

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 4. PAVIMENTOS

TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas

CAPÍTULO: 049. Contenido de Cemento o Residuo Asfáltico en Mezclas Asfálticas mediante Extracción por Centrifugado

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar el contenido de cemento o residuo asfáltico mediante extracción por centrifugado en mezclas asfálticas a que se refiere la Norma N-CMT-4-05-003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras*, en muestras tomadas conforme al Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite determinar el contenido de cemento o residuo asfáltico en mezclas asfálticas, ya sean recién producidas o que formen parte de una capa construida con anterioridad. La prueba consiste en someter una porción de la muestra de mezcla asfáltica a un proceso de lavado mediante alguno de los disolventes especificados, aplicando posteriormente, mediante una máquina de características definidas, un movimiento centrífugo que ocasione la separación del cemento o residuo asfáltico de las partículas del material pétreo, con el fin de cuantificar cada uno de estos dos materiales.

C. REFERENCIAS

Son referencia de este Manual, la Norma N-CMT-4-05-003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras* y el Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*.

D. EQUIPO Y MATERIALES

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes. Todos los materiales por emplear serán de alta calidad, considerando siempre su fecha de caducidad.

D.1. APARATO DE EXTRACCIÓN POR CENTRIFUGADO

Consistente en un tazón semiesférico metálico con tapa hermética, con capacidad de alojar al menos 500 g de mezcla asfáltica, preferiblemente de aluminio pulido, como el mostrado a manera de ejemplo en la Figura 1 de este Manual, el cual se coloca en un dispositivo capaz de hacerlo girar con una velocidad controlada superior a 3 600 r/min. Su velocidad podrá ser controlada de forma manual o mediante un control de velocidad preestablecido y estará provisto de un dispositivo para drenar la solución que se extraiga, la que se deposita en un recipiente de recuperación con capacidad suficiente y transparente para poder ver su interior.

D.2. BALANZA

Con capacidad de 5 kg y aproximación de 0,1 g.

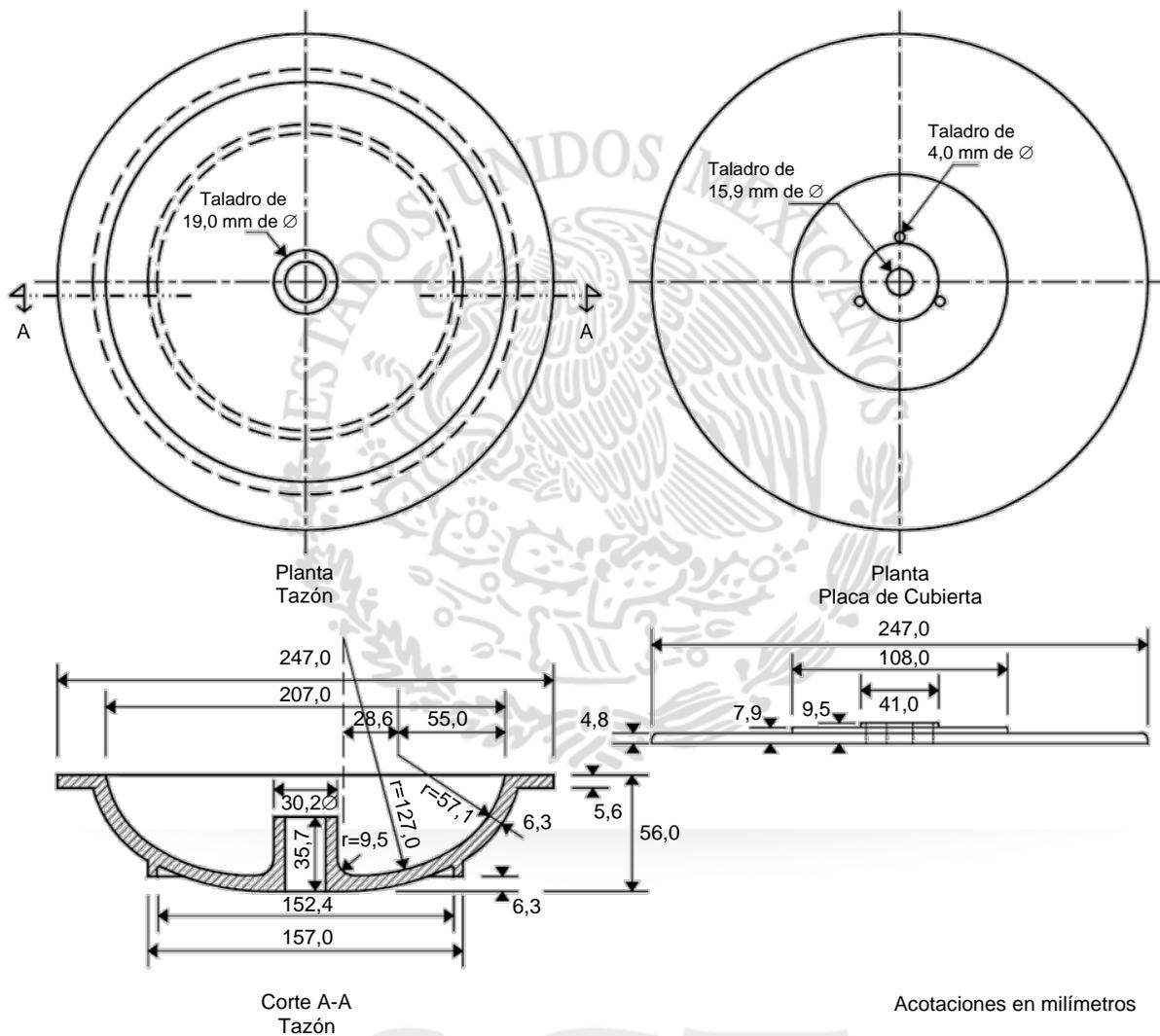


FIGURA 1.- Ejemplo de tazón para el aparato de extracción por centrifugado

D.3. CHAROLAS PLANAS

De lámina galvanizada, de forma rectangular y con las dimensiones suficientes para contener la muestra de mezcla asfáltica.

D.4. CUCHARA DE ALBAÑIL O ESPÁTULA

De tamaño adecuado para poder manipular el material.

D.5. RECIPIENTE DE RECUPERACIÓN

De vidrio, con capacidad suficiente para recibir la solución extraída del aparato de extracción por centrifugado.

D.6. PROBETA O RECIPIENTE GRADUADO

De 1 ó 2 L de capacidad y con aproximación de 0,1 mL.

D.7. FUENTE DE CALOR

Para calcinar el residuo, capaz de mantener una temperatura de 500 a 600°C, que puede ser alguno de los siguientes equipos:

D.7.1. Mechero de gas de alta combustión (mechero Bunsen)

Con sus accesorios, tales como un trípode o soporte, un triángulo de pipa, un medidor de temperatura en el rango antes indicado y pinzas para crisol, con las características y tamaño adecuado para permitir que el mechero calcine el contenido del crisol.

D.7.2. Horno de ignición

Con control de temperatura y con la capacidad suficiente para contener el crisol y su contenido.

D.8. PARRILLA ELÉCTRICA U HORNO

Equipados con regulador de temperatura, capaces de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ y capacidad suficiente para contener la muestra de mezcla asfáltica.

D.9. EQUIPO GENERAL DE LABORATORIO

Tales como pipetas, probetas o recipientes graduados con aproximación de 0,1 mL, de tamaño y capacidad suficiente para manipular los disolventes y la solución saturada de carbonato de amonio a que se refieren las Fracciones D.16. y D.17. de este Manual.

D.10. BAÑO DE VAPOR

De requerirse, será de tamaño adecuado para contener la charola donde se deposita el material pétreo una vez concluido el proceso de extracción por centrifugado. Podrá usarse una parrilla eléctrica como la indicada en la Fracción D.8. de este Manual, un recipiente para calentar agua hasta su evaporación y un soporte para montar la charola donde se deposita el material pétreo una vez concluido el proceso de extracción por centrifugado.

D.11. CRISOL

De porcelana, capaz de soportar las temperaturas de calcinación y de al menos 125 mL de capacidad.

D.12. PAPEL FILTRO

Cuyo contenido de cenizas no exceda el 0,2 %, con un espesor de $1,27 \pm 0,13$ mm y una masa de 0,034 g aproximadamente, de forma circular, con perforación central y diámetro adecuado para fijarlo en el borde superior del tazón del aparato de extracción conforme a lo establecido en la Fracción G.2. de este Manual.

D.13. CEPILLO O BROCHA

De tamaño adecuado para recuperar el material pétreo depositado en el papel filtro.

D.14. CRONÓMETRO O RELOJ

Con aproximación de 1 s.

D.15. DESECADOR

De vidrio con las dimensiones adecuadas y con cloruro de calcio anhidro como elemento deshidratante.

D.16. DISOLVENTE

Se pueden utilizar otros grados de pureza distintos a los indicados más adelante, siempre que primero se compruebe que el disolvente es de una pureza suficientemente alta para permitir su uso sin disminuir la exactitud de la determinación. El disolvente para el cemento o residuo asfáltico será alguno de los siguientes:

- Cloruro de metileno, grado de pureza técnico,
- bromuro de propilo normal (nPB), o
- tricloroetileno, grado de pureza técnico, tipo 1.

D.17. SOLUCIÓN SATURADA DE CARBONATO DE AMONIO $[(NH_4)_2CO_3]$

De grado de pureza reactivo.

E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La preparación de la muestra de mezcla asfáltica, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*, se hace de la siguiente manera:

- E.1.** Si la muestra de mezcla asfáltica no está lo suficientemente suave para prepararla con una cuchara de albañil o espátula, se coloca en una charola plana y se calienta en una parrilla eléctrica u horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ C$ durante el tiempo necesario para poder manejarla y homogeneizarla, obteniendo en ese instante, mediante cuarteos, la masa de material necesaria para realizar la prueba.
- E.2.** El tamaño de la porción de la muestra de mezcla asfáltica se determina en función del tamaño máximo nominal del material pétreo de la mezcla, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 1 de este Manual.

TABLA 1.- Tamaño de la porción de la muestra de mezcla asfáltica

Tamaño máximo nominal del material pétreo mm (in)	Masa mínima de la porción de la muestra de mezcla asfáltica kg
4,75 (N°4)	0,5
9,50 ($\frac{3}{8}$)	1,0
12,50 ($\frac{1}{2}$)	1,5
19,00 ($\frac{3}{4}$)	2,0
25,00 (1)	3,0
37,50 ($1\frac{1}{2}$)	4,0

- E.3.** Cuando la masa de la porción de la muestra de mezcla asfáltica exceda la capacidad del equipo que se emplee, ésta puede ser dividida en fracciones relativamente iguales, para ser ensayadas por separado y cuyo resultado se combinará adecuadamente para determinar el contenido de cemento o residuo asfáltico.
- E.4.** Con el fin de eliminar el contenido de agua de la porción de la muestra de mezcla asfáltica, se coloca en una charola y se calienta a una temperatura de $110 \pm 5^\circ C$ durante el tiempo necesario para evaporar los disolventes y el agua que contiene, removiendo el material

constantemente con la cuchara de albañil o espátula para evitar sobrecalentamientos que pudieran afectar sus características, hasta que deje de observarse la evaporación del agua.

F. TRABAJOS PREVIOS

Previo al inicio de la prueba y como parte integral de la misma se efectúan las siguientes actividades:

- F.1. Se registra como W_m , en g, la masa de la porción de prueba de la muestra de mezcla asfáltica a la que se refiere la Tabla 1 de este Manual.
- F.2. Se seca al horno 1 hoja de papel filtro a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante, registrándola como W_f , en g.

G. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

- G.1. La porción de la muestra de mezcla asfáltica preparada, se coloca en el tazón del aparato de extracción por centrifugado, donde se le agrega un volumen suficiente del disolvente elegido hasta cubrirla completamente, dejándola bajo estas condiciones el tiempo necesario para lograr la disgregación de la mezcla asfáltica, pero no mayor a 1 h.
- G.2. Se coloca el tazón en el aparato de extracción por centrifugado y sobre el borde del tazón se pone el papel filtro cuya masa, W_f , es conocida. Se tapa el aparato de extracción verificando que la tapa quede asegurada de forma hermética.
- G.3. En la salida del drenaje del aparato de extracción por centrifugado se coloca el recipiente de recuperación para recibir la solución extraída.
- G.4. Se pone en funcionamiento el aparato de extracción por centrifugado en velocidad lenta y se incrementa gradualmente su velocidad hasta llegar a un máximo de 3 600 r/min y suspendiendo el movimiento cuando deje de salir solución por el dispositivo de drenaje.
- G.5. Una vez que se ha detenido completamente el aparato de extracción por centrifugado, se retira la tapa y se adiciona a la porción de la muestra de mezcla asfáltica 200 mL más del disolvente elegido. Se cierra nuevamente el aparato de extracción y se repite el centrifugado como se indicó en la Fracción anterior. Este procedimiento se repite al menos 3 veces, hasta que la solución extraída que sale por el dispositivo de drenaje del aparato, vista contra un fondo blanco, tenga un ligero color amarillento. Se suspende finalmente el movimiento centrífugo cuando no se extraiga más solución.
- G.6. Una vez que se ha detenido completamente el aparato de extracción por centrifugado, se remueve la tapa del tazón y se retira el papel filtro, el cual se seca al aire recuperando las partículas del material pétreo que tenga adheridas, depositándolas con el resto del material pétreo dentro de la charola a que se refiere la Fracción G.8. de este Manual.
- G.7. A continuación, el papel filtro se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, hasta obtener masa constante, la cual se registra como W'_f , en g.
- G.8. Por otra parte, el material pétreo contenido en el tazón del aparato de extracción por centrifugado se coloca en una charola donde se somete a un secado preliminar calentándolo lentamente mediante un baño de vapor para provocar la volatilización del disolvente residual, procediendo finalmente a colocarlo en un horno o parrilla eléctrica, donde a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, se seca a masa constante, la cual se registra como W_1 , en g. Si durante la prueba se emplea como disolvente tricloroetileno o bromuro de propilo normal, el secado preliminar en el baño de vapor puede ser omitido.
- G.9. Se determina la cantidad de material mineral en la solución extraída, para lo cual:

- G.9.1.** La solución extraída contenida en el recipiente de recuperación se pasa a un recipiente graduado o probeta de 1 ó 2 L, considerando que incluso los residuos asentados en el fondo del recipiente de recuperación se integrarán a esta solución, recuperándolos mediante un lavado adicional del recipiente de recuperación con disolvente limpio. A continuación, se determina el volumen de la solución extraída mediante la escala del recipiente graduado o probeta, registrándolo como V_1 , en mL.
- G.9.2.** Se mezcla perfectamente la solución extraída y de inmediato se toma una porción con volumen V_2 , de aproximadamente 100 mL, la cual se coloca en un crisol de porcelana, cuya masa W_2 , en g, se determinó previamente. Dicha muestra se seca con la parrilla eléctrica para volatilizar el exceso de disolvente.
- G.9.3.** Posteriormente mediante el uso de un mechero Bunsen y sus accesorios o mediante un horno de ignición, se calcina el residuo a una temperatura de 500 a 600° C hasta obtener una ceniza color rojo oscuro.
- G.9.4.** La ceniza producto de la calcinación se deja enfriar y se determina su masa dentro del crisol, registrándola como W_2' , en g. Posteriormente se determina la masa de la ceniza al restarle la masa del crisol vacío mediante la siguiente expresión:

$$W_{cen} = W_2' - W_2$$

Donde:

W_{cen} = Masa de la ceniza producto de la calcinación, (g)

W_2' = Masa del crisol con las cenizas producto de la calcinación, (g)

W_2 = Masa del crisol, (g)

- G.9.5.** Se adiciona solución saturada de carbonato de amonio en una proporción de 5 mL por cada gramo de ceniza, permitiendo, bajo estas condiciones, reposar el crisol a la temperatura ambiente por una hora.
- G.9.6.** A continuación se seca en el horno la ceniza dentro del crisol hasta masa constante, a una temperatura de 100°C y se coloca en el desecador hasta que tenga una temperatura que permita su manipulación para determinar su masa, registrándola como W_3 , en g.

H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

H.1. Para cada muestra de mezcla asfáltica probada se calcula y reporta:

H.1.1. La masa de los materiales pétreos producto del centrifugado de la porción de la muestra de mezcla asfáltica, mediante la siguiente expresión:

$$W_p = W_1 + (W_f' - W_f)$$

Donde:

W_p = Masa de los materiales pétreos, (g)

W_1 = Masa del material pétreo libre de cemento o residuo asfáltico secado al horno, (g)

W_f' = Masa en seco del papel filtro después del centrifugado, (g)

W_f = Masa inicial del papel filtro seco, (g)

H.1.2. La masa de material mineral contenido en la solución extraída, mediante la siguiente expresión:

$$W_e = \frac{(W_3 - W_2) V_1}{V_2}$$

Donde:

W_e = Masa del material mineral contenido en la solución extraída, (g)

W_2 = Masa del crisol, (g)

W_3 = Masa del crisol con las cenizas obtenida al final de la prueba, (g)

V_1 = Volumen total de la solución extraída incluyendo el disolvente de lavado, (mL)

V_2 = Volumen inicial de la porción de la solución contenida en el crisol en la que se efectuó la calcinación, (mL)

- H.1.3.** El contenido de cemento o residuo asfáltico de la mezcla asfáltica, en por ciento, respecto a la masa de la misma, utilizando la siguiente expresión:

$$CA_m = \frac{W_m - W_p - W_e}{W_m} \times 100 (\%)$$

Donde:

CA_m = Contenido de cemento o residuo asfáltico de la mezcla asfáltica respecto a la masa de la misma, (%)

W_m = Masa de la porción de la muestra de mezcla asfáltica, (g)

W_p = Masa de los materiales pétreos, (g)

W_e = Masa del material mineral contenido en la solución extraída, (g)

- H.1.4.** El contenido de cemento o residuo asfáltico de la mezcla asfáltica, en por ciento, respecto a la masa de los materiales pétreos, utilizando la siguiente expresión:

$$CA = \frac{W_m - W_p - W_e}{W_p + W_e} \times 100 (\%)$$

Donde:

CA = Contenido de cemento o residuo asfáltico de la mezcla asfáltica, respecto a la masa de los materiales pétreos, (%)

W_m = Masa de la porción de la muestra de mezcla asfáltica, (g)

W_p = Masa de los materiales, (g)

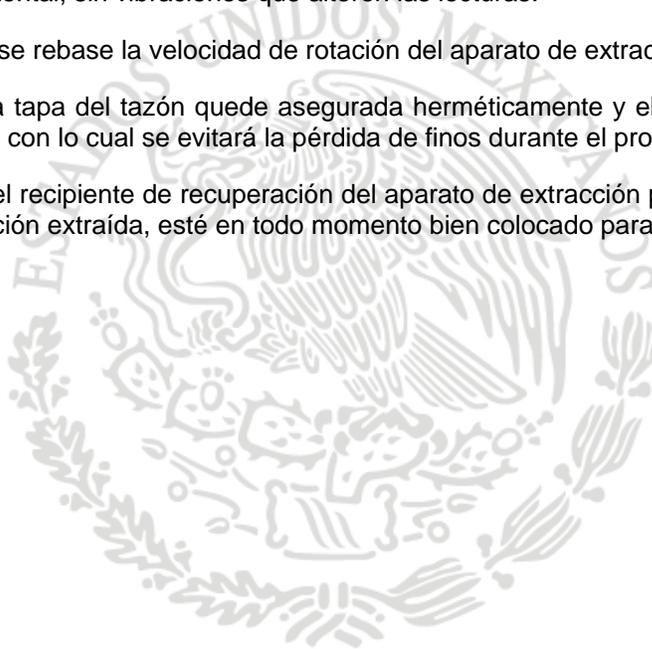
W_e = Masa del material mineral contenido en la solución extraída, (g)

I. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observarán las siguientes precauciones:

- I.1.** Realizar la prueba en un lugar cerrado, limpio, con ventilación indirecta abundante, equipado con un sistema de extracción capaz de expulsar eficazmente del ambiente de trabajo los materiales volatilizados en el entendido de que los disolventes empleados son tóxicos, libre de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación de las muestras de mezcla asfáltica.

- I.2. Cuidar que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que al realizar la prueba los materiales no se mezclen con agentes extraños que alteren el resultado.
- I.3. Verificar que la balanza esté limpia en todas sus partes, bien calibrada y colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.
- I.4. Cuidar que no se rebase la velocidad de rotación del aparato de extracción por centrifugado.
- I.5. Verificar que la tapa del tazón quede asegurada herméticamente y el papel filtro sea colocado correctamente, con lo cual se evitará la pérdida de finos durante el proceso de centrifugación.
- I.6. Asegurar que el recipiente de recuperación del aparato de extracción por centrifugado donde se colecta la solución extraída, esté en todo momento bien colocado para evitar pérdidas.



SCT

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES