquier momento, la Secretaría puede verificar que la mezcla asfáltica suministrada cumpla con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, según el tipo de mezcla de que se trate, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

H. BIBLIOGRAFÍA

Asphalt Institute (1993). *Manual MS-1 Thickness Design – Full Depth Pavement Structures for Highways and Streets*. Lexington, KY, EUA.

Asphalt Institute. *Manual MS-22 Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente*. Lexington, KY, EUA.

Asphalt Institute. *Manual 22, Construction of Hot-Mix Asphalt Pavements*. 2ª ed. Lexington, KY, EUA.

AASHTO (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. Washington, DC, EUA.

Asphalt Institute (1994). *Antecedentes del Diseño y Análisis de Mezclas Asfálticas, Aplicaciones Tecnológicas, Innovaciones a través de Asociaciones*. Departamento del Transporte de los Estados Unidos, Administración Federal de Carreteras e IPC. Lexington, KY, EUA.

Roberts, F. et al (1991). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*. NAPA Education Foundation. Lanham, ML, EUA.

AASHTO (2005). *MP8-05 Designing Stone Matrix Asphalt (SMA)*. Provisional Standards. Washington, DC. EUA.

Comunicaciones

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes



Comunicaciones

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
Dirección General de Servicios Técnicos
Av. Coyoacán 1895
Col. Acacias, Benito Juárez, 03240
Ciudad de México
www.gob.mx/sct



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
Km 12+000, Carretera Estatal No. 431
"El Colorado-Galindo", San Fandila,
Pedro Escobedo, 76703, Querétaro
<https://normas.imt.mx>
normas@imt.mx