

VISCOSIDAD CINEMATICA DE ASFALTOS

MTC E 310 - 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 2170 y AASHTO T 201, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación

1 OBJETIVO

1.1 Éste método describe la viscosidad cinemática de asfaltos líquidos (bitúmenes), residuos de destilación de asfaltos líquidos (bitúmenes), todos a 60 °C (140 °F) y de asfaltos sólidos a 135 °C (275 °F) (Nota 1), en el rango de 6 a 100.000 cSt.

Nota 1. El método es apropiado para su uso a otras temperaturas y a viscosidad cinemáticas más bajas, pero la precisión se basa en determinaciones sobre asfaltos líquidos y aceites de carreteras a 60 °C (140 °F) y sobre cementos asfálticos a 135 °C (275 °F), únicamente en el rango de viscosidad de 30 a 6.000 cSt.

2. RESUMEN DEL METODO

2.1 Se mide el tiempo requerido para que un volumen fijo de líquido fluya, por capilaridad, a través del capilar de vidrio calibrado del viscosímetro, bajo una temperatura controlada. La viscosidad cinemática se calcula multiplicando el tiempo de flujo en segundos por el factor de calibración del viscosímetro.

3. DEFINICIONES

3.1 Viscosidad cinemática. Relación entre la viscosidad dinámica o absoluta y la densidad de un líquido; es una medida a la resistencia al flujo bajo la acción de la gravedad. La unidad de viscosidad cinemática SI en m²/s; para uso práctico es más conveniente, el submúltiplo mm²/s. La unidad cgs es 1 cm²/s y se llama Stoke (St).

La unidad que se acostumbra utilizar es 1 centistoke (1 cSt = 10⁻² St) que equivale a 1 mm² /s.

3.2 Densidad. Es la masa por unidad de volumen del líquido. La unidad cgs de densidad es 1 g/cm³ y la unidad SI de densidad es 1 kp/m³.

3.3 Viscosidad Dinámica o absoluta. La relación entre el esfuerzo de corte aplicado y la velocidad de corte se llama coeficiente de viscosidad. Este coeficiente es una medida de la resistencia al flujo de

un líquido. La unidad cgs es 1 g/cm s (1 dina s/cm^2) y se llama un Poise (P). La unidad SI de la viscosidad es 1 Pa s (1 N s/m^2) y equivale a 10 P. Normalmente se usa el centipoise.

3.4 Líquido newtoniano. Es un líquido en el cual la velocidad de corte es proporcional al esfuerzo de corte. La relación constante del esfuerzo de corte a la velocidad de corte es la viscosidad del líquido. Si la relación no es constante, el líquido es no newtoniano.

4. APARATOS

4.1 Viscosímetro de tipo capilar, hechos de vidrio de borosilicato, anillado adecuado para este ensayo; en el Anexo A.2 se describen los siguientes:

- Viscosímetro Cannon-Fenske para líquidos opacos.
- Viscosímetro de brazo transversal Zeifuchs.
- Viscosímetro Lantz-Zeifuchs.
- Viscosímetro BS/IP/RF de tubo U modificado para flujo invertido.

4.2 Los Viscosímetros calibrados se pueden obtener de proveedores comerciales reconocidos.

Los detalles relacionados con la calibración de los viscosímetros se dan en el Anexo A3.

4.3 Termómetros. Se pueden utilizar termómetros calibrados de vidrio con líquido, con una precisión, después de la corrección de $0.02 \text{ }^\circ\text{C}$ ($0.04 \text{ }^\circ\text{F}$) o cualquier otro dispositivo termométrico de igual precisión. Los termómetros para la viscosidad cinemática ASTM 47C y 47F e IP 35 C y 35 F son adecuados para la temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ($140 \text{ }^\circ\text{F}$) y los termómetros ASTM para viscosidad cinemática 110 C y 110 F, son adecuados para emplearlos a $135 \text{ }^\circ\text{C}$ ($275 \text{ }^\circ\text{F}$)

Los termómetros especificados están normalizados a "Inmersión total", lo cual significa inmersión hasta el tope de la columna de Mercurio, con el residuo de vapor y con la cámara de expansión al tope del termómetro expuesto a la temperatura ambiente. No es recomendable la práctica de sumergir completamente el termómetro. Cuando los termómetros están completamente sumergidos, deben determinarse y aplicarse correcciones para cada termómetro individual basadas en la calibración bajo condiciones de inmersión completa. Si el termómetro está completamente sumergido en el baño durante su empleo, la presión del gas en la cámara de expansión será más alta o más baja que durante la normalización y puede causar lecturas más altas o bajas en el termómetro.

Es necesario que los termómetros de líquido en vidrio sean periódicamente recalibrados usando las técnicas dadas en el método ASTM E 77 y que las correcciones sean ajustadas cuando sea necesario, para estar de acuerdo con cualquier cambio en la lectura de temperatura. El termómetro deberá leerse con aproximación de $0.01 \text{ }^\circ\text{C}$ ($0.02 \text{ }^\circ\text{F}$). Los nuevos pueden requerir inicialmente una

verificación cada semana. En el método ASTM E 77 se utiliza un procedimiento que se basa en cambios en el punto de congelación.

4.4 Baño. Debe ser adecuado para la inmersión del viscosímetro y tal modo que el reservorio de líquido o la parte superior del capilar, cualquiera que esté más elevada, esté al menos a 20 mm por debajo del nivel superior del baño y con aditamentos para visibilidad del viscosímetro y del termómetro. Deberán proporcionarse soportes firmes para el viscosímetro o este podrá ser una parte integral del baño. La eficiencia de la agitación y el balance entre la pérdida y el suministro de calor deben ser tales que la temperatura del medio del baño no cambie en más de ± 0.03 °C (± 0.05 °F) sobre la longitud del viscosímetro, o de viscosímetro a viscosímetro en las diferentes posiciones del baño a 60 °C (140 °F). La variación a 135 °C (275 °F) no debe exceder de ± 0.05 °F (± 0.03 °C)

Nota 2. El agua destilada es un líquido adecuado para el baño, cuando se hagan determinaciones a 60 °C (140 °F); para las determinaciones a 135 °C (275 °F), se ha encontrado adecuado el aceite blanco USP con un punto de ignición por encima de 215 °C (420 °F). El punto de inflamación se determina de acuerdo con el método MTC

Nota 3. El baño deberá ser capaz de mantener la temperatura a ± 0.03 °C (± 0.05 °F) para especificaciones de compra y a ± 0.06 °C (± 0.10 °F) para fines de operación real.

4.5 Cronómetros. Un dispositivo de tiempo, activado con resorte, graduado en divisiones de 0.1 segundo o menos y con precisión de 0.05% cuando se ensaya a intervalos no menores de 15 minutos.

4.6 Se pueden usar dispositivos de cronometraje eléctricos únicamente en circuitos cuyas frecuencias sean controladas hasta una precisión de 0.01% o mejores.

Cuando se empleen dispositivos eléctricos de control de tiempo, deben evitarse corrientes alternas cuyas frecuencias sean intermitentes y no se controlen continuamente, como las proporcionadas por algunos sistemas de suministro público de corriente, ya que pueden causar grandes errores, particularmente en cortos intervalos de tiempo.

5. PREPARACION DE LA MUESTRA

Para disminuir la pérdida de los constituyentes volátiles y para obtener resultados reproducibles, proceder como sigue:

5.1 Procedimientos para asfaltos líquidos y aceites para carreteras. Dejar las muestras, selladas tal como se recibieron hasta que alcancen la temperatura ambiente. Abrir el recipiente que contiene la muestra y mezclarlo cuidadosamente mediante agitación durante 30 segundos, teniendo el cuidado de evitar que la muestra atrape aire. Si la mezcla es demasiado viscosa para tal agitación, colóquese

la muestra contenida en el recipiente sellado, en un baño u horno mantenido a $63 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ($145 \pm 5 \text{ }^\circ\text{F}$) hasta que se vuelva suficientemente líquida para agitarla.

Cárguese inmediatamente el viscosímetro o si el ensayo se va a realizar en un tiempo posterior, viértanse aproximadamente 20 ml en uno o más recipientes limpios, secos, que tengan una capacidad de aproximadamente 30 ml y séllese herméticamente.

Para materiales con viscosidades cinemáticas a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ($140 \text{ }^\circ\text{F}$) por encima de 800 cSt, caliéntese la muestra de 20 ml en el recipiente sellado en un horno o en un baño mantenido a $63 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ ($145 \pm 5 \text{ }^\circ\text{F}$) hasta que esté suficientemente líquida para una transferencia conveniente dentro del viscosímetro. Tal calentamiento no deberá exceder de 30 minutos.

5.2 Procedimiento para el cemento asfáltico. Caliéntese la muestra con cuidado para evitar sobrecalentamiento local hasta que llegue a ser suficientemente fluida para vaciarla, agitando ocasionalmente para ayudar a la transferencia del calor y asegurar la uniformidad.

Transfírase un mínimo de 20 ml en un recipiente adecuado y caliéntese a $135 \pm 5.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($275 \pm 10 \text{ }^\circ\text{F}$), agitando constantemente para evitar sobrecalentamiento local y teniendo cuidado de evitar que la muestra atrape aire.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Los detalles específicos de la operación varían para los diferentes tipos de viscosímetros. Ver las descripciones detalladas de operación en el Anexo A.2, de acuerdo con el tipo de viscosímetro escogido. En todos los casos, sin embargo, debe seguirse el procedimiento general que se describe en los numerales 6.2 a 6.8.

6.2 Mantener el baño a la temperatura de prueba dentro de $\pm 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 0.02 \text{ }^\circ\text{F}$) para la temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ($140 \text{ }^\circ\text{F}$) y dentro de $\pm 0.03 \text{ }^\circ\text{C}$ ($0.05 \text{ }^\circ\text{F}$) para la temperatura de prueba $135 \text{ }^\circ\text{C}$ ($275 \text{ }^\circ\text{F}$) con tolerancia de $\pm 0.06 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 0.10 \text{ }^\circ\text{F}$). Aplicar las correcciones necesarias si hubiera necesidad a todas las lecturas de los termómetros.

6.3 Seleccionar un viscosímetro limpio y seco, que dé tiempo de flujo mayor de 60 segundos y precaliéntese a la temperatura de prueba.

6.4 Cárguese el viscosímetro de la manera indicada por el diseño del instrumento, como se indica en el Anexo A.2.

6.5 Permitir que el viscosímetro cargado permanezca en el baño suficiente tiempo (30 minutos) para alcanzar la temperatura de ensayo, como se indica en el Anexo A.2.

6.6 Empezar con el flujo del asfalto en el viscosímetro como se detalla en el Anexo A.2

6.7 Mídase con tolerancia de 0.1 segundos, el tiempo necesario para que el borde guía del menisco pase de la primera marca de tiempo hasta la segunda. Si este tiempo de flujo es menor de 60 segundos, seleccione un viscosímetro de diámetro capilar más pequeño y repítase la operación.

6.8 Cuando concluya el ensayo, límpiese completamente el viscosímetro mediante varios enjuagues con un solvente apropiado completamente miscible con la muestra, seguido por un solvente volátil. Séquese el tubo pasando una corriente lenta de aire seco y filtrado a través del capilar durante dos minutos, o hasta que la última traza de solvente sea removida. Límpiese periódicamente el viscosímetro con ácido crómico para remover depósitos orgánicos, enjuáguese completamente con agua destilada y con acetona libre de residuos y séquese con aire filtrado y seco.

7. CALCULOS

Calcúlese la viscosidad cinemática con tres (3) cifras significativas empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Viscosidad cinemática en cSt} = Ct.$$

Donde:

C = Constante de calibración del viscosímetro, cSt/s

t = Tiempo de flujo, s.

8. INFORME

8.1 Siempre se reporta la temperatura de ensayo con el resultado, por ejemplo:

$$\text{viscosidad cinemática a } 60\text{ }^{\circ}\text{C (140 }^{\circ}\text{F)} = 75.6\text{ cSt.}$$

9. PRECISION

9.1 Los criterios para juzgar la aceptabilidad de los resultados de viscosidad obtenidos por este método se dan en la Tabla 1.

Tabla 1
Aceptabilidad de los resultados de ensayo para la viscosidad cinemática

Nota: Los valores dados en la columna 2 son los coeficientes de variación que se han encontrado apropiados para los materiales y condiciones de ensayo descritos en la columna 1. Los valores dados

en la columna 3 son los límites que no deberán ser excedidos por la diferencia entre los resultados de dos ensayos realizados adecuadamente.

Material y tipo de índice	Coefficiente de variación (%) de la media) (1)	Diferencia aceptable entre dos resultados del ensayo (% de la media) (1)
Precisión de un solo operario		

Cemento asfáltico a 135 °C (275 °F)	0.64	1.8
Asfalto líquido a 60 °C (140 °F)		
Por debajo de 3.000 cSt	0.53	1.5
De 3.000 a 6.000 cSt	0.71	2.0
Por encima de 6.000 cSt	3.2	8.9
Precisión en varios laboratorios		

Asfalto sólido a 135 °C (275 °F)	3.1	8.8
Asfalto líquido a 60 °C (140 °F)		
Por debajo de 3.000 cSt	1.06	3.0
De 3.000 a 6.000 cSt (2)	3.11	9.0
Por encima de 6.000 cSt (2)	3.6	10.0

(1) Representan el 15% y 20% de D de los límites descritos en la norma AASHTO R2.

(2) Con base en menos de 30 grados de libertad.

ANEXOS

A.1 CÁLCULO DE LA VISCOSIDAD DINÁMICA DE UN LÍQUIDO NEWTONIANO

La Viscosidad dinámica de un líquido newtoniano se calcula a partir de su viscosidad cinemática Multiplicada por la densidad del líquido a la temperatura de ensayo. Para asfaltos a 135 °C (275 °F), la viscosidad puede determinarse convenientemente a partir del peso específico a 25/25 °C (77 / 77 °F) multiplicando por un factor 0.934 g/cm³; o a partir del peso específico a 15.5/15.5 °C (60/60 °F) multiplicando por un factor 0.931 g/cm³. Estos factores se basan en un coeficiente promedio de expansión para el cemento asfáltico de 0.00061/°C (0.00034/°F).

Cuando la gravedad específica del asfalto no es conocida, una determinación satisfactoria de la viscosidad a 135 °C (275 °F) puede obtenerse multiplicando la viscosidad cinemática a 135 °C (275 °F) por un peso unitario asumido de 0.948 g/cm³. Este valor de peso unitario es equivalente a un peso específico de 1.015 a 25/25 °C (77 / 77 °F). Ensayos sobre un gran número de asfaltos indican que el error introducido por esta suposición no excederá de ± 3%.

A.2 VISCOSÍMETROS DE FLUJO INVERTIDO

A.2.1 Objeto

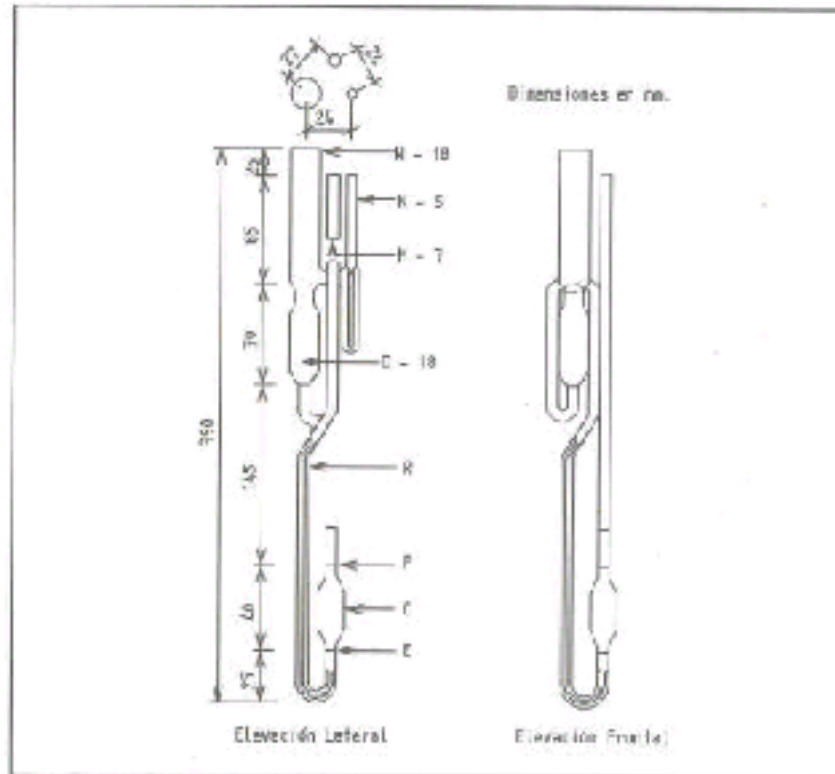
Los viscosímetros de flujo invertido para líquidos transparentes y opacos, incluyen los viscosímetros Cannon-Fenske, el de brazo transversal Zeitfuchs, BS/IP/RF y el Lantz-Zeitfuchs. A diferencia del viscosímetro Ostwald modificado y los de nivel suspendido, la muestra de líquido fluye dentro de un bulbo para medir el tiempo, el cual no había sido humedecido anteriormente por la muestra, permitiendo así el cronometraje de líquidos cuyas películas delgadas sean opacas. Los viscosímetros de flujo invertido se emplean en la medida de viscosidades cinemáticas de líquidos opacos y transparentes hasta de 100.000 cSt.

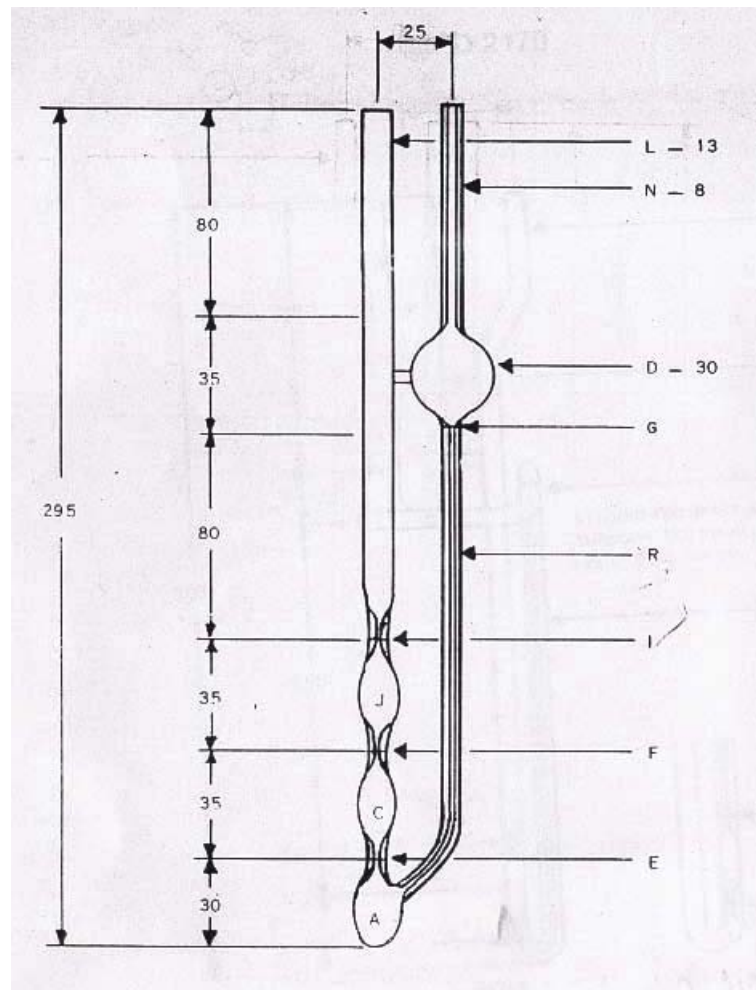
A.2.2 Equipo

En las figuras 1 a 4 se muestran dibujos detallados de las dimensiones, constantes aproximadas, rango de viscosidad cinemática, diámetro capilar y volúmenes del bulbo para cada uno de los viscosímetros de flujo invertido. En este método, el intervalo de viscosidad cinemática se basa en un tiempo de flujo mínimo de 60 s, a diferencia de otros ensayos en donde los rangos de viscosidad se basan en un tiempo de flujo mínimo de 200 s.

A.2.3 Instrucciones de Operación

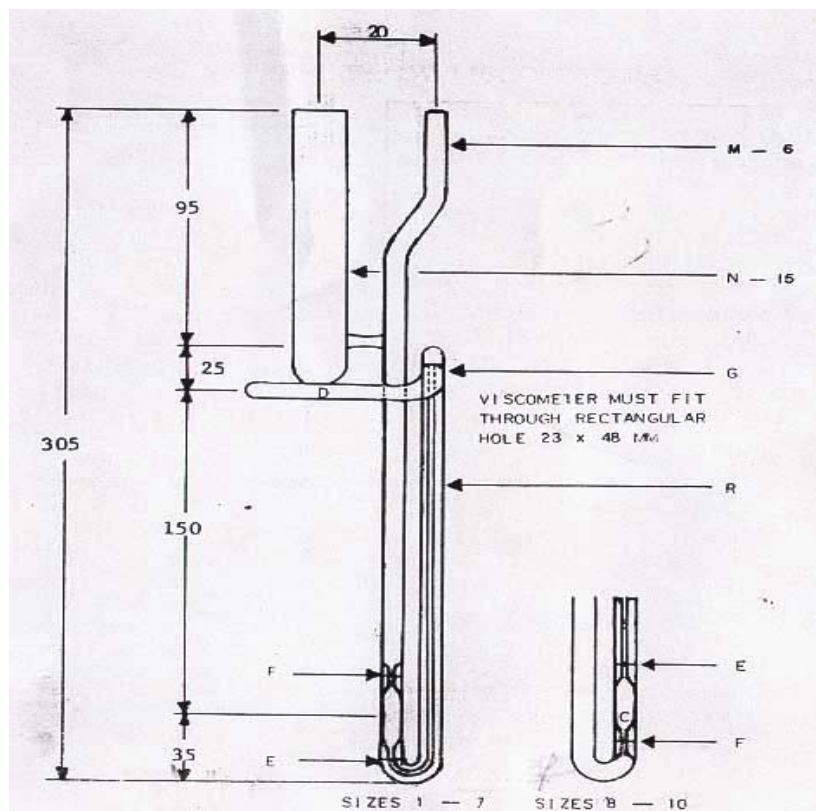
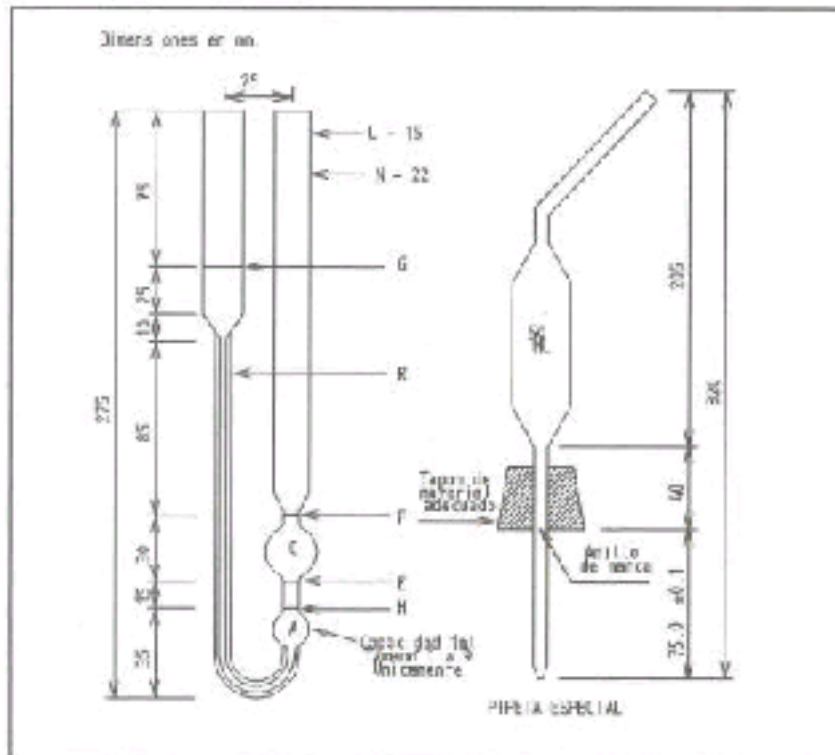
En el numeral 6 se ha descrito un procedimiento normalizado de operación. Algunas instrucciones adicionales de operación para viscosímetros de flujo invertido, se muestran rápidamente en los párrafos siguientes, con énfasis en procedimientos específicos para un instrumento en particular o para este grupo de instrumentos:





Dimensiones y rangos de viscosidad cinemática

Tamaño No.	Constante aproximado cSt/s	Rango de viscosidad cinemática cSt	Diámetro interior del tubo R mm ($\pm 2\%$)	Longitud del tubo R mm	Volumen bulbo C ml ($\pm 2\%$)
5	0.3	18 a 300	1.65	490	2.7
6	1.0	60 a 1000	2.25	490	2.7
7	3.0	180 a 3000	3.00	490	2.7
8	10.0	600 a 10000	4.10	490	2.7
9	30.0	1800 a 30000	5.20	490	2.7
10	100.0	6000 a 100000	5.20	490	0.85



Dimensiones y rangos de viscosidad cinemática

Tamaño No.	Constante aproximado cSt/s	Rango de viscosidad cinemática cSt	Diámetro interior del tubo R mm ($\pm 2\%$)	Longitud del tubo R Mm	Diámetro interior de E, F y G ml ($\pm 5\%$)	Volumen bulbo C
4	0.10	6 a 100	1.26	185	3.0 a 3.3	4.0
5	0.3	18 a 300	1.64	185	3.0 a 3.3	4.0
6	1.0	60 a 1000	2.24	185	3.0 a 3.3	4.0
7	3.0	180 a 3000	2.93	185	3.3 a 3.6	4.0
8	10.0	600 a 10000	4.00	185	4.4 a 4.8	4.0
9	30.0	1800 a 30000	5.50	185	6.0 a 6.7	4.0
10	100.0	6000 a 100000	7.70	210	7.70	4.0
11	300.0	18000 a 300000	10.0	210	10.00	4.0

Escójase un viscosímetro limpio y seco, que dé un tiempo de flujo mayor de 60 s.

Cárguese el viscosímetro de la manera indicada por el diseño del instrumento; esta operación debe estar de acuerdo con la empleada en la calibración del mismo. Si la muestra puede contener hilachas, partículas sólidas, etc., fíltrese como se indica en el método D 445 de la ASTM.

- Para cargar el viscosímetro opaco Cannon-Fenske, inviértase el viscosímetro y aplíquese succión al tubo L, sumergiendo el tubo N en la muestra de líquido y llenando el bulbo D hasta la marca de llenado G límpiase el exceso de muestra del tubo N y colóquese el viscosímetro en posición normal. Colocar el viscosímetro en el baño de temperatura constante manteniendo vertical el tubo L. Cuando la muestra pase a través de R, llénese el bulbo A aproximadamente hasta la mitad, y deténgase el flujo conectando un tapón en el tubo L.
- Colocar el viscosímetro Zeifuchs de brazo transversal en el baño de temperatura constante manteniendo vertical el tubo N. Introdúzcase muestra a través del tubo N, teniendo cuidado de no humedecer los lados de dicho tubo, dentro del brazo transversal D hasta que el borde guía esté dentro de 0.5 mm de la marca de llenado G sobre el tubo sifón.
- Móntese el viscosímetro Lantz-Zeifuchs en el baño de temperatura constante, manteniendo vertical el tubo N. Introdúzcase muestra suficiente a través del tubo N hasta llenar completamente el bulbo D, añadir un ligero exceso dentro del bulbo K. Si la muestra está a una temperatura por encima de la del ensayo, espérense 15 minutos para que la muestra en el viscosímetro alcance la temperatura del baño y adicionar más muestra para que rebose ligeramente dentro del bulbo K.

- Móntese el viscosímetro BS/IP/RF en el baño de temperatura constante manteniendo vertical el tubo L. Viértase la muestra a través del tubo N hasta un punto exactamente por encima de la marca de llenado G; permítase que la muestra fluya libremente a través del capilar R, teniendo cuidado de que la columna del líquido permanezca sin romperse, hasta que el menisco inferior esté cerca de 5 mm por debajo de la marca de llenado H y deténgase entonces su flujo cerrando el tubo de medición de tiempo con un tapón de corcho o de caucho en el tubo L. Si fuere necesario, agréguese más líquido para llevar el menisco superior ligeramente por encima de la marca G. Después de permitir que la muestra alcance la temperatura del baño (véase párrafo siguiente) y que cualquier burbuja de aire alcance la superficie, suéltese suavemente el tapón permitiendo que la muestra fluya hasta la marca de llenado inferior H y deténgase el flujo de nuevo. Remuévase el exceso de muestra por encima de la marca de llenado G, insertando la pipeta especial hasta que su corcho permanezca sobre la parte superior del tubo N y aplicando suavemente succión hasta que el aire suba a través de la pipeta. El menisco superior deberá coincidir con la marca G.

Permita que el viscosímetro permanezca en el baño a temperatura constante el tiempo suficiente que asegure que la muestra alcance la temperatura de equilibrio (mínimo 10 minutos, máximo 30 minutos).

Para los viscosímetros Cannon-Fenske y BS/IP/RF, remuévase el tapón en el tubo L y déjese que la muestra fluya por gravedad. Para el viscosímetro de brazo transversal Zeitfuchs, aplíquese un ligero vacío al tubo M o una ligera presión al tubo N para hacer que el menisco se mueva sobre el tubo sifón y alrededor de 30 mm por debajo del nivel del tubo D en el capilar R; de esta forma se inicia el flujo por gravedad. Para el viscosímetro Lantz-Zeitfuchs, aplíquese un ligero vacío al tubo M (o presión al tubo N con el tubo K cerrado) hasta que el menisco inferior este opuesto a la marca inferior de tiempo E; déjese que la muestra fluya por gravedad.

Mídase, con una precisión de 0.1 s, el tiempo requerido para que el menisco pase de la marca de tiempo a la marca F, tal como se indica en el numeral 4

Calcúlese la viscosidad de acuerdo con el numeral 7 de este método.

A.3 CALIBRACION DE VISCOSÍMETROS

A.3.1 Objeto

Este anexo describe los materiales y procedimientos usados para calibrar, o verificar la calibración, de los viscosímetros empleados en este método.

A.3.2 Materiales de Referencia

Viscosidades de aceites estándar de conformidad con las Normas ASTM, que tienen viscosidades cinemáticas aproximadas mostradas en la Tabla 2. Los valores certificados de viscosidad cinemática que se establezcan, son suministrados con cada muestra.

Tabla 2
Estándares de viscosidad de aceites

Estándares de viscosidad de aceites ASTM	Viscosidad cinemática aproximada, cSt		
	A 37.8 °C (100 °F)	A 50 °C (122 °F)	A 99 °C (210 °F)
S 60	60	----	----
S 200	200	----	----
S 600	600	280	32
S 2000	2000	----	----
S 8000	8000	----	----
S 30000	27000	11000	----

A.3.3 Calibración

Calibración del viscosímetro de rutina utilizando líquidos de viscosidad normal: seleccionar de la Tabla 2 un líquido estándar que tenga un tiempo de flujo mínimo de 200 s a la temperatura de calibración, preferiblemente 37.8 °C (100 °F). Determinése el tiempo de flujo con aproximación a 0.1 s mediante el procedimiento descrito en el numeral 6 y calcúlese la constante del viscosímetro C, en la siguiente forma.

$$C = \frac{V}{t}$$

Donde:

V = Viscosidad para el líquido estándar, cSt

t = Tiempo de flujo S.

La constante del viscosímetro es independiente de la temperatura para los viscosímetros Zeifuchs de brazo transversal Lantz-Zeifuchs y BS/IP/RF de tubo en U.

El viscosímetro Cannon-Fenske para líquidos opacos tiene un volumen fijo de muestra cargada a la temperatura de llenado. Si la temperatura de ensayo difiere de la del llenado, la constante del viscosímetro se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Constante del viscosímetro, } C_t = C_o [1 + F (T_t - T_f)]$$

Donde:

C_0 = Constante del viscosímetro cuando se llena y ensaya a la misma temperatura.

T = Temperatura.

F = Factor de dependencia de la temperatura (véase párrafo siguiente).

t, f = Subíndices de valores a la temperatura de ensayo y la temperatura de llenado, respectivamente.

Calcúlese el factor que hace que la constante dependa de la temperatura, mediante la siguiente expresión:

$$F = 4 \alpha V / \pi d^2 h$$
$$= [4V (\rho_f - \rho_t)] / [\pi d^2 h \rho_t (T_t - T_f)]$$

Donde:

v = Volumen de carga, cm^3 .

d = Diámetro promedio, en cm, del menisco, en el recipiente superior.

h = Cabeza promedio guía, cm.

α = Coeficiente de expansión térmica de la muestra de ensayo entre la temperatura de llenado y la temperatura de ensayo.

ρ = Densidad, g/cm^3 .

t, f = Valores de las temperaturas de ensayo y de llenado respectivamente.

Si el viscosímetro se usa en un sitio diferente del laboratorio de calibración, la constante C debe corregirse debido a la diferencia de la aceleración de la gravedad g , de la siguiente manera:

$$C_2 = (g_2 / g_1) \times C_1$$

Donde:

C_2 = Constante de calibración en el laboratorio de ensayo.

C_1 = Constante de calibración en el laboratorio de calibración.

g_2 = Aceleración de la gravedad en el laboratorio de ensayo.

g_1 = Aceleración de la gravedad en el laboratorio de calibración.

Los certificados para viscosímetros deben establecer el valor de g en el sitio del laboratorio de calibración. La falta de corrección de la gravedad puede ocasionar errores del 0.2%.

Calibración de viscosímetros de rutina por medio del viscosímetro estándar: seleccione cualquier aceite de petróleo que tenga un tiempo de flujo de por lo menos 200 s. Escójase también un

viscosímetro estándar de constante C conocida. Este viscosímetro puede ser un viscosímetro patrón que ha sido calibrado por medio de un ensamblaje con viscosímetros de diámetros sucesivamente mayores, iniciando con agua destilada a la viscosidad básica normal (véase método ASTM D 2162) o uno de rutina del mismo tipo que ha sido calibrado mediante comparación con el viscosímetro patrón.

Móntese el viscosímetro estándar conjuntamente con el viscosímetro que va a ser calibrado en el mismo baño y determínese el tiempo de flujo del aceite mediante el procedimiento descrito en el numeral 6.

Calcúlese la constante C, como sigue.

$$C_1 = (t_2 \times C_2) / t_1$$

Donde:

C_1 = Constante C del viscosímetro de rutina.

t_1 = Tiempo de flujo con aproximación a 0.1 s en el viscosímetro de rutina.

C_2 = Constante C del viscosímetro estándar.

t_2 = Tiempo de flujo con aproximación a 0.1 s en el viscosímetro estándar.

10. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 201
ASTM	D 2170