

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

**PARTE: 4. PAVIMENTOS**

**TÍTULO: 04. Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas**

**CAPÍTULO: 015. Densidad Relativa Aparente por Inmersión en Cemento Asfáltico de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar la densidad relativa aparente por inmersión en cemento asfáltico del material pétreo para mezclas asfálticas, a que se refiere el Manual M-MMP-4-05-034, *Diseño de Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa por el Método Marshall*.

**B. OBJETIVO DE LA PRUEBA**

La prueba permite determinar la densidad relativa aparente del material pétreo por inmersión en cemento asfáltico fluidificado, principalmente cuando el material pétreo tiene una absorción igual o mayor de 2,5 % y se efectúa tanto en la fracción retenida en la malla N°4 (4,75 mm), como en la que pasa dicha malla o bien, en la combinación de ambas fracciones; esta prueba no se hará en materiales finos que pasan totalmente la malla N°100 (0,150 mm). La principal aplicación de los resultados obtenidos con esta determinación es en el cálculo del porcentaje de vacíos de mezclas asfálticas compactadas.

**C. REFERENCIAS**

Este Manual se complementa con los siguientes:

MANUALES	DESIGNACIÓN
Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas .....	M-MMP-4-04-001
Muestreo de Materiales Asfálticos .....	M-MMP-4-05-001
Diseño de Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa por el Método Marshall ...	M-MMP-4-05-034

**D. DEFINICIÓN**

Para efectos de este Manual se entenderá como densidad relativa aparente por inmersión en cemento asfáltico del material pétreo para mezclas asfálticas ( $d_p$ ), al número abstracto que representa la relación entre la masa volumétrica del material pétreo seco incluyendo los vacíos no ocupados por el asfalto ( $\gamma_{da}$ ) y la masa volumétrica del agua destilada a 4° C ( $\gamma_o$ ), según se ilustra en la Figura 1 de este Manual, conforme a la siguiente fórmula:

$$d_p = \frac{\gamma_{da}}{\gamma_o} = \frac{W_s}{(V_s + V_v)\gamma_o}$$

Donde:

$d_p$  = Densidad relativa del material seco, (adimensional)

- $\gamma_{da}$  = Masa volumétrica del material pétreo seco incluyendo los vacíos no ocupados por el cemento asfáltico, (g/cm<sup>3</sup>)  
 $\gamma_o$  = Masa volumétrica del agua destilada a 4°C, (g/cm<sup>3</sup>)  
 $W_s$  = Masa de la fase sólida del material pétreo, (g)  
 $V_s$  = Volumen de sólidos del material pétreo, (cm<sup>3</sup>)  
 $V_v$  = Volumen de vacíos, (cm<sup>3</sup>)



Donde:

- $V_m$  = Volumen total de la mezcla asfáltica  
 $V_s$  = Volumen de la fase sólida del material pétreo  
 $V_v$  = Volumen de vacíos  
 $V_{CA}$  = Volumen del cemento asfáltico  
 $V_{AM}$  = Vacíos en el agregado mineral  
 $W_m$  = Masa total de la mezcla asfáltica  
 $W_s$  = Masa de la fase sólida del material pétreo  
 $W_{CA}$  = Masa del cemento asfáltico

FIGURA 1.- Esquema de una muestra de mezcla asfáltica

## E. EQUIPO Y MATERIALES

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

### E.1. HORNO

Ventilado, capaz de mantener una temperatura de 50 a 200°C y aproximación de  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

### E.2. PLACA DE CALENTAMIENTO

Eléctrica, con capacidad hasta de 200°C, con temperatura regulable.

### E.3. MECHERO

De gas.

### E.4. MALLA DEL N°4

Con abertura de 4,75 mm, fabricada con alambre de bronce o de acero inoxidable, tejido en forma de cuadrícula.

### E.5. BALANZA

Con capacidad de 5 kg y aproximación de 0,1 g, equipada con un dispositivo para determinar masas sumergidas.

**E.6. TERMÓMETROS DE INMERSIÓN**

Calibrado, con rango de 0 a 150°C y aproximación de  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

**E.7. RECIPIENTE METÁLICO**

Provisto de asas, con capacidad de 8 L, aproximadamente.

**E.8. CUBETAS O RECIPIENTES METÁLICOS**

Con asa, de 4 L de capacidad, aproximadamente.

**E.9. TINA**

Con las dimensiones adecuadas para sumergir completamente uno de los recipientes de 4 L.

**E.10. CHAROLAS**

Metálicas redondas.

**E.11. VARILLAS**

Metálicas con diámetro de 6 mm y longitud de 30 cm, aproximadamente.

**F. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

La preparación de las muestras de materiales pétreos y asfálticos, obtenidas según se establece en los Manuales M-MMP-4-04-001, *Muestreo de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas* y M-MMP-4-05-001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*, se hace de la siguiente manera:

- F.1. Se criba el material pétreo por la malla N°4 (4,75 mm), y se obtienen dos porciones de 1 000 g cada una, de la fracción que pasa dicha malla, si es esta fracción la que se requiere probar o bien, de 1 500 g cada una si se trata de la fracción retenida en la citada malla o de un material con su granulometría completa.
- F.2. Se toma una porción de 6 kg de material asfáltico, se coloca en el recipiente de 8 L de capacidad y se le aplica calor para fluidificarlo.

**G. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA**

La prueba se realiza de la siguiente forma:

- G.1. Se coloca una de las porciones de material pétreo en una charola, se introduce en el horno y se seca hasta masa constante, a una temperatura de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ ; a continuación se saca del horno, se deja enfriar a la temperatura ambiente y se determina la masa del material pétreo, con aproximación de 0,1 g, registrando esta masa como  $W_p$ .
- G.2. Se calienta el cemento asfáltico contenido en el recipiente de 8 L, a una temperatura de  $138 \pm 3^\circ\text{C}$  y se vierte en el recipiente de 4 L hasta ocupar la tercera parte del volumen de éste, aproximadamente.
- G.3. Se introduce la varilla metálica al recipiente anteriormente citado, se remueve o agita con ésta el cemento asfáltico durante 1 min y se deja enfriar el conjunto hasta obtener una temperatura de  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ .

- G.4.** Se determina la masa del recipiente conteniendo el cemento asfáltico y la varilla, sumergidos en agua, y se registra dicha masa como  $W'_a$ , con aproximación de 0,1 g; el cemento asfáltico y el agua estarán a una temperatura de  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ .
- G.5.** Se vacía el agua del recipiente que contiene el cemento asfáltico y la varilla; se deja escurrir para eliminarla hasta donde sea posible.
- G.6.** Se coloca en la placa de calentamiento el recipiente que contiene el cemento asfáltico y la varilla, y se introduce en el horno la porción de material pétreo; ambos materiales se dejan el tiempo suficiente para que su temperatura sea de  $138 \pm 3^\circ\text{C}$ .
- G.7.** Se extrae del horno la charola con la porción de material pétreo, se vacía éste al recipiente que contiene el cemento asfáltico y la varilla, y se mezclan en forma continua los materiales mencionados, durante 2 min.
- G.8.** Se deja enfriar la mezcla hasta obtener la temperatura de  $22 \pm 1^\circ\text{C}$  y si en este periodo de enfriamiento se notan burbujas de aire en la superficie, con el mechero se pasa una flama sobre la superficie para eliminar las burbujas.
- G.9.** Inmediatamente después se obtiene la masa del recipiente conteniendo el cemento asfáltico, la varilla y el material pétreo, sumergidos en agua y se registra esta masa como  $W'_{ap}$ , con aproximación de 0,1 g; esta operación se realiza cuando el agua y la mezcla de cemento asfáltico y material pétreo están a  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ .
- G.10.** Se repite en la otra porción de material pétreo el procedimiento descrito en las Fracciones G.1. a G.9 de esta Cláusula.

## H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

- H.1.** En esta prueba se calcula la densidad relativa aparente de cada una de las porciones de material pétreo, utilizando la siguiente expresión:

$$d_p = \frac{W_p}{W_p - (W'_{ap} - W'_a)}$$

Donde:

$d_p$  = Densidad relativa aparente del material pétreo, sumergido en cemento asfáltico fluidificado, (adimensional)

$W_p$  = Masa del material pétreo seco, (g)

$W'_{ap}$  = Masa del recipiente con el cemento asfáltico, la varilla y el material pétreo, sumergidos en agua, (g)

$W'_a$  = Masa del recipiente conteniendo el cemento asfáltico y la varilla sumergidos en agua, (g)

Se reporta el promedio de los valores obtenidos en las dos determinaciones efectuadas, siempre que su diferencia no sea mayor de 0,04. En caso contrario, se repite el procedimiento en otras dos porciones y de no obtenerse valores dentro de la tolerancia señalada, se promedian los 4 resultados y se reporta dicho promedio como la densidad relativa aparente del material, sumergido en cemento asfáltico fluidificado.

- H.2.** Cuando se trate de una muestra de material pétreo formada por la mezcla de materiales de diferente naturaleza o granulometría, se determina la densidad relativa aparente de cada uno de los materiales de acuerdo con el procedimiento indicado en las Cláusulas F. y G. de este Manual. Utilizando las densidades relativas aparentes y los porcentajes en que intervienen cada

uno de los materiales, se calcula la densidad relativa aparente del material que constituye la mezcla, utilizando la siguiente expresión:

$$d_{prom} = \frac{100}{\frac{P_1}{d_{p1}} + \frac{P_2}{d_{p2}} + \dots + \frac{P_n}{d_{pn}}}$$

Donde:

$d_{prom}$  = Densidad relativa aparente de la mezcla de los materiales pétreos, (adimensional)

$P_1$  = Relación de la masa del material pétreo N°1 con respecto al total de la masa de la mezcla, (%)

$d_{p1}$  = Densidad relativa aparente del material pétreo N°1

$P_2$  = Relación de la masa del material pétreo N°2 con respecto al total de la masa de la mezcla, (%)

$d_{p2}$  = Densidad relativa aparente del material pétreo N°2

$P_n$  = Relación de la masa del material pétreo  $n$  con respecto al total de la masa de la mezcla, (%)

$d_{pn}$  = Densidad relativa aparente del material pétreo  $n$

## I. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- I.1. Eliminar hasta donde sea posible las burbujas que se forman en el cemento asfáltico durante su agitado.
- I.2. Evitar la pérdida del cemento asfáltico que se adhiera al termómetro, cuando se mide la temperatura.

# SCT

SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES