

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS

TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas

CAPÍTULO: 062. Densidad Relativa Teórica Máxima de Mezclas Asfálticas

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar la densidad relativa teórica máxima de mezclas asfálticas, a que se refieren los Manuales M·MMP·4·05·034, *Método Marshall para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa* y M·MMP·4·05·046, *Método de Diseño por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba consiste en determinar en el laboratorio, la densidad relativa teórica máxima de mezclas asfálticas sueltas. La densidad relativa teórica máxima se utiliza en el cálculo de los vacíos de aire de la mezcla asfáltica compactada, en el cálculo de la cantidad de asfalto absorbido por el agregado y para determinar valores de compactación objetivo en campo.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con los siguientes:

MANUALES	DESIGNACIÓN
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 por Desempeño para Mezclas Asfálticas de Granulometría Densa	M·MMP·4·05·046

D. DEFINICIÓN

Se llama densidad relativa teórica máxima, d_{mm} , a la relación entre la masa de un volumen dado de mezcla asfáltica y la masa de igual volumen de agua para un cierto contenido de cemento asfáltico, sin considerar los vacíos de aire.

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. PICNÓMETRO DE VACÍO

Equipado con un contenedor de metal o plástico, con un diámetro aproximado de 180 a 260 mm y una altura de al menos 160 mm, con tapa transparente adaptada con un sello de hule y una conexión para la manguera de la línea de vacío, como el mostrado en la Figura 1 de este Manual. Ambos, el picnómetro de vacío y la cubierta serán lo suficientemente resistentes para soportar las presiones de vacío aplicadas sin deformación visible. La conexión para la manguera de la

línea de vacío estará cubierta con una pequeña pieza de malla para minimizar la pérdida de algún material fino.

E.2. APARATO DE AGITACIÓN MECÁNICA

Digital, capaz de mantener la agitación de la muestra, equipado con un medio de sujeción firme con el picnómetro de vacío para que este no se mueva sobre la superficie del aparato, como el mostrado en la Figura 1 de este Manual.

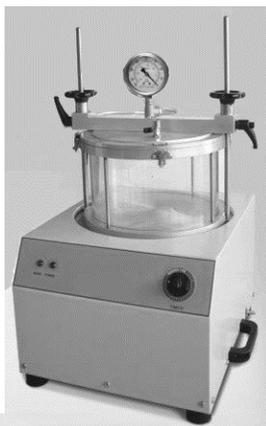


FIGURA 1.- Picnómetro de vacío colocado sobre el aparato de agitación

E.3. BALANZA

Analítica, con capacidad mínima de 5 kg y aproximación de 0,1 g, capaz de soportar el picnómetro con la porción de prueba mientras está sumergida en el agua.

E.4. BOMBA DE VACÍO

Capaz de evacuar aire desde del picnómetro de vacío a una presión residual de 4,0 kPa o menos.

E.5. MANÓMETRO DE PRESIÓN RESIDUAL

De precisión absoluta, capaz de confirmar que la presión especificada se aplique al picnómetro de vacío y de medir la presión residual de 4,0 kPa o menos.

E.6. TERMÓMETRO

De inmersión, con aproximación mínima de 0,1 °C.

E.7. BAÑO DE AGUA

Que permita mantener la temperatura constante entre $25 \pm 1^\circ\text{C}$, como el mostrado en la Figura 2 de este Manual. El baño de agua tiene que estar adaptado para la inmersión del picnómetro de vacío suspendido con la muestra desairada en su interior. Además, contará con control de demasías.

E.8. VÁLVULA DE ALIVIO

Manual o electrónica, colocada la línea de vacío del picnómetro, que permita ajustar la presión de vacío aplicada.

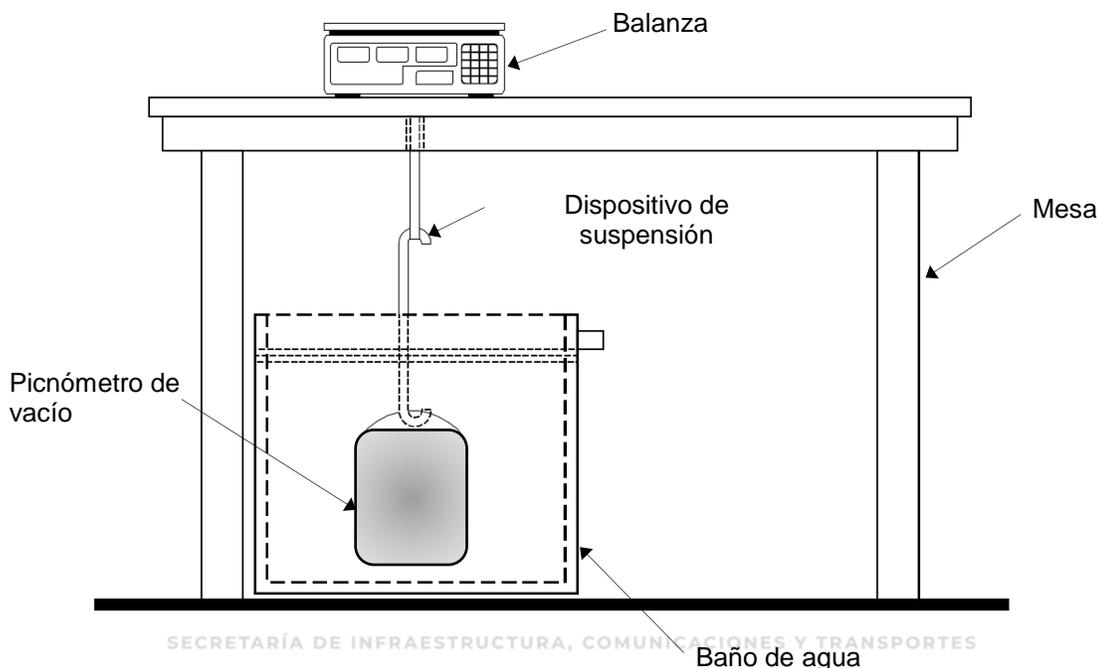


FIGURA 2.- Disposición del equipo para la determinación de la masa sumergida del picnómetro de vacío

E.9. HORNO

Con ventilación y termostato para mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

E.10. ESPÁTULA O CUCHARA DE ALBAÑIL

De acero, de tamaño adecuado para manipular el material.

E.11. CHAROLA PLANA

De acero inoxidable, de 60 x 72 cm aproximadamente, con una altura variable.

E.12. CRONÓMETRO O RELOJ

Con aproximación de 1 s.

F. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La prueba se puede ejecutar en una mezcla asfáltica elaborada en laboratorio o bien en una muestra de mezcla asfáltica que se recibe en el laboratorio obtenida según se establece en el Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*; la porción de prueba se prepara como se indica a continuación:

- F.1.** El tamaño de la porción de prueba 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.
- F.2.** Si el volumen de la porción de prueba es superior de dos tercios del volumen del picnómetro de vacío, se probarán porciones con un tamaño de al menos 1 250 g.

TABLA 1.- Tamaño de la muestra a obtener

Tamaño máximo nominal mm (in)	Tamaño mínimo de muestra g
37,5 (1½) o mayor	5 000
19 a 25 (¾ a 1)	2 500
12,5 (½) o menor	1 500

- F.3.** Si la mezcla asfáltica no ha sido elaborada en el laboratorio, se seca la porción de prueba utilizando el horno hasta masa constante, es decir, cuando la masa no difiera del 0,1% en determinaciones consecutivas realizadas cada 15 min, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Si la mezcla se elaboró en laboratorio, usando agregados secos en horno, se procederá como se indica en la Fracción F.4. de este Manual.
- F.4.** Una vez que está seca la porción de prueba, se retira del horno y mientras está todavía caliente, con la ayuda de la espátula, se separarán las partículas de la mezcla asfáltica de manera manual, evitando fracturar el agregado, de tal manera que las partículas de la porción del agregado fino no sean mayores de 6 mm y se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente. Si las partículas separadas se adhieren entre sí una vez que la porción de prueba se ha enfriado a temperatura ambiente, se separan suavemente con la espátula las partículas de la porción de agregado fino mayores de 6 mm.

G. DETERMINACIÓN DE LA MASA DEL PICNÓMETRO

Previo al inicio de la prueba, se determinará la masa del picnómetro de vacío de acuerdo con lo indicado a continuación:

G.1. DETERMINACIÓN DE LA MASA DEL PICNÓMETRO DE VACÍO SUMERGIDO EN AGUA

El picnómetro de vacío se sumerge completamente en el baño de agua a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Usando la balanza, se registra la masa del picnómetro de vacío sin tapa, y una vez que las lecturas se estabilicen, se registrará la masa como W_2 , en g.

G.2. DETERMINACIÓN DE LA MASA DEL PICNÓMETRO DE VACÍO CON AGUA PESADO EN AIRE

Con el picnómetro de vacío en el baño de agua a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, se coloca la tapa transparente mientras esté bajo el agua. Se retira el picnómetro de vacío con la tapa transparente aun puesta y se seca inmediatamente antes de determinar la masa combinada del picnómetro de vacío, tapa y agua en la balanza. Este proceso se repite tres veces y se promedian los resultados; el promedio de la masa se registra como W_3 , en g.

H. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

La prueba se realiza de la siguiente forma:

- H.1.** La porción de prueba se coloca directamente en el picnómetro de vacío tarado, con la balanza se pesa el conjunto y se registra la masa de la porción de prueba como W_s , en g.
- H.2.** A continuación, se agrega agua al picnómetro de vacío y con el termómetro se verifica que esté a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ de manera que cubra completamente la porción de prueba; a continuación, se coloca la tapa del picnómetro de vacío.
- H.3.** Se coloca el picnómetro de vacío con la porción de prueba y el agua en el aparato de agitación mecánica y se fija firmemente a dicho aparato. Se inicia la agitación e inmediatamente se comienza a eliminar el aire atrapado en la porción de prueba aumentando gradualmente la presión de vacío hasta que el manómetro de presión residual indique $3,7 \pm 0,3$ kPa. Se inicia el conteo de tiempo con la ayuda del cronómetro o reloj; el vacío se alcanza en aproximadamente 2 min. Una vez logrado el vacío, se continua con el procedimiento durante otros 15 ± 2 min.
- H.4.** Se finaliza la agitación y se libera gradualmente la presión de vacío utilizando la válvula de alivio.
- H.5. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA TEÓRICA MÁXIMA**

La determinación de la densidad relativa teórica máxima, d_{mm} , se puede realizar mediante la determinación de la masa mientras está sumergida en agua o bien, pesada en aire, de acuerdo con alguno de los siguientes procedimientos:

H.5.1. Masa sumergida en agua

Se introduce el picnómetro de vacío sin tapa y su contenido lentamente en el baño de agua durante 10 ± 1 min, posteriormente, se registra la masa bajo el agua del picnómetro de vacío junto con la porción de prueba como W_1 , en g. Con la ayuda del termómetro se verifica que la temperatura del agua en el baño de agua sea de $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

H.5.2. Masa del picnómetro de vacío pesado en aire

H.5.2.1. Se sumerge lentamente el picnómetro de vacío junto con la porción de prueba en el baño de agua a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, donde permanecerá durante 10 ± 1 min. Se coloca la tapa del picnómetro de vacío dentro del baño de agua, para lo cual, se desliza la tapa sobre el picnómetro de vacío sin sacarla del agua para evitar atrapar aire y se presiona firmemente contra el picnómetro. Con la ayuda del termómetro se verifica que la temperatura del agua en el baño de agua sea de $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

H.5.2.2. Se retira con cuidado el picnómetro de vacío tapado del baño de agua y se seca con un paño limpio. Se registra la masa del picnómetro de vacío, la porción de prueba y la tapa.

H.5.2.3. Se repite nuevamente el procedimiento indicado en este Inciso. En este caso no es necesario esperar los 10 ± 1 min antes de realizar la segunda lectura. Si la masa varía en más de 1 g, se repite el procedimiento hasta que en dos lecturas de masa no se observe una diferencia mayor de la indicada. Se registra el promedio de las dos lecturas como W_4 , en g.

I. CÁLCULOS Y REPORTE DE RESULTADOS

I.1. Se calcula y reporta como resultado de la prueba, la densidad máxima teórica de una mezcla asfáltica, de acuerdo con el procedimiento elegido, utilizando las siguientes expresiones:

I.1.1. Masa del picnómetro de vacío determinada en agua:

$$d_{mm} = \frac{W_s}{W_s - (W_1 - W_2)}$$

Donde:

- d_{mm} = Densidad relativa teórica máxima de la mezcla asfáltica, (adimensional)
- W_s = Masa de la porción de prueba seca en aire, (g)
- W_1 = Masa de la porción de prueba asfáltica y el picnómetro de vacío sumergidos en agua a 25°C, (g)
- W_2 = Masa del picnómetro de vacío sumergido en agua a 25°C, (g)

I.1.2. Masa del picnómetro de vacío determinada en aire:

$$d_{mm} = \frac{W_s}{W_s + W_3 - W_4}$$

Donde:

- d_{mm} = Densidad relativa teórica máxima de la mezcla asfáltica, (adimensional)
- W_s = Masa de la porción de prueba seca en aire, (g)
- W_3 = Masa del picnómetro de vacío con agua determinada en el aire, (g)
- W_4 = Masa de la porción de prueba y el picnómetro de vacío con agua, determinada en el aire, (g)

I.2. Si la muestra se analizó en varias porciones, se reporta la densidad teórica máxima promedio ponderada para todas las porciones analizadas.

I.3. Se entregará un informe de resultados que incluya, como mínimo, lo siguiente:

- Responsable y fecha de la prueba.
- Densidad teórica máxima, d_{mm} , con precisión al tercer decimal.
- Tipo de mezcla asfáltica.
- Tamaño de la porción de prueba, en g.
- Número de porciones probadas.
- Tipo de contenedor del picnómetro de vacío.
- Tipo de procedimiento utilizado.

J. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- J.1.** Que la prueba se realice en un lugar cerrado, bien ventilado, limpio y libre de corrientes de aire, de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación de la prueba.
- J.2.** 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.
- J.3.** Que la balanza esté limpia en todas sus partes, bien calibrada y colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.
- J.4.** Que se respeten las temperaturas y tiempos durante el procedimiento de la prueba.
- J.5.** Que las muestras de mezcla asfáltica correspondan con las características indicadas en el proyecto.

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

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