

EFFECTO DEL CALOR Y DEL AIRE SOBRE EL ASFALTO EN LÁMINA DELGADA

INV E – 721 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Este método de ensayo se refiere a la determinación del efecto del calor y del aire sobre una película de materiales asfálticos semisólidos. Los efectos de este tratamiento se determinan a partir de la medición de algunas propiedades seleccionadas del asfalto, antes y después del ensayo.
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E-721-07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** Se calienta una lámina de material asfáltico en un horno a 163° C (325° F) durante 5 horas. Se determinan los efectos del calor y del aire a partir de los cambios en las propiedades físicas, medidas antes y después del tratamiento en el horno. Se presenta, además, un procedimiento alternativo para determinar el cambio en la masa de la muestra.
- 2.2** Los valores de precisión para el método se han desarrollado para la viscosidad, los cambios de viscosidad y de penetración, el cambio de masa y la ductilidad.

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1** Este método indica el cambio aproximado que se produce en las propiedades del asfalto durante el proceso convencional de mezclado en caliente a temperaturas del orden de 150° C (302° F), a partir de medidas de viscosidad, penetración o ductilidad. El residuo obtenido como resultado de la ejecución del ensayo presenta una condición similar a la del asfalto cuando la mezcla asfáltica se coloca en el terreno. Si la temperatura de mezclado difiere apreciablemente de 150° C (302° F), el efecto que se presentará sobre estas propiedades, será mayor o menor, dependiendo de la temperatura de mezclado.

4 EQUIPO

4.1 *Horno (Figura 721 - 1)* – Debe ser eléctrico y cumplir los requisitos de la especificación ASTM E 145 para hornos de convección por gravedad y ventilación forzada tipo IB, y tener una temperatura de operación hasta 180° C (356° F). Durante los ensayos para comprobar el cumplimiento de los requisitos de la especificación ASTM E 145, la plataforma del horno, debidamente centrada, como se indica en el numeral 4.1.2, debe permanecer en su sitio y girando.

4.1.1 *Construcción* – El horno debe ser de geometría ortogonal con dimensiones interiores entre (excluyendo el espacio ocupado por el elemento de calefacción) 330 mm (13") y 535 mm (21"). En la parte delantera debe tener una puerta con cierre perfectamente hermético, que al abrirla deje practicable, en su totalidad, el recinto interior a lo ancho y alto del horno. La puerta puede tener una ventana con dimensiones mínimas de 100 × 100 mm (4 × 4") y con dos hojas de vidrio separadas mediante un espacio con aire, a través de las cuales se pueda leer, sin abrir la puerta, un termómetro vertical, localizado como se indica en el numeral 4.2; como alternativa a la ventana, el horno puede tener una puerta interior de vidrio, a través de la cual se pueda observar el termómetro al abrir momentáneamente la puerta exterior. El horno debe ser ventilado mediante corrientes de convección de aire y, para este propósito, debe estar provisto de aberturas para la entrada de aire y para la salida de vapores y del aire caliente. Cualquier tamaño y disposición de aberturas son satisfactorios, si cumplen con los requerimientos de la especificación ASTM E 145, para el horno del Tipo IB.

4.1.2 *Plataforma giratoria* – El horno debe estar provisto de una plataforma circular metálica que tenga un diámetro entre 250 mm (9.8") y 450 mm (18"). La construcción de la plataforma debe ser tal, que proporcione una superficie plana para el sostén de los recipientes, sin obstaculizar la circulación del aire, cuando éstos se hallen en su sitio. La plataforma debe quedar centrada horizontalmente con respecto a las dimensiones interiores del horno y estar suspendida de un eje vertical, el cual debe estar provisto de los mecanismos necesarios para hacerla rotar a una velocidad de 5.5 ± 1 rpm. La posición vertical deseable de la plataforma es a 150 mm (6") sobre el fondo del horno. La plataforma debe estar construida o marcada de manera que los recipientes que contienen las muestras se puedan colocar siempre en la misma posición. Deberá contener entre dos y seis posiciones para los recipientes con las

muestras. Cada posición deberá ser simétrica con respecto al eje y a cualquier orificio de la plataforma. El número de posiciones debe ser el máximo posible, sin que se violen los requisitos previos.

- 4.2** *Termómetro* – Un termómetro para pérdida por calentamiento, de acuerdo con las exigencias para termómetros 13 C y las siguientes características principales:

REFERENCIA ASTM	ESCALA (° C)	GRADUACIONES (° C)	LONGITUD TOTAL (mm)	ERROR MÁXIMO (° C)
13 C	155 - 170	0.5	169	0.5

- 4.2.1** Se admite, también, un termómetro de resistencia de platino grado A, conocido como PRT (*Platinum Resistance Thermometer*) o RTD (*Resistance Temperature Detector*) de acuerdo a la especificación ASTM E 1137/ E 1137M, con un medidor legible a 0.1° C y con exactitud verificada a 163° C (325° F). Cuando se emplee el termómetro 13 C, deberá estar soportado desde el eje de la plataforma giratoria, en posición vertical, en un punto equidistante del centro y del borde de la plataforma. La parte inferior del bulbo del termómetro debe quedar 40 mm (1.5") por encima de la parte superior de la plataforma. El termómetro debe estar centrado radialmente sobre la posición de un recipiente para muestra de ensayo. Si se usa un PRT o RTD, deberá ser independiente del sistema de control térmico del horno y el extremo de su sensor de medida se debe ubicar 40 mm (1.5") por encima de la plataforma y centrado sobre el arco de los recipientes que rotan. Los termómetros se deben calibrar en el instante de su instalación, y su exactitud a 163° C (325 °F) se debe verificar al menos una vez al año.

- 4.3** *Recipientes para las muestras (Figura 721 - 2)* – Recipientes cilíndricos de 140 ± 1 mm (5 ½ ± 0.04") de diámetro interior y 9.5 ± 1.5 mm (3/8 ± 1/16") de profundidad, con fondo plano. Al colocar 50 ml de muestra en un recipiente con estas dimensiones se obtiene un espesor de película de, aproximadamente, 3.2 mm (1/8"). Los recipientes deben ser de acero inoxidable y el espesor de su lámina debe ser de, aproximadamente, 0.64 mm (0.025").

Nota 1: Los recipientes para la contención de las muestras tienen tendencia a deformarse con el uso. Aunque los ensayos indican que un alabeo de pequeña magnitud no afecta los resultados de manera

significativa, es aconsejable una inspección frecuente para eliminar recipientes demasiado deformados o deteriorados. Se ha encontrado que el espesor indicado para el metal proporciona una rigidez adecuada sin que el recipiente tenga un peso excesivo. Recipientes de acero inoxidable elaborados con lámina de calibre No. 24 (0.6 mm) cumplen con el espesor recomendado. Los elaborados con lámina de calibre No. 26 (0.5 mm) también son aceptables, pero tienen mayor tendencia a alabearse con el uso.

- 4.4 Balanzas** – Si se desea encontrar la pérdida por calentamiento, se deberá emplear una balanza con capacidad de 200 g y sensibilidad de 0.001 g; si se desea encontrar sólo el residuo, se deberá emplear una con capacidad de 2 kg y sensibilidad de 0.1 g.



Figura 721 - 1. Horno para el ensayo de lámina asfáltica delgada



Figura 721 - 2. Recipientes para el ensayo al horno de lámina asfáltica delgada

5 PREPARACIÓN DEL HORNO

- 5.1** Se debe asegurar que el extremo del elemento para la medida de la temperatura esté ubicado 40 mm (1.5") por encima de la parte superior de la plataforma giratoria, y centrado sobre el arco de los recipientes al girar.
- 5.2** Se debe asegurar que el horno se encuentre nivelado y que la plataforma gire en un plano horizontal. La desviación máxima con respecto a la horizontal durante la rotación, no debe exceder de 3°.
- 5.3** Se precalienta el horno durante un lapso mínimo de 2 horas antes del ensayo, con el control ajustado a la temperatura requerida para el ensayo. El ajuste se deberá elegir de manera que cuando el horno esté completamente lleno, se equilibre a $163 \pm 1^\circ \text{C}$ ($325 \pm 2^\circ \text{F}$).

Nota 2: Retirar del horno los recipientes para las muestras afecta los patrones de convección, lo que puede hacer que la lectura de temperatura sea diferente de la deseada.

6 PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES

- 6.1** Se coloca suficiente material para el ensayo en un recipiente adecuado y se calienta hasta que alcance a una condición fluida. Se debe tener cuidado para que no se presente un sobrecalentamiento local de la muestra y que la mayor temperatura alcanzada no exceda de 163°C (325°F). La muestra se debe agitar durante el período de calentamiento, evitando la incorporación de burbujas de aire en ella. Se transfieren $50 \pm 0.5 \text{ g}$ a cada uno de dos o más recipientes tarados, que cumplan con las exigencias del numeral 4.3.
- 6.2** Al mismo tiempo, se vierte una parte de la muestra dentro de los recipientes especificados para la medida de las propiedades originales del asfalto. Se efectúan los ensayos correspondientes a las propiedades que se quieren medir, mediante las normas de ensayo INV apropiadas.
- 6.3** Si se desea obtener el valor cuantitativo del cambio de masa, las muestras para el ensayo al horno se enfrían hasta la temperatura ambiente y se determina la masa de cada muestra separadamente con aproximación a 0.001 g. Si no se necesita el cambio en la masa, las muestras se dejan enfriar hasta aproximadamente la temperatura ambiente, antes de colocarlas en el horno como se indica en el numeral 7.1.

7 PROCEDIMIENTO

- 7.1** Con el horno precalentado y ajustado como se describe en el numeral 5.3, se colocan rápidamente los recipientes con las muestras sobre las posiciones predeterminadas de la plataforma circular (notas 3 y 4). Cualquier posición vacante se debe ocupar con un recipiente vacío para que todas las posiciones se encuentren ocupadas. Se cierra el horno y se inicia la rotación de la plataforma. Se debe mantener la temperatura en el rango especificado durante 5 horas a partir del instante en que se introducen las muestras y que el horno haya alcanzado dicha temperatura. El período de 5 horas se deberá iniciar cuando la temperatura alcance 162° C (323° F) y en ningún caso, el tiempo total que permanezca una muestra en el horno, deberá ser mayor de 5 ¼ horas. Al término del período de calentamiento, se remueven las muestras del horno. Si no se va a determinar el cambio de masa, se procederá como se indica en el numeral 7.3. Si el cambio de masa se está determinando, se enfrían las muestras a la temperatura ambiente, se determina su masa con aproximación a 0.001 g y se calcula el cambio de masa, sobre la base del asfalto contenido en cada recipiente (nota 5).

Nota 3: Los materiales que presenten características diferentes de cambio de masa no se deben ensayar al mismo tiempo, debido a la posibilidad de absorción cruzada.

Nota 4: Este método de ensayo no prohíbe colocar una muestra de asfalto bajo el termómetro de mercurio. Sin embargo, no se recomienda utilizar esta posición para una muestra, sino más bien colocar un recipiente vacío en ella con el fin de minimizar el riesgo asociado con una rotura del termómetro.

Nota 5: Cuando no se puedan efectuar los ensayos completos durante el mismo día, y si se está determinando el cambio de masa, se deben determinar las masas de los residuos y almacenarlos durante toda la noche antes de calentarlos nuevamente. Si no se va a determinar el cambio de masa, se transfiere el residuo a la lata de 240 ml (8 onzas) como se indica en la Sección 7.3, antes de su almacenamiento durante la noche.

- 7.2** Después de determinar la masa de las muestras, se colocan sobre una lámina refractaria y luego sobre la plataforma del horno, el cual se mantiene a 163° C (325° F). Se cierra el horno y se rota la plataforma durante 15 minutos. Inmediatamente, se procede como se describe en el numeral siguiente.
- 7.3** Se retira cada uno de los recipientes y se transfiere su contenido a una lata sin costuras de unos 240 ml (8 onzas) de capacidad. Se remueve sustancialmente todo el material de los recipientes, raspándolo con una espátula adecuada o un cuchillo. Mientras se está removiendo el residuo de cada recipiente, la puerta del horno debe permanecer cerrada con el interruptor en la posición de encendido y con las muestras restantes rotando sobre la plataforma. El último recipiente deberá ser removido del horno antes de que se cumplan 5 minutos de haber retirado el primero. Mientras se encuentran en una condición

semifluida, los residuos combinados se deben agitar completamente hasta conseguir homogeneidad. De ser necesario, los residuos combinados se calientan en el recipiente cubierto dentro de un horno a una temperatura no mayor de 163° C (325° F). Los ensayos requeridos sobre el residuo se ejecutarán de acuerdo con las normas INV apropiadas (generalmente, las relacionadas con penetración y viscosidad), dentro de las 72 horas siguientes.

Nota 6: Se debe tener cuidado al recalentar la muestra, por cuanto un recalentamiento excesivo puede afectar la severidad aparente del ensayo.

8 INFORME

- 8.1** Se reportan los valores de las propiedades originales del asfalto, medidas como se indica en numeral 6.2 y los valores de las propiedades del residuo, como se indica en el numeral 7.3. El cambio de viscosidad se puede expresar, también, como la relación entre la viscosidad del residuo asfáltico y la viscosidad del asfalto original. El cambio de penetración se evalúa como la penetración del residuo, expresada como porcentaje de la penetración original.
- 8.2** Se reportan los resultados de ductilidad o de otros ensayos, de acuerdo con las normas de ensayo INV apropiadas.
- 8.3** Cuando se haya determinado, se reportará el cambio promedio en la masa del material en todos los recipientes empleados en el ensayo, como porcentaje con respecto a la masa original del material.

Nota 7: Los resultados de este ensayo pueden indicar una pérdida o una ganancia en la masa del ligante asfáltico. Durante el ensayo, los componentes volátiles se evaporan (produciendo una disminución en la masa), mientras que el oxígeno reacciona con la muestra (causando un aumento en la masa). El efecto combinado determina si la muestra tiene una ganancia o una pérdida de masa. Es así como muestras con muy bajo porcentaje de componentes volátiles presentan usualmente una ganancia de masa, en tanto que muestras con alto porcentaje de componentes volátiles suelen exhibir una pérdida de masa.

Nota 8: Si se advierte la formación de una costra durante el ensayo, se deberá hacer la anotación correspondiente en el informe.

9 PRECISIÓN Y SESGO

- 9.1** *Precisión* – Los criterios sobre aceptación de los resultados de la viscosidad a 60° C (140° F) y a 135° C (275° F), de la relación de la viscosidad a 60° C (140° F), del cambio en la penetración a 25° C (77° F), de la ductilidad a 15.6° C (60° F) (promedio de tres medidas), y del cambio de masa, de acuerdo con los resultados obtenidos mediante este método, se muestran en la Tabla 721 - 1. Los valores de la columna 2 son las desviaciones estándar que han sido

establecidas como apropiadas para los materiales originales y las condiciones de ensayo descritas en la columna 1. Los valores de la columna 3 corresponden a los límites que no se deben exceder por la diferencia entre los resultados de dos ensayos realizados adecuadamente. Los valores de la columna 4 corresponden a los coeficientes de variación que han sido establecidos como apropiados para los materiales y las condiciones de ensayo descritos en la columna 1. Los valores de la columna 5 corresponden a los límites que no debe exceder la diferencia entre los resultados de dos ensayos realizados de manera adecuada, expresada como porcentaje de su valor medio.

- 9.2 Sesgo** – No es posible determinar el sesgo para este método de ensayo, por cuanto no hay un material disponible con un valor de referencia aceptado.

Tabla 721 - 1. Precisión del ensayo sobre el residuo TFOT

MATERIAL E ÍNDICE	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (1s)	RANGO ACEPTABLE DE DOS RESULTADOS (d2s)	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (PORCENTAJE DE LA MEDIA) (1s%)	RANGO ACEPTABLE DE DOS RESULTADOS (PORCENTAJE DE LA MEDIA) (d2s%)
<i>Precisión de un solo operador:</i>				
Penetración retenida (%)	1.43	4.0	-	-
Cambio de masa (%):				
No más de 0.4 %	0.014	0.04	-	-
Mayor de 4 %	-	-	2.9	8.0
Viscosidad a 60° C (140° F)	-	-	3.3	9.3
Viscosidad a 135° C (275° F)	-	-	2.0	5.7
Cambio de viscosidad a 60° C (140° F)	-	-	5.6	16.0
Ductilidad a 15.6° C (60° F)	7	20	-	-
<i>Precisión entre varios laboratorios</i>				
Penetración retenida (%)	2.90	8	-	-
Cambio de masa (%):				
No más de 0.4 %	0.055	0.16	-	-
Mayor de 4 %	-	-	14.0	40.0
Viscosidad a 60° C (140° F)	-	-	11.6	33.0
Viscosidad a 135° C (275° F)	-	-	6.4	18.0
Cambio de viscosidad a 60° C (140° F)	-	-	9.1	26.0
Ductilidad a 15.6° C (60° F)	12	34	-	-

10 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D1754/D1754M – 09

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS