

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK Y DENSIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS ABSORBENTES EMPLEANDO ESPECÍMENES RECUBIERTOS CON UNA PELÍCULA DE PARAFINA

INV E – 734 – 13

1 OBJETO

- 1.1 Este método se refiere a la determinación de la gravedad específica bulk y de la densidad de especímenes de mezclas asfálticas compactadas, cubiertas con una película plástica de parafina.
- 1.2 Este método se deberá emplear con mezclas asfálticas compactadas que contengan vacíos abiertos o intercomunicados o que absorban más del 2 % de agua respecto al volumen de la mezcla compactada, según se determina en la Sección 7.
- 1.3 La gravedad específica bulk de la mezcla asfáltica compactada se puede usar para calcular su densidad y su peso unitario.
- 1.4 Esta norma reemplaza la norma INV E-734-07.

2 DEFINICIONES

- 2.1 *Gravedad específica bulk* – Es la relación entre la masa de un volumen dado de material, y la masa de un volumen igual de agua destilada, libre de gas, a la misma temperatura.
- 2.2 *Densidad bulk* – Es la masa por metro cúbico (o pie cúbico) del material a una determinada temperatura, generalmente a 25° C (77° F) para mezclas asfálticas.

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1 Los resultados obtenidos al aplicar este método de ensayo se pueden usar para calcular el peso unitario de mezclas asfálticas densas compactadas y obtener, junto con los resultados del ensayo descrito en la norma INV E-736,

el porcentaje de vacíos con aire. A su turno, estos valores se pueden usar para determinar el grado relativo de compactación.

- 3.2** Como la gravedad específica es adimensional, es necesario convertirla en densidad para los cálculos que requieran unidades. Esta conversión se efectúa multiplicando la gravedad específica a una temperatura dada, por la densidad del agua a la misma temperatura.

4 EQUIPO

- 4.1** *Balanza* – Con capacidad adecuada y sensibilidad suficiente para que la gravedad específica bulk se pueda calcular al menos con cuatro cifras significativas, esto es, con un mínimo de tres cifras decimales. Deberá estar provista de un dispositivo de suspensión adecuado que permita pesar el espécimen, cuando está colgado bajo el platillo de la balanza. Para evitar lecturas erróneas por el desplazamiento excesivo, se debe usar un alambre o cuerda de pesca, del tamaño práctico más pequeño, para suspender el espécimen y el dispositivo sostenedor. No se deben utilizar cadenas o cordones. Balanzas con sensibilidad de 0.1 g o mayor resultan adecuadas.

Nota 1: Las gravedades específicas son un cociente, su valor no tiene más cifras significativas que el dividendo y el divisor. Para tener su resultado por lo menos con cuatro cifras significativas, la determinación de las masas que intervienen en su cálculo se debe hacer con cuatro cifras significativas. Por ejemplo, una sensibilidad de 0.1 g proporcionará cuatro cifras significativas en el rango de masa entre 100.1 y 999.9 g.

- 4.2** *Baño con agua* – Para inmersión del espécimen a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ ($77 \pm 1.8^\circ \text{F}$) mientras se halle suspendido de la balanza, provisto con un rebosadero para mantener el agua a un nivel constante. El uso del rebosadero es obligatorio.

Nota 2: No es necesario que el baño de agua sea un dispositivo sofisticado. Se puede usar cualquier método que permita mantener la temperatura a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ ($77 \pm 1.8^\circ \text{F}$).

5 MATERIALES

- 5.1** *Película plástica de parafina* – Película elastomérica, de adquisición en los sitios de abastecimiento de productos científicos.
- 5.2** *Espuma de poliuretano* – De $500 \times 500 \times 12.5 \text{ mm}$ ($20 \times 20 \times 0.5''$), para ser usada como superficie de trabajo. Adicionalmente, al menos otro trozo de la misma espuma, de área y forma aproximadamente iguales a las de la superficie superior de la muestra que se ensaya.

- 5.3** *Cilindro de calibración* – De aluminio, de superficie lisa y, aproximadamente, de 100 mm (4") de diámetro por 60 mm (2 ½") de altura.

6 ESPECÍMENES PARA ENSAYO

- 6.1** Los especímenes para ensayo pueden provenir de mezclas asfálticas compactadas en el laboratorio o de pavimentos asfálticos construidos. Las muestras sueltas de campo que van a ser compactadas en el laboratorio, se deberán tomar de acuerdo con la norma INV E-731, mientras que las muestras compactadas provenientes de capas de pavimentos construidos se deberán tomar según la norma INV E-758.
- 6.2** *Tamaño de los especímenes* – Se recomienda: (1) que el diámetro de los especímenes cilíndricos moldeados o provenientes de núcleos, o la longitud de los lados de especímenes aserrados sean, al menos, iguales a cuatro veces el tamaño máximo del agregado, y (2) que el espesor de los especímenes sea al menos de una y media veces el tamaño máximo del agregado.
- 6.3** La extracción de los especímenes tomados del pavimento construido se deberá hacer con taladro saca-núcleos, sierra de diamante o de carborundo (carburo de silicio) u otros medios adecuados.
- 6.3.1** Se deberá tener cuidado con el fin de evitar distorsiones, pandeos o agrietamiento de los especímenes durante y después de su remoción de los pavimentos o del molde. Los especímenes se deberán almacenar en un sitio fresco y seguro.
- 6.3.2** Los especímenes deberán estar libres de materiales extraños tales como capas de sello, riegos de liga, imprimaciones, materiales de fundación, papeles u hojas. Cuando la presencia de estos materiales sea evidente, se pueden quitar mediante aserrado.
- 6.3.3** Si se desea, los especímenes se pueden separar de las restantes capas de pavimento aserrándolos o mediante otros métodos adecuados.

7 DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE RECUBRIR LOS ESPECÍMENES

- 7.1** Se determina la gravedad específica bulk, empleando un espécimen sin recubrir, de acuerdo con la norma INV E-733.
- 7.2** Con los datos obtenidos con el espécimen sin recubrir, se calcula el porcentaje de agua absorbida por él (en volumen).
- 7.3** Si el porcentaje de agua absorbida no excede de 2 % se reporta el resultado de la gravedad específica bulk y no se aplica el procedimiento de esta norma. En caso contrario, se procederá de acuerdo con la Sección 8 que se describe a continuación.

8 PROCEDIMIENTO

- 8.1** *Masa de los especímenes sin recubrimiento* – Se pesa el espécimen, después de que se haya secado hasta masa constante. Se registra esta masa como A. Si los especímenes son preparados en el laboratorio, se dejan enfriar hasta temperatura ambiente a $25 \pm 5^\circ \text{C}$ y se determina la masa seca A.
- 8.2** *Masa al aire de los especímenes recubierto:*
- 8.2.1** Empleando un bisturí o unas tijeras, se cortan del rollo de la película de parafina dos piezas de $100 \times 100 \text{ mm}$ ($4 \times 4''$) y una de $100 \times 200 \text{ mm}$ ($4 \times 8''$). Esta operación se debe efectuar sobre una superficie firme.
- 8.2.2** Se remueve el papel protector de una de las piezas de $100 \times 100 \text{ mm}$ ($4 \times 4''$).
- 8.2.3** Se agarran con firmeza los extremos opuestos de la pieza y se estira. Se repite el procedimiento tomándola de los otros dos lados, hasta que la pieza de película ha alcanzado, aproximadamente, un tamaño de $150 \times 150 \text{ mm}$ ($6 \times 6''$). Durante esta operación se debe tener cuidado para no romper la película.
- 8.2.4** Se coloca la película estirada sobre uno de los extremos del espécimen y se presionan los lados de la pieza alrededor de la muestra (Figura 734 - 1)



Figura 734 - 1. Cobertura del espécimen con la película plástica de parafina

- 8.2.5** Se voltea el espécimen, se apoya sobre la espuma de poliuretano y se repiten los pasos 8.2.2 a 8.2.4 sobre el otro extremo de la muestra.
- 8.2.6** Luego de que los dos extremos han sido cubiertos y manteniendo la muestra sobre la espuma de poliuretano, se coloca sobre el espécimen el trozo de espuma que tiene área y forma similares a la superficie superior de él. Se coloca otro espécimen sobre el trozo de espuma para hacer presión, con lo cual se eliminan las bolsas de aire en ambas superficies.
- 8.2.7** Usando un bisturí, se cortan cuidadosamente los excesos de película de los lados del espécimen. Deberá haber un mínimo de 15 mm (aproximadamente $\frac{1}{2}$ ") de película sobrante en cada extremo de la muestra.
- 8.2.8** A continuación, se desprende el papel protector de la pieza de película de parafina de mayor tamaño (numeral 8.2.1), se agarra con firmeza por sus dos lados más cortos y se estira hasta que alcance unos 400 mm (16").
- 8.2.9** Se coloca uno de los extremos de esta película sobre el lado de la muestra y se estira sobre todo el contorno, enrollándola de una manera totalmente ceñida.
- 8.2.10** Al terminar de enrollar esta pieza, sus bordes se deberán doblar y presionar contra los bordes del espécimen.
- 8.2.11** Se determina la masa en el aire del espécimen cubierto con la película. Se designa esta masa con la letra D.

8.2.12 Se determina la masa del espécimen cubierto, dentro de un baño de agua a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ ($77 \pm 1.8^\circ \text{F}$). Se registra esta masa como E. Si la temperatura del baño de agua es diferente de $25 \pm 1^\circ \text{C}$ ($77 \pm 1.8^\circ \text{F}$), se deberá realizar una corrección a la gravedad específica bulk, conforme se indica en el numeral 10.3. Si la temperatura del espécimen difiere de la del baño en más de 2°C (3.6°F), el espécimen deberá permanecer sumergido en el baño entre 10 y 15 minutos antes de pesarlo.

8.3 Gravedad específica aparente de la película de parafina:

8.3.1 Se calcula la gravedad específica del cilindro de calibración de aluminio (G_{al}) a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ ($77 \pm 1.8^\circ \text{F}$), determinando sus masas en el aire y en el agua (en ese orden):

$$G_{al} = \frac{A_{al}}{A_{al} - B_{al}} \quad [734.1]$$

Donde: A_{al} : Masa seca en el aire, g;

B_{al} : Masa bajo agua, g.

8.3.2 Se seca y se cubre el cilindro de aluminio con una película de parafina, como se describió en el numeral 8.2 para el espécimen, y se determinan la masa seca y la masa bajo agua del cilindro envuelto.

8.3.3 Se determina la gravedad específica de la película de parafina (F) a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ ($77 \pm 1.8^\circ \text{F}$):

$$F = \frac{D_{al} - A_{al}}{D_{al} - E_{al} - \frac{A_{al}}{G_{al}}} \quad [734.2]$$

Donde: D_{al} : Masa seca del cilindro envuelto, g;

E_{al} : Masa del cilindro envuelto y sumergido en agua, g.

9 CORRECCIÓN POR HUMEDAD

9.1 Si el espécimen se obtuvo durante la construcción o de un pavimento ya compactado y contiene humedad, es necesario corregir las masas.

9.2 La humedad se puede determinar de una de dos maneras:

9.2.1 Se determina la masa original de la muestra (E_{original}). A continuación, se seca (sin recubrir) hasta masa constante (E_s), en un horno mantenido a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$). Se considera que la masa es constante cuando el cambio que se produce de ella es menor de 0.05 % en dos intervalos consecutivos de secado de 15 minutos. Se designa esta masa como E_s . La masa del agua contenida en la muestra (E_h) será:

$$E_h = E_{\text{original}} - E_s \quad [734.3]$$

9.2.2 El valor E_h se deberá restar en todas las determinaciones de masa subsecuentes.

9.2.3 Alternativamente, la masa de agua en las muestras se puede determinar aplicando la norma INV E-755. Esta norma se deberá usar si el material asfáltico en la mezcla contiene destilados volátiles a 110°C (230°F). La masa del agua se deberá restar en todas las determinaciones de masa subsecuentes.

10 CÁLCULOS

10.1 Se calcula la gravedad específica bulk del espécimen, con la expresión:

$$\text{Gravedad específica bulk} = \frac{A}{D - E - \frac{D - A}{F}} \quad [734.4]$$

Donde: A: Masa del espécimen seco al aire, g;

D: Masa en el aire del espécimen recubierto, g;

E: Masa del espécimen recubierto y sumergido en agua, g

F: Gravedad específica de la película de parafina a 25°C (77°F).

10.2 Se calcula la densidad del espécimen, como sigue:

$$\text{Densidad} = (\text{Gravedad específica bulk}) \times \gamma \quad [734.5]$$

Donde: γ : Densidad del agua a 25° C (77° C) (997.0 kg/m³ o 62.24 lb/pie³).

10.3 Corrección cuando la temperatura del baño de agua es diferente de 25° C (77° F):

10.3.1 Si la diferencia es menor o igual a $\pm 3^\circ \text{C}$ (5.4° F), la gravedad específica se determina así:

$$\text{Gravedad específica bulk a } 25^\circ \text{C} = K (\text{Gravedad específica bulk a otra temperatura}) \quad [734.6]$$

Donde: K: Valor de corrección indicado en la Tabla 734 - 1.

10.3.2 Si la diferencia es mayor de $\pm 3^\circ \text{C}$ (5.4° F), se debe efectuar una corrección a la masa del agua desplazada, usando la siguiente expresión:

$$\text{Corrección} = \Delta T K_s \left[D - E - \frac{D - A}{F} \right] \quad [734.7]$$

Donde: ΔT : 25° C menos la temperatura del baño de agua;

K_s : $6 \times 10^{-5} \text{ ml/ml/}^\circ\text{C}$, coeficiente promedio de la expansión térmica cúbica del concreto asfáltico;

Valor entre el paréntesis: Masa del volumen de agua igual al volumen del espécimen a 25° C.

11 INFORME

11.1 Se debe presentar la siguiente información:

11.1.1 Norma de ensayo utilizada para determinar la gravedad específica.

11.1.2 Porcentaje de agua absorbida (en volumen).

11.1.3 Gravedad específica de la lámina de parafina, con tres cifras decimales.

11.1.4 Corrección por humedad con cuatro cifras significativas.

11.1.5 Gravedad específica bulk a $25 \pm 5^\circ \text{C}$ ($77 \pm 9^\circ \text{F}$), con cuatro cifras significativas.

11.1.6 Densidad, con cuatro cifras significativas.

Tabla 734 - 1. Densidad relativa del agua y factor de conversión K para diferentes temperaturas

TEMPERATURA (°C)	DENSIDAD ABSOLUTA DEL AGUA	FACTOR DE CORRECCIÓN K
10	0.999728	1.002661
11	0.999634	1.002567
12	0.999526	1.002458
13	0.999406	1.002338
14	0.999273	1.002204
15	0.999129	1.002060
16	0.998972	1.001903
17	0.998804	1.001734
18	0.998625	1.001555
19	0.998435	1.001364
20	0.998234	1.001162
21	0.998022	1.000950
22	0.997801	1.000728
23	0.997569	1.000495
24	0.997327	1.000253
25	0.997075	1.000000
26	0.996814	0.999738
27	0.996544	0.999467
28	0.996264	0.999187
29	0.995976	0.998898
30	0.995678	0.998599

12 PRECISIÓN Y SESGO

12.1 *Precisión* – Los criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados de ensayos de gravedad específica bulk por este método de ensayo se dan en la

Tabla 734 - 2. En el estudio se emplearon dos materiales y participaron 10 laboratorios, que ensayaron un material por triplicado y el otro por duplicado.

Tabla 734 - 2. Estimativos de precisión

CONDICIONES	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (1s)	RANGO ACEPTABLE ENTRE 2 RESULTADOS (d2s)
Precisión de un solo operador	0.028	0.079
Precisión entre varios laboratorios	0.034	0.095

12.2 Sesgo – Debido a que no hay un material de referencia adecuado para determinar el sesgo por este método de ensayo, no se hace una declaración sobre el particular.

13 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 1188 – 07