

DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL ASFALTO EMPLEANDO UN VISCOSÍMETRO ROTACIONAL

INV E – 717 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Esta norma describe el procedimiento a seguir para medir la viscosidad de un ligante asfáltico a una temperatura elevada, desde 60 hasta más de 200° C, usando un viscosímetro rotacional.
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E-717-07.

2 DEFINICIONES

- 2.1** *Líquido newtoniano* – Líquido en el cual la velocidad de corte es proporcional al esfuerzo de corte. La relación constante entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte es la viscosidad del líquido. Si la relación no es constante, el líquido no es newtoniano.
- 2.2** *Viscosidad* – La relación entre el esfuerzo cortante aplicado y la velocidad de corte se llama coeficiente de viscosidad. Este coeficiente es, entonces, una medida de la resistencia del líquido a fluir, y se llama comúnmente viscosidad del líquido. La unidad de viscosidad en el sistema SI es 1 Pa·s (1 N·s/m²) y se denomina Pascal-segundo. La unidad de viscosidad en el sistema cgs es 1 g/cm·s (1 dina·s/cm²) y se denomina poise (P). 1 Pa·s equivale a 10 P.

3 RESUMEN DEL MÉTODO

- 3.1** Este método se utiliza para medir la viscosidad del asfalto a las temperaturas de aplicación. Se coloca una pequeña cantidad de muestra de asfalto en un recipiente a temperatura constante. El par de torsión requerido para mantener rotando a velocidad constante un vástago cilíndrico sumergido en la muestra, se utiliza para determinar la resistencia relativa a la rotación. La viscosidad del ligante en Pa·s, se calcula a partir de los valores de torque y velocidad de rotación.

4 IMPORTANCIA Y USO

- 4.1** Este método de ensayo se puede usar para medir la viscosidad aparente del asfalto a las temperaturas de aplicación.
- 4.2** La medida de viscosidad a altas temperaturas se usa para determinar la manejabilidad y la facilidad de bombeo en la refinería, terminal o planta asfáltica. Los valores medidos mediante este procedimiento se pueden utilizar para desarrollar diagramas de temperatura contra viscosidad, los cuales se utilizan para estimar las temperaturas apropiadas de mezclado y compactación durante el diseño de las mezclas asfálticas en caliente.

5 EQUIPO Y MATERIALES

- 5.1** *Horno* – Capaz de mantener y controlar cualquier temperatura, desde la ambiente hasta 260° C, con una precisión de $\pm 3^\circ \text{C}$.
- 5.2** *Termómetros* – Para medir temperaturas desde 60 hasta 200° C, legibles cada 0.2° C.
- 5.3** *Balanza* – Con capacidad de 2000 g y lecturas de 0.1 g.
- 5.4** *Vástagos cilíndricos* – De varios tamaños, para emplear con asfaltos de diferentes viscosidades.
- 5.5** *Viscosímetro rotacional (Figura 717 - 1)* – Capaz de medir el par de torsión necesario para hacer girar el vástago sumergido en asfalto a velocidad constante y a la temperatura de ensayo fijada. El equipo debe tener una pantalla digital donde se muestre automáticamente la viscosidad de la muestra en Pascales-segundo (Pa·s).
- 5.6** *Unidad de control de temperatura* – Dispositivo capaz de mantener la temperatura de las muestras con una precisión de $\pm 1^\circ \text{C}$, en un rango de temperaturas de ensayo comprendido entre 60 y 165° C o más.
- 5.7** *Elementos adicionales* – Contenedor térmico con tapa aislante, cápsulas para las muestras, soporte para las cápsulas, pinzas de extracción, lienzo para limpiar, etc.

- 5.8** *Solventes o limpiadores desengrasantes* – Alcohol mineral, varsol, o un limpiador desengrasante formulado para limpiar los recipientes, vástagos y accesorios utilizados durante el ensayo.



Figura 717 - 1. Elementos para determinar la viscosidad empleando el viscosímetro rotacional

6 PREPARACIÓN DEL APARATO

- 6.1** Para que su funcionamiento sea correcto, el viscosímetro rotacional se debe encontrar perfectamente nivelado en el instante del ensayo. Para ello, se ubica un nivel tipo burbuja encima del viscosímetro, el cual se ajusta mediante tornillos de nivelación dispuestos en la base del equipo.

7 CALIBRACIÓN Y NORMALIZACIÓN

- 7.1** La exactitud del transductor giratorio se verifica usando un líquido de referencia (líquido newtoniano), de viscosidad conocida a diferentes temperaturas. El comportamiento newtoniano del líquido en todo el rango de velocidades de corte y temperaturas de ensayo, deberá estar certificado. La viscosidad medida con el viscosímetro debe estar dentro de un $\pm 2 \%$; en caso contrario, se deberá calibrar el transductor rotatorio.

- 7.2** La exactitud de la lectura del sistema de control de temperatura se verifica colocando la muestra de asfalto en la cámara de ensayo hasta que se estabilice a una determinada temperatura. La temperatura indicada se debe verificar con un medidor de trazabilidad NIST (*National Institute of Standards and Technology*), tal como se indica en la norma ASTM E-1.

8 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- 8.1** Se obtiene la muestra de asfalto o asfalto modificado de acuerdo con la norma INV E-701.
- 8.2** Se calienta el asfalto del cual se obtiene la muestra, hasta que esté lo suficientemente fluido para ser vertido. El calentamiento previo al ensayo remueve asociaciones moleculares reversibles (endurecimiento estérico) que pueden ocurrir durante el almacenamiento a temperatura ambiente.

Nota 1: Se recomienda una temperatura mínima de calentamiento tal, que produzca una consistencia equivalente a la de un aceite de motor SAE 10W30 (listo para verter, pero no excesivamente fluido) a temperatura ambiente. La temperatura dependerá del grado del ligante asfáltico y de su historia de envejecimiento, si se conoce. Se recomienda no calentar los asfaltos a más de 135° C; sin embargo, algunos asfaltos modificados o envejecidos pueden requerir una temperatura mayor.

9 PROCEDIMIENTO

- 9.1** Se debe leer y comprender la información contenida en el manual de instrucciones del viscosímetro rotacional, antes de proceder con su manejo.
- 9.2** Se encienden el viscosímetro rotacional y la unidad de control de temperatura.
- 9.3** Se precalienta el soporte de las cápsulas para las muestras, junto con la cápsula para la muestra y el vástago seleccionado, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- 9.4** Se ajusta la unidad de control de temperatura a la temperatura de ensayo deseada.
- 9.5** Se calienta la cantidad requerida de ligante asfáltico, según lo recomendado por el fabricante, de acuerdo con el numeral 8.2.
- 9.6** Cuando la unidad de control térmico indique que se ha alcanzado la temperatura de ensayo deseada, se retira de ella el soporte de las cápsulas

conteniendo la cápsula para la muestra y se adiciona a ésta la cantidad requerida de asfalto (Figura 717 - 2).

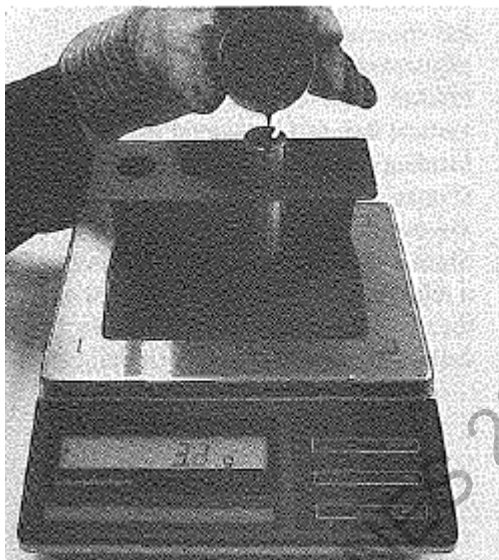


Figura 717 - 2. Vertimiento de la muestra dentro de la cápsula

- 9.7** Con ayuda de las pinzas de extracción se remueve de su soporte la cápsula que contiene la muestra caliente y se coloca en el contenedor térmico.
- 9.8** Se alinea el contenedor térmico con el viscosímetro. Se retira del horno el vástago seleccionado y se coloca en la parte inferior del viscosímetro, utilizando los elementos de acople que éste tiene para ello. Una vez acoplado el vástago, se baja suavemente de modo que penetre en la muestra asfáltica hasta que el asfalto cubra su parte cónica superior. Este procedimiento puede variar, dependiendo de las recomendaciones del fabricante.
- 9.9** Se coloca la tapa aislante sobre la abertura del contenedor térmico y se lleva la muestra de asfalto a la temperatura deseada en un término aproximado de 30 minutos. Se ajusta la velocidad de rotación a 20 rpm y se ajusta el lector digital, para que indique la viscosidad en pascales-segundo (Pa·s). Esta operación se puede efectuar de forma manual o usando un software especial.
- 9.10** Se permite que la muestra de asfalto se equilibre a la temperatura deseada, por un periodo mínimo de 10 minutos. Durante este período de equilibrio, se pone a rotar el vástago y se va observando la viscosidad. Se espera a que la lectura en la pantalla se estabilice, antes de realizar cualquier medida. Si el par de torsión observado está fuera del rango para la combinación seleccionada del vástago y velocidad de rotación, se cambian el vástago y/o la velocidad,

según las recomendaciones dadas por el fabricante para el valor anticipado (supuesto) de viscosidad. Si se hace el cambio, se deberá reemplazar la muestra de ensayo por una nueva. Cuando la lectura de la viscosidad permanece constante, se considera equilibrada la temperatura y se puede comenzar el ensayo.

- 9.11** Se lee y registra el valor de la viscosidad a intervalos de un minuto por un total de tres minutos.
- 9.12** Se retira la cápsula del contenedor térmico utilizando las pinzas de extracción y se desecha la muestra. Se deja enfriar la cápsula unos 5 minutos y luego se limpia empleando alcohol mineral u otro solvente apropiado. En seguida, se limpia con un lienzo de manera que no queden residuos de solventes. La acetona es efectiva para remover residuos de solventes
- 9.13** Se repiten los pasos 9.1 a 9.12 para determinar la viscosidad a otras temperaturas.

10 CÁLCULOS

- 10.1** Se determina la viscosidad del asfalto como el promedio de las tres mediciones realizadas. Si el valor de viscosidad entregado en la pantalla digital del viscosímetro rotacional está expresado en centipoises (cP), se multiplica por 0.001 para obtener la viscosidad en pascuales–segundo (Pa·s).

Nota 2: 10P = 1 Pa·s; 1 cP = mPa·s

11 INFORME

- 11.1** El informe debe incluir:

11.1.1 Fecha y hora del ensayo.

11.1.2 Temperatura de ensayo redondeada a 1° C.

11.1.3 Velocidad de giro en rpm.

11.1.4 Tamaño del vástago utilizado.

11.1.5 Torque medido, expresado en %.

11.1.6 Viscosidad promedio, Pa·s.**12 PRECISIÓN Y SESGO**

12.1 Precisión – Los criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados de medición de viscosidad por este método se presentan en la Tabla 717 - 1.

Tabla 717 - 1. Precisión

CONDICIÓN	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (1s, %)	RANGO ACEPTABLE ENTRE DOS RESULTADOS (d2s, %)
<i>Precisión de un solo operador</i> Viscosidad promedio (Pa·s)	1.2	3.5
<i>Precisión varios laboratorios</i> Viscosidad promedio (Pa·s)	4.3	12.1

Nota 3: Los estimativos de precisión de la Tabla 717 - 1 se basan en el análisis de los resultados de ensayos de ocho pares de muestras en la prueba de competencia AMRL. Los datos analizados provenían de un grupo de entre 142 y 202 laboratorios que ensayaron cada uno de los ocho pares de muestras. El análisis incluyó cinco grados de asfaltos PG 52–34, PG 64–16, PG 64–22, PG 70–22 y PG 76–22 (modificado con SBS). Los promedios de viscosidad de los asfaltos sin modificar variaron entre 1.621 y 1.638 Pa·s. Los detalles de este análisis se encuentran en el informe de la NCHRP Project No. 9–26, Fase 3.

Nota 4: Como ejemplo, dos ensayos realizados por un operador sobre el mismo material dieron valores de viscosidad de 0.500 y 0.510 Pa·s. El promedio de estos dos valores es 0.505 Pa·s. Por lo tanto, el rango aceptable de los resultados es 3.5 % de 0.505, es decir 0.018 Pa·s. Como la diferencia entre 0.500 y 0.510 Pa·s es menor que 0.018 Pa·s, se concluye que los resultados están dentro del rango aceptable.

12.2 Sesgo – Todavía no existe un valor de referencia aceptable; por lo tanto, no se puede presentar información sobre el sesgo.

13 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, “Superpave asphalt binder test methods: An illustrated overview”, Publication No. FHWA-SA-94-068, February 1995

AASHTO T 316 – 06