

## Sección 401.) DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POR EL MÉTODO MARSHALL

### 401.01 Descripción

En este apartado se presentan las especificaciones para el diseño de una mezcla asfáltica utilizando el Método Marshall.

### 401.02 Materiales

Los materiales deberán estar conformes a las siguientes secciones:

Agregados para mezcla asfáltica	703.07
Relleno mineral	725.05
Asfalto	702.01
Asfalto Modificado	702.02
Aditivos	702.09

Las granulometrías deberán ser seleccionadas de acuerdo con el uso de la mezcla que se menciona en la Tabla 401-1 Tipos de mezcla asfáltica en caliente de acuerdo con su uso y a las especificaciones mencionadas en la subsección 703.07 Agregados para la mezcla asfáltica, para cada tipo de granulometría.

### 401.03 Diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall

El diseño Marshall se aplicará para las mezclas asfálticas indicadas en la Tabla 401-1 a continuación.

**Tabla 401-1**  
**Tipos de mezcla asfáltica en caliente de acuerdo con su uso**

Designación	Aplicación por tipo de capa asfáltica	Aplicación por niveles de ESAL's
Mezcla A	Mezcla asfáltica en caliente exclusiva para bacheo para rutas donde la superficie existente consiste en algún tipo de tratamiento superficial, incluyendo lechadas asfálticas	Hasta 10 millones ESAL's (mediano volumen de tránsito)
Mezcla B	Mezcla asfáltica en caliente para capas o sobrecapas asfálticas y bacheo en rutas de mediano volumen de tránsito donde la superficie	Hasta 10 millones ESAL's (mediano volumen de tránsito)

	existente consiste en mezcla asfáltica	
Mezcla C*	Capas asfálticas intermedias (alto desempeño)	Más de 10 millones ESAL's (alto volumen de tránsito)
Mezcla D*	Capas asfálticas de rodadura (alto desempeño)	Más de 10 millones ESAL's (alto volumen de tránsito)

\*Mezclas asfálticas de alto desempeño.

**Nota:** por el tipo de función que cumplen las mezclas designadas como C y D, se recomienda su uso en capas con un espesor mínimo de 7,5 cm.

El diseño Marshall busca determinar el contenido de ligante asfáltico óptimo para una combinación determinada de agregados y ligante asfáltico, por medio de la elaboración de especímenes de prueba estándar de aproximadamente 64 mm de alto y 102 mm de diámetro.

La preparación y ensayo de los especímenes de diseño de mezcla se debe hacer de acuerdo con el método INTE 04-01-10.

**Si se utiliza aditivo para mejorar el desempeño de la mezcla asfáltica se deberá cumplir con lo siguiente:**

Cuando se busque con el aditivo, mejorar el desempeño de la mezcla, el asfalto modificado debe clasificarse de acuerdo con el Grado de Desempeño establecido en la Tabla 702-03 Especificaciones para asfaltos clasificados por Grado de Desempeño, además deberá cumplir con los requisitos especificados en la Tabla 702-04 Especificaciones para el asfalto modificado, o según lo requerido por la Administración. Se debe demostrar la necesidad del uso del aditivo, mediante ensayos de laboratorio en los que se refleje que los requisitos establecidos en la Tabla 702-03 Especificaciones para asfaltos clasificados por Grado de Desempeño, sólo pueden ser alcanzados mediante el uso de dicho material. De no ser el caso, el aditivo no podrá ser incluido en los rubros de pago.

La temperatura de mezclado en planta para la preparación de mezcla asfáltica con asfalto modificado no debe exceder 165 °C. La temperatura de mezclado y compactación debe cumplir con la especificación del fabricante.

#### **Parámetros volumétricos de diseño Marshall.**

Las propiedades volumétricas de la mezcla para encontrar el contenido de asfalto óptimo deben cumplir los parámetros establecidos en las Tablas 401-01 Requisitos para el diseño de la mezcla asfáltica utilizando el método Marshall y 401-02 Porcentajes mínimos de Vacíos en el Agregado Mineral (VMA). El flujo y estabilidad Marshall se tienen que medir de acuerdo con el método INTE 04-01-11.

**Tabla 401-01**

**Requisitos para el diseño de la mezcla asfáltica utilizando el método Marshall**

Criterios para diseño de mezcla asfáltica Método Marshall	Clasificación del tránsito <sup>1</sup>					
	Tránsito Pesado		Tránsito Medio		Tránsito Liviano	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Número de golpes en cada cara para compactar el espécimen de ensayo		75		50		35
Porcentaje de vacíos %	3,0	5,0	3,0	5,0	3,0	5,0
Porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral (VMA) %	Ver Tabla 401-02					
Porcentaje de Vacíos llenos de Asfalto (VFA) %	65	75	65	78	70	80
b) Relación polvo - asfalto (P/A)						
Relación polvo - asfalto (P/A) %	0,6	1,3	0,8	1,6	-	-
<sup>1</sup> Clasificaciones del tránsito Liviano: Condiciones que resultan en un ESAL de diseño (millones): <0,3 Mediano: Condiciones que resultan en un ESAL de diseño (millones): entre 0,3 y 10 Pesado: Condiciones que resultan en un ESAL de diseño (millones): >10 hasta 30						

**Nota:** Los parámetros volumétricos se deben calcular según lo establecido en el Método de Diseño de Mezcla para Concreto Asfáltico y Otros Tipos de Mezcla en Caliente (MS-2), Instituto del Asfalto.

**Tabla 401-02**

**Porcentajes mínimos de Vacíos en el Agregado Mineral (VMA)**

Tamaño Máximo Nominal <sup>2</sup>		VMA mínimo, por ciento		
		Vacíos de Diseño, por ciento <sup>3</sup>		
mm <sup>1</sup>	(pulg) <sup>1</sup>	3,0	4,0	5,0
4,75	(0,19)	16,0	17,0	18,0
9,5	(3/8)	14,0	15,0	16,0
12,5	(1/2)	13,0	14,0	15,0
19	(3/4)	12,0	13,0	14,0
25	(1,0)	11,0	12,0	13,0
37,5	(1,5)	10,0	11,0	12,0
<sup>1</sup> Especificación Normal para Tamaños de Tamices usados en Pruebas, ASTM E 11(AASHTO M 92) <sup>2</sup> El tamaño máximo nominal de partícula es un tamaño más grande que el primer tamiz que retiene más de 10 por ciento del material. <sup>3</sup> Interpola el VMA mínimo para los valores de vacíos de diseño que se encuentren entre los que están citados.				

Fuente: Método de Diseño de Mezcla para Concreto Asfáltico y Otros Tipos de Mezcla en Caliente (MS-2), Instituto del Asfalto.

- a. **Resistencia al daño inducido por humedad.** Los especímenes de ensayo se deben preparar de acuerdo con el método INTE 04-01-10 y el valor de resistencia se debe medir de acuerdo con el método INTE 04-01-05. La saturación indicada en el ensayo debe cumplir con un 70% mínimo y un 80% máximo para los especímenes acondicionados.
- b. **Requisitos de desempeño y aceptación de diseño.** En la Tabla 401-3 Requisitos para mezclas asfáltica se presentan los requisitos de desempeño que se deben cumplir para la aceptación de la fórmula de trabajo y para las actualizaciones del diseño que se realicen con la frecuencia establecida por la Administración.

**Tabla 401-3**  
**Requisitos para mezclas asfáltica \***

Parámetro	Requisito Mezclas Tipo A	Requisito Mezclas Tipo B	Requisito Mezclas Tipo C	Requisito Mezclas Tipo D	Método de Ensayo
Estabilidad, N	≥ 5500	≥ 8000	≥ 8000	≥ 8000	INTE 04-01-11
Flujo, mm	3 ± 1	2,5 ± 1	2,5 ± 1	2,5 ± 1	INTE 04-01-11
Resistencia al daño inducido por la humedad en mezclas asfálticas compactadas <sup>(1)</sup> (sin efectuar período de congelamiento)	≥ 75%	≥ 75%	≥ 85%	≥ 85%	INTE 04-01-05
Resistencia al daño inducido por la humedad en mezclas asfálticas compactadas a 25°C <sup>(1)</sup> (especímenes sin condicionar), kPa	-	≥ 700	≥ 700	≥ 700	INTE 04-01-05
Deformación plástica luego de 8000 ciclos de carga a 60°C <sup>(2)</sup> , mm	-	-	≤ 3,5	≤ 2,5	AASHTO T 340
Cantidad de repeticiones para la falla por fatiga a 20°C para un nivel de deformación unitaria controlada de: <sup>(3)</sup> 400 μm 600 μm	-	-	≥ 450 000 ≥ 50 000	≥ 300 000 ≥ 25 000	AASHTO T 321

\* Todos los ensayos deberán ser realizados con agregados vírgenes (sin pasar por el quemador/secador).

(1) Tanto en la falla seca como en la falla condicionada, las probetas serán moldeadas con mezcla asfáltica elaborada a escala de laboratorio con agregados que no hayan pasado por el secador de la planta. Se aplicará una carga

de compactación que produzca vacíos de aire de los especímenes de ensayo de  $(7,0 \pm 1,0)$  %, en especímenes de  $150 \pm 3$  mm ( $6 \pm 0,1$  pulgadas) de diámetro. Los especímenes a ensayar deben tener una altura de  $95 \pm 5$  mm.

(2) Se aplicará una carga de compactación que produzca vacíos de aire de los especímenes de ensayo de  $(7,0 \pm 1,0)$  %. La deformación deberá obtenerse como promedio de 3 corridas del ensayo (6 especímenes). La desviación estándar de las mediciones (3 llantas) no debe ser mayor a 2,0 mm, si esto sucede se puede descartar un solo valor (el más alejado). Se requiere que el ensayo sea realizado con mezcla acondicionada ( $4 \text{ horas} \pm 5 \text{ minutos}$  a  $135 \pm 3^\circ\text{C}$ ), compactada inmediatamente después de este acondicionamiento.

(3) Los especímenes de ensayo son vigas de mezcla asfáltica con longitud de  $(380 \pm 6)$  mm y sección transversal de  $(50 \pm 6)$  mm (ancho) por  $(63 \pm 6)$  mm (altura), densificadas de modo que su contenido de vacíos sea de  $(7,0 \pm 1,0)$  %. Los especímenes de ensayo compactados deben ser envejecidos, de previo al ensayo, en un horno a  $85^\circ\text{C}$  por 5 días. La cantidad de repeticiones de carga deberá obtenerse del promedio de al menos dos vigas.

#### 401.04 Verificación del diseño de mezcla

La Administración debe revisar el diseño de mezcla suministrado por el Contratista y realizar una verificación del mismo reproduciendo el diseño de mezcla. Si la verificación es realizada, la información suministrada por el Contratista deberá coincidir con los resultados de los ensayos de verificación con las tolerancias establecidas en la tabla 401-04.

**Tabla 401-04.**  
**Tolerancias aceptables entre fórmula de trabajo y la verificación**

Descripción	Método de ensayo	Diferencias aceptables entre el Contratista y el Contratante
% retenido individual de los tamices gruesos a partir del tamiz de 2,36 mm (N° 8)	AASHTO T 308 AASHTO T 30	$\pm 3,0$
% retenido individual de los tamices más pequeños que el tamiz de 2,36 mm (N° 8) y más grandes que el tamiz de 0,075 mm (N° 200)	AASHTO T 308 AASHTO T 30	$\pm 3,0$
% pasando el tamiz de 0,075 mm (N° 200)	AASHTO T 308 AASHTO T 30	$\pm 1,0$
Contenido de asfalto, %	AASHTO T 308	$\pm 0,5$
Contenido de vacíos de especímenes moldeados en el laboratorio, (%)	AASHTO T 269	$\pm 1,0$
Estabilidad	AASHTO T 245	Mayor al valor especificado
Flujo	AASHTO T 245	De acuerdo con el valor especificado
Vacíos en el agregado mineral VMA, %	AASHTO M 323	Mayor al valor especificado
Vacíos llenos con asfalto VFA, %	AASHTO M 323	$\pm 1,0$
Relación polvo/asfalto, %	AASHTO M 323	$\pm 0,3$
Resistencia a la tensión diametral especímenes secos	AASHTO T 283	Mayor al valor especificado
Resistencia a la tensión diametral retenida	AASHTO T 283	Mayor al valor especificado
Resistencia a la compresión uniaxial especímenes secos	AASHTO T 167	Diferencia máxima 350 kPa
Resistencia a la compresión uniaxial retenida	AASHTO T 167	Mayor al valor especificado

Se debe garantizar el cumplimiento de los parámetros de diseño en todo momento.

No se debe iniciar la producción de la mezcla asfáltica hasta que el diseño sea formalmente aceptado por la Administración.

#### **401.05 Aceptación, medición y pago**

Para la aceptación del diseño, medición y pago refiérase a la sección 405 Suministro y Colocación de Mezcla Asfáltica.