

**LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

**PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

**TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas**

**CAPÍTULO: 010. Pruebas en el Residuo de la Película Delgada de Cementos Asfálticos**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento de prueba para obtener el residuo de la película delgada en horno, de los cementos asfálticos a que se refieren las Normas N·CMT·4·05·001, *Calidad de Materiales Asfálticos* y N·CMT·4·05·002, *Calidad de Materiales Asfálticos Modificados*, en muestras tomadas conforme al Manual M·MMP·4·05·001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*. Además, explica las pruebas que se le hacen a dicho residuo de acuerdo con lo establecido en las Normas mencionadas.

**B. OBJETIVO DE LA PRUEBA**

Esta prueba permite estimar el endurecimiento que sufren los cementos asfálticos que en películas de pequeño espesor se someten a los efectos del calor y el aire. La prueba consiste en someter una muestra de cemento asfáltico a un proceso de calentamiento para producir un residuo al cual, dependiendo del tipo de cemento asfáltico que se esté probando, se le realizan diversas pruebas. En el caso de cementos asfálticos normales, al residuo se le efectúan pruebas para determinar la pérdida de masa que experimentó, su viscosidad dinámica, la penetración que conserva respecto a la del cemento asfáltico original, así como su ductilidad; si se trata de cementos asfálticos modificados, al residuo se le efectúan pruebas para determinar la pérdida de masa que experimentó, la penetración del residuo y la penetración que conserva respecto a la del cemento asfáltico modificado original, su ductilidad, recuperación elástica en ductilómetro, incremento en temperatura anillo y esfera (punto de reblandecimiento), módulo reológico de corte dinámico, así como su ángulo fase.

**C. REFERENCIAS**

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Calidad de Materiales Asfálticos.....	N·CMT·4·05·001
Calidad de Materiales Asfálticos Modificados .....	N·CMT·4·05·002
Muestreo de Materiales Asfálticos .....	M·MMP·4·05·001
Viscosidad Dinámica de Cementos y Residuos Asfálticos .....	M·MMP·4·05·002
Penetración en Cementos y Residuos Asfálticos .....	M·MMP·4·05·006
Punto de Reblandecimiento en Cementos Asfálticos .....	M·MMP·4·05·009
Ductilidad de Cementos y Residuos Asfálticos .....	M·MMP·4·05·011
Módulo Reológico de Corte Dinámico .....	M·MMP·4·05·025
Recuperación Elástica en Ductilómetro .....	M·MMP·4·05·026

## 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 la fecha de su caducidad.

### D.1. HORNO ELÉCTRICO

Con interior de forma cúbica de 31 cm por lado como mínimo, de doble pared, con control termostático que permita mantener una temperatura máxima 180°C, con aproximación de 1°C, provisto de una puerta con cierre hermético que permita descubrir todo el espacio interior; dicha puerta tendrá una ventana de doble pared de vidrio, con dimensiones mínimas de 10 cm por lado, a través de la cual se pueda leer un termómetro situado verticalmente en el interior, o bien, estará provisto de una puerta interior adicional de vidrio para el mismo fin. El horno tendrá aberturas para ventilación en el fondo y en la cubierta o en la parte superior e inferior de las paredes laterales. Estará provisto de una plataforma metálica circular de aproximadamente 25 cm de diámetro, como mínimo, suspendida en posición horizontal en el centro del horno y con un dispositivo que le permita girar a razón de 5 a 6 rpm; la plataforma proporcionará una superficie plana de soporte para las charolas a que se refiere la Fracción D.2. de este Manual, pero sin bloquear la circulación del aire cuando dichas charolas estén colocadas en su lugar dentro del horno.

### D.2. CHAROLAS

De aluminio o acero inoxidable, redondas, de fondo plano, de 0,76 mm de espesor, 140 mm de diámetro interior y 9,6 mm de altura, de tal manera que al colocar en ellas una muestra de prueba de aproximadamente 50 cm<sup>3</sup>, se forme una película de 3 mm de espesor.

### D.3. TERMÓMETRO

De inmersión total, con escala que abarque de 155 a 170°C y aproximación de 1°C.

### D.4. BALANZA

Con capacidad mínima de 150 g y aproximación de 1 mg.

### D.5. PLACAS DE ASBESTO-CEMENTO

Con tamaño suficiente que abarque toda la superficie de las charolas colocadas dentro del horno.

### D.6. EQUIPO Y MATERIAL PARA LA PRUEBA DE VISCOSIDAD DINÁMICA

Todo el que se indica en la Cláusula D. del Manual M-MMP-4-05-002, *Viscosidad Dinámica de Cementos y Residuos Asfálticos*.

### D.7. EQUIPO Y MATERIAL PARA LA PRUEBA DE PENETRACIÓN

Todo el que se indica en la Cláusula D. del Manual M-MMP-4-05-006, *Penetración en Cementos y Residuos Asfálticos*.

### D.8. EQUIPO Y MATERIAL PARA LA PRUEBA DE PUNTO DE REBLANDECIMIENTO

Todo el que se indica en la Cláusula D. del Manual M-MMP-4-05-009, *Punto de Reblandecimiento en Cementos Asfálticos*, en el caso de que se prueben cementos asfálticos modificados.

**D.9. EQUIPO Y MATERIAL PARA LA PRUEBA DE DUCTILIDAD**

Todo el que se indica en la Cláusula D. del Manual M·MMP·4·05·011, *Ductilidad de Cementos y Residuos Asfálticos*.

**D.10. EQUIPO Y MATERIAL PARA LA PRUEBA DE MÓDULO REOLÓGICO DE CORTE DINÁMICO Y OBTENCIÓN DEL ÁNGULO FASE**

Todo el que se indica en la Cláusula D. del Manual M·MMP·4·05·025, *Módulo Reológico de Corte Dinámico*, en el caso de que se prueben cementos asfálticos modificados.

**D.11. EQUIPO Y MATERIAL PARA LA PRUEBA DE RECUPERACIÓN ELÁSTICA EN DUCTILÓMETRO**

Todo el que se indica en la Cláusula D. del Manual M·MMP·4·05·026, *Recuperación Elástica en Ductilómetro*, en el caso de que se prueben cementos asfálticos modificados.

**E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

La preparación de la muestra de cemento asfáltico, obtenida según se establece en el Manual M·MMP·4·05·001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*, se hace de la siguiente manera:

- E.1. De la muestra se toma una porción ligeramente mayor de 150 g y se le aplica el calor indispensable para fluidificarla, agitándola continuamente para homogeneizar su temperatura y evitar sobrecalentamientos locales, cuidando que la temperatura alcanzada no sea mayor de 130°C y que no se formen burbujas de aire. En tres charolas previamente taradas, se vierten  $50 \pm 0,5$  g de la muestra.
- E.2. En caso de que no se cuente previamente con el valor de la penetración en el asfalto original ( $P_i$ ), se preparará la muestra de prueba correspondiente y se obtendrá dicho valor según se indica en el Manual M·MMP·4·05·006, *Penetración en Cementos y Residuos Asfálticos*.

**F. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA**

- F.1. Se dejan enfriar las muestras colocadas en las charolas hasta la temperatura ambiente, posteriormente se obtienen sus masas por separado con aproximación de  $\pm 1$  mg, anotado cada una de estas masas como  $W_{i_1}, W_{i_2}, \dots, W_{i_n}$ , respectivamente.
- F.2. Se nivela el horno con objeto de que la plataforma gire en un plano sensiblemente horizontal. El termómetro se sujeta paralelamente al eje vertical de la plataforma, colocándolo a la mitad del radio de la misma y cuidando que el bulbo quede 6 mm arriba de la plataforma aproximadamente.
- F.3. En el momento en que el horno alcance la temperatura de 163°C, se colocan sobre la plataforma las charolas que contienen las muestras de prueba, se cierra el horno y se hace girar dicha plataforma a una velocidad 5 a 6 rpm. La temperatura dentro del horno se mantiene a  $163 \pm 1^\circ\text{C}$  durante un periodo de 5 h, contadas a partir de que la temperatura, que debe haber descendido al introducir las charolas, alcance nuevamente 163°C. En ningún caso el tiempo total que permanezcan las muestras de prueba en el horno será mayor de 5,25 h.
- F.4. Al finalizar el periodo de calentamiento, se sacan las muestras del horno, se enfrían hasta alcanzar la temperatura ambiente, se obtienen sus masas por separado con aproximación de  $\pm 1$  mg y se registra cada una de estas masas como  $W_{f_1}, W_{f_2}, \dots, W_{f_n}$ , respectivamente.
- F.5. Se prepara el residuo para efectuar las pruebas restantes, ya sean para cemento asfáltico normal o modificado, colocando las charolas sobre las placas de asbesto-cemento; después se acomoda el conjunto sobre la plataforma circular, se introduce en el horno, que estará a una temperatura de 163°C y se hace girar la plataforma a una velocidad de 5 a 6 rpm durante 15 min. Hecho esto, se sacan las charolas del horno y se vierte su contenido en una sola de ellas con ayuda de una espátula, agitándolo para homogeneizarlo.

- F.6.** Una vez homogeneizado el residuo, se vierte en los moldes apropiados para luego realizar las pruebas aplicables dependiendo del tipo de cemento asfáltico, pudiendo ser éstas:
- F.6.1.** Viscosidad dinámica a 60°C, de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·05·002, *Viscosidad Dinámica de Cementos y Residuos Asfálticos*, tanto en cementos asfálticos normales como modificados.
  - F.6.2.** Penetración ( $P_p$ ) a 25°C, 100 g y 5 s cuando se trate de cementos asfálticos normales o a 4°C, 200g y 60 s en el caso de cementos asfálticos modificados, de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·05·006, *Penetración en Cementos y Residuos Asfálticos*.
  - F.6.3.** Punto de reblandecimiento cuando se trate de cementos asfálticos modificados, para conocer el incremento en temperatura anillo y esfera, de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·05·009, *Punto de Reblandecimiento en Cementos Asfálticos*.
  - F.6.4.** Ductilidad a 25°C y 5 cm/min cuando se trate de cementos asfálticos normales ó a 4°C y 5 cm/min en el caso de cementos asfálticos modificados, de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M·MMP·4·05·011, *Ductilidad de Cementos y Residuos Asfálticos*.
  - F.6.5.** Módulo reológico de corte dinámico y ángulo fase, a 76°C, en cemento asfáltico modificado, de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual, M·MMP·4·05·025, *Módulo Reológico de Corte Dinámico*.
  - F.6.6.** Recuperación elástica en ductilómetro a 25°C en cemento asfáltico modificado de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual, M·MMP·4·05·026, *Recuperación Elástica en Ductilómetro*.

## G. CÁLCULOS Y RESULTADOS

- G.1.** Para determinar la pérdida de masa por calentamiento del cemento asfáltico, se sigue el siguiente procedimiento:
- G.1.1.** Se calcula la pérdida de masa por calentamiento en cada una de las muestras de prueba, determinadas con la siguiente fórmula:

$$W_{c_n} = \frac{W_{i_n} - W_{f_n}}{W_{i_n}} \times 100$$

Donde:

$W_{c_n}$  = Pérdida de masa por calentamiento en la muestra de prueba  $n$ , (%)

$W_{i_n}$  = Masa inicial de la muestra de prueba  $n$ , (g)

$W_{f_n}$  = Masa final de la muestra de prueba  $n$ , (g)

- G.1.2.** Se reporta como la pérdida de masa por calentamiento del cemento asfáltico ( $W_c$ ), el promedio de la pérdida en cada una de las muestras de prueba, con la siguiente fórmula:

$$W_c = \frac{\sum_{n=1}^n W_{c_n}}{n}$$

Donde:

$W_c$  = Pérdida de masa por calentamiento en el cemento asfáltico, (%)

$W_{c_n}$  = Pérdida de masa por calentamiento en la muestra de prueba  $n$ , (%)

$n$  = Número de muestras de prueba (charolas)

- G.2.** Se calcula y reporta el valor de la viscosidad dinámica en el residuo siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP-4-05-002, *Viscosidad Dinámica de Cementos y Residuos Asfálticos*.
- G.3.** La penetración retenida en el residuo, se expresa como por ciento de la penetración en el cemento asfáltico original, mediante la siguiente formula:

$$P_r = \frac{P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

$P_r$  = Penetración retenida por el residuo de cemento asfáltico, (%)

$P_i$  = Penetración en el cemento asfáltico original, ( $1 \times 10^{-1}$  mm)

$P_f$  = Penetración en el residuo de cemento asfáltico, ( $1 \times 10^{-1}$  mm)

En el reporte se incluirá la temperatura, masa de la muestra de prueba y tiempo, utilizados en la ejecución la prueba.

- G.4.** En el caso en que se trate de cementos asfálticos modificados, se calcula y reporta el valor del incremento de la temperatura de la prueba de punto de reblandecimiento, utilizando la siguiente fórmula:

$$I_T = T_2 - T_1$$

Donde:

$I_T$  = Incremento en temperatura anillo y esfera, (°C)

$T_1$  = Punto de reblandecimiento del cemento asfáltico modificado original, (°C)

$T_2$  = Punto de reblandecimiento del residuo de cemento asfáltico modificado, (°C)

- G.5.** Se calcula y reporta el valor de la ductilidad en el residuo siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP-4-05-011, *Ductilidad de Cementos y Residuos Asfálticos*, incluyendo en el reporte la temperatura a la que se efectuó la prueba.
- G.6.** En el caso en que se trate de cementos asfálticos modificados, se calcula y reporta el valor del módulo reológico de corte dinámico y el ángulo fase, siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP-4-05-025, *Módulo Reológico de Corte Dinámico*.
- G.7.** En el caso en que se trate de cementos asfálticos modificados, se calcula y reporta el valor de la recuperación elástica en ductilómetro, siguiendo el procedimiento indicado en el Manual M·MMP-4-05-026, *Recuperación Elástica en Ductilómetro*.

## H. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- H.1.** Realizar la prueba bajo las condiciones de temperatura y tiempo que se indican.
- H.2.** Cumplir con todas las indicaciones y precauciones incluidas en los Manuales referidos en la Cláusula C. de este Manual.