

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS

TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos Aditivos y Mezclas

CAPÍTULO: 025. Módulo Reológico de Corte Dinámico

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para la determinación del módulo reológico de corte dinámico y el ángulo fase de los asfaltos modificados, a que se refiere la Norma N·CMT·4·05·002, *Calidad de Materiales Asfálticos Modificados*, en el residuo de la prueba de la película delgada o para determinar las propiedades reológicas de muestras tomadas conforme al Manual M·MMP·4·05·001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite determinar el módulo reológico de corte dinámico y el ángulo fase, como propiedades viscoelásticas lineales de un cemento asfáltico, sometiendo una muestra a esfuerzos de torsión utilizando un reómetro dinámico de corte. Es aplicable a cementos asfálticos con módulos complejos en el rango de 0,1 a 1 000 kPa, los que se obtienen en forma típica entre 5 y 85°C.

C. REFERENCIAS

Son referencias de este Manual, la norma PP6 (norma provisional), *Grading or Verifying the Performance Grade of an Asphalt Binder* (Graduación o Verificación del Grado de Comportamiento del Ligante Asfáltico) publicada por la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), y la norma *Deutsche Industrie Norm* (DIN) N°43760, *Standard for Calibration of Thermocouples* (Norma para la Calibración de Termocoples).

Además, este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Calidad de Materiales Asfálticos Modificados	N·CMT·4·05·002
Muestreo de Materiales Asfálticos	M·MMP·4·05·001
Pruebas en el Residuo de la Película Delgada de Cementos Asfálticos	M·MMP·4·05·010

D. EQUIPO

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

D.1. SISTEMA DE PRUEBA DEL REÓMETRO DE CORTE DINÁMICO (DSR)

Como el mostrado en la Figura 1 de este Manual, que cuente con:

D.1.1. Plato base

Metálico, con superficies pulidas, con las dimensiones adecuadas según el plato oscilatorio que emplee. En algunos reómetros este plato puede ser plano.

D.1.2. Platos oscilatorios

Metálicos, con superficies pulidas, con diámetros de $8 \pm 0,05$ mm o $25 \pm 0,05$ mm. El plato de 8 mm es recomendable cuando se realiza la prueba a una temperatura aproximada de 40°C y el de 25 mm para temperaturas superiores. Es conveniente que tengan una pestaña o anillo en su perímetro, con una altura de 2 a 5 mm, esto para facilitar el recorte de la muestra y mejorar la repetibilidad de la prueba.

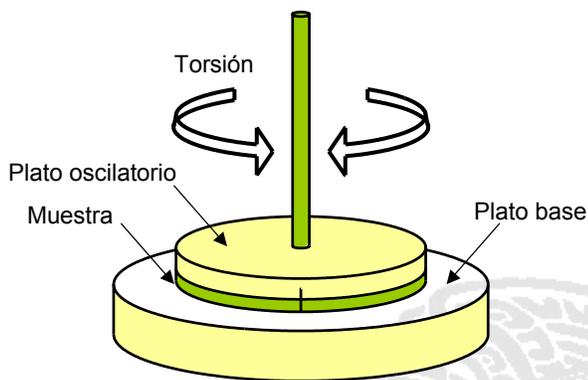


FIGURA 1.- Reómetro de corte dinámico típico

D.1.3. Cámara ambiental

Capaz de controlar la temperatura de la muestra con aproximación de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, mediante gas o líquido, tal como el nitrógeno o el agua, que no afecten las propiedades de la muestra. Si se utiliza agua, se contará con un secador para prevenir la condensación de la humedad en los platos y los demás aditamentos, además de evitar la formación de hielo si se está trabajando a temperaturas bajo cero. Tendrá las dimensiones adecuadas para contener los platos a que se refieren los Incisos D.1.1. y D.1.2. de este Manual y minimizar los gradientes térmicos. Que cuente con:

D.1.3.1. Controlador de temperatura

Capaz de mantener la temperatura de la muestra con aproximación de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, para rangos de prueba de 5 a 85°C .

D.1.3.2. Detector de temperatura

Detector de resistencia térmica (RTD), de platino (clase A) o equivalente, que cumpla con la norma DIN 43760, con rango de 5 a 85°C y aproximación de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. El detector estará montado dentro de la cámara ambiental en contacto con el plato, para controlar en forma continua la temperatura en la cámara durante el montaje de la muestra, su acondicionamiento y la prueba. El RTD se calibrará como una unidad integral con su respectivo medidor o circuito electrónico.

D.1.3.3. Detector térmico de referencia

Puede ser un termistor o un detector de resistencia térmica (RTD) montados en un sello de silicón, o bien un termocople.

D.1.4. Dispositivo de carga

Capaz de proporcionar una carga sinusoidal de esfuerzo o deformación controlados, con una frecuencia de $10 \pm 0,1$ rad/s; si se utilizan frecuencias distintas, éstas tendrán una precisión de $\pm 1\%$. Cuando la carga sea de deformación controlada, el dispositivo será capaz de aplicar una torsión cíclica suficiente para causar una deformación rotacional angular con una precisión de ± 100 μ rad de la deformación especificada; cuando la carga sea de esfuerzo controlado, la fuerza de torsión cíclica aplicada tendrá una precisión de ± 10 mN·m de la torsión especificada. El rendimiento total del sistema a una torsión de 100 N·m será menor de 2 mrad/N m.

D.1.5. Sistema de control y registro de datos

Que cuente con los dispositivos necesarios para registrar la temperatura, la frecuencia, el ángulo de giro y la fuerza o deformación por torsión. Dichos dispositivos cumplirán con las precisiones indicadas en la Tabla 1 de este Manual. Adicionalmente, el sistema será capaz de calcular y registrar el esfuerzo y la deformación cortantes, el módulo complejo (G^*) en un rango de 0,1 a 1 000 kPa con aproximación de 0,5% y el ángulo fase (δ) en un rango de 0 a 90° con aproximación de 0,1°.

TABLA 1.- Precisión del sistema de control y registro de datos

Parámetro	Aproximación
Temperatura	$\pm 0,1^\circ\text{C}$
Frecuencia	$\pm 1\%$
Ángulo de giro	± 100 μ rad
Torsión	± 10 mN·m

D.2. MOLDE PARA FORMAR LA MUESTRA

De silicón, que tenga un diámetro aproximadamente igual al plato superior y una profundidad aproximada igual a 1,5 veces el espesor que se fije para la muestra, que puede ser 1 mm o 2 mm.

D.3. DISPOSITIVO PARA AJUSTAR (RECORTAR) LAS MUESTRAS

Con una punta afilada, de 4 mm de ancho como mínimo.

D.4. DETECTOR CALIBRADO DE TEMPERATURA

Para medir la temperatura de la muestra. Puede ser un termocople calibrado, un termistor o un detector de resistencia térmica (RTD) con espesor o diámetro de 2 mm o menor. Los termistores y termocoples no son confiables para precisiones mayores de $\pm 0,1^\circ\text{C}$ a menos que se calibren de acuerdo con el estándar del *National Institute of Standards and Technology* (NIST), utilizando sus propios medidores o circuitos electrónicos. Los RTD de platino no son adecuados, ya que son demasiado largos para ajustarse en el espacio entre los platos en el reómetro de corte dinámico (DSR).

E. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

La calibración del equipo se realizará por lo menos cada 6 meses, considerando lo siguiente:

E.1. TEMPERATURA

Debido a la existencia de gradientes térmicos dentro del reómetro y la dificultad para calibrar el RTD mientras ésta montado en el reómetro, es necesario hacer una medición directa de la temperatura entre los platos utilizando un espécimen y un detector térmico de referencia. Para verificar las mediciones de temperatura se procede como sigue:

- E.1.1.** Se prepara un espécimen de cemento asfáltico o de silicón siguiendo el procedimiento descrito en la Cláusula G. de este Manual; dicho espécimen se utilizará únicamente para verificar las mediciones de temperatura, ya que las medidas de corte dinámico no son válidas cuando el detector de referencia se inserta dentro de la muestra.
- E.1.2.** Se coloca el espécimen entre los platos y se registra su temperatura con el detector térmico de referencia, que puede ser un termistor, un detector de resistencia térmica (RTD) o un termocople.
- E.1.3.** Se ajusta la temperatura en la cámara ambiental a la mínima que se utilizará para la prueba y se espera hasta que llegue al equilibrio; hecho esto, se toma la lectura inicial del RTD del reómetro y la temperatura del espécimen medida con el detector térmico de referencia. Se aumenta la temperatura en incrementos no mayores de 6°C y se repiten las mediciones hasta cubrir el rango de temperaturas de prueba.
- E.1.4.** Utilizando las mediciones resultantes, se obtiene la diferencia entre las temperaturas obtenidas con el RTD del reómetro y el detector térmico de referencia insertado en el espécimen. Es de esperar que la diferencia entre las mediciones no sea constante y varíe con la temperatura de prueba.
- E.1.5.** Si las mediciones a que se refiere el Inciso anterior varían en más de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, se ajustará el RTD del reómetro de tal forma que la lectura de la temperatura de prueba coincida con la que se obtiene con el detector térmico de referencia en el espécimen colocado entre los dos platos.
- E.1.6.** El RTD del reómetro puede ser calibrado por el proveedor del equipo. Se puede verificar la calibración comparando la lectura del RTD con la de un termómetro de mercurio de inmersión parcial con un rango apropiado que esté debidamente calibrado, uniéndolos mediante una banda de hule y sumergiéndolos en un baño de agua en movimiento puesto a temperatura constante con una variación no mayor de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

E.2. DISPOSITIVO DE CARGA

El dispositivo de carga, se calibrará de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo.

E.3. VERIFICACIÓN DE TODO EL SISTEMA DE PRUEBA

Para verificar la calibración de todo el sistema, se pueden utilizar fluidos con características viscoelásticas similares a los cementos asfálticos. Se pueden utilizar fluidos con módulo complejo y ángulo fase conocidos dentro del rango de mediciones de la prueba; sin embargo, ya que los fluidos de referencia no tienen la misma sensibilidad a la temperatura que los cementos asfálticos, se debe tener mucho cuidado en la interpretación de los resultados obtenidos de dichos fluidos. No es recomendable tratar de verificar individualmente los detectores de carga o giro mediante un fluido de referencia.

F. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

Se prepara el sistema de prueba de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del equipo, considerando lo siguiente:

- F.1.** Se limpian y secan cuidadosamente las superficies de los platos metálicos, para garantizar una adherencia uniforme y firme de la muestra durante su montaje. Se montan firmemente los platos en su sitio y se selecciona la temperatura de prueba de acuerdo con el tipo del cemento asfáltico por probar, según en la Norma N·CMT-4-05-002, *Calidad de Materiales Asfálticos Modificados*, a menos que se desee utilizar otra considerando las recomendaciones indicadas en la norma (provisional) AASHTO PP6. Se calienta el reómetro hasta que se establezca su temperatura a la de prueba $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

- F.2.** Una vez que los platos están a la temperatura de prueba o, si ésta se va a realizar en un rango de temperaturas, dichos platos están a la temperatura correspondiente a la mitad del rango, se cierra el espacio entre los platos hasta llegar al “nivel cero” girando manualmente el plato móvil hasta que toque al plato fijo, es decir, cuando el plato móvil deje de girar completamente; hecho lo anterior se ajusta la lectura del micrómetro en ceros o, si esto no es posible, se toma la lectura inicial del micrómetro. En el caso que se utilice un reómetro con un dispositivo de fuerza normal, se cierra el espacio entre los platos hasta que se toquen y se fija entonces el “nivel cero” cuando la fuerza normal es aproximadamente nula. El soporte, los detectores y demás accesorios en el reómetro, pueden sufrir cambios volumétricos por temperatura, lo que puede ocasionar que se modifique el “nivel cero” previamente fijado; sin embargo, no es necesario hacer ajustes siempre y cuando las mediciones se hagan en un rango de $\pm 12^{\circ}\text{C}$ respecto a la temperatura a la que fue fijado dicho nivel.
- F.3.** Una vez fijado el “nivel cero”, se separan los platos hasta que se tenga una distancia de $1 \pm 0,05$ mm en el caso de especímenes de 25 mm de diámetro, o una distancia de $2 \pm 0,05$ mm para especímenes de 8 mm de diámetro.

G. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La preparación de la muestra de cemento asfáltico modificado, ya sea producto del residuo de la prueba de película delgada, ejecutada como se indica en el Manual M·MMP-4-05-010, *Pruebas en el Residuo de la Película Delgada de Cementos Asfálticos*, o de una muestra obtenida según se establece en el Manual M·MMP-4-05-001, *Muestreo de Materiales Asfálticos*, se hace de la siguiente manera:

- G.1.** De la muestra se toma una porción ligeramente mayor al volumen necesario para llenar el molde de silicón (aproximadamente 10 g) y se le aplica el calor indispensable para fluidificarla, agitándola continuamente para homogeneizar su temperatura y evitar sobrecalentamientos locales, cuidando que la temperatura alcanzada no sea mayor de 163°C y que no se formen burbujas de aire. Es recomendable minimizar el tiempo y la temperatura de calentamiento para evitar el endurecimiento de la muestra.
- G.2.** Si los platos no se encuentran montados en su sitio, se limpian y secan cuidadosamente para garantizar una adherencia uniforme y firme de la muestra. Se introducen los platos en la cámara ambiental del reómetro previamente calentada a 45°C , aproximadamente, hasta que alcancen dicha temperatura; esto producirá el calor suficiente para que la muestra se adhiera adecuadamente a los platos en el momento de presionarla para su ajuste en ellos; en caso que los platos se encuentren colocados en su sitio y a la temperatura aquí indicada, se procederá directamente con lo señalado en la siguiente Fracción.
- G.3.** Del reómetro previamente preparado como se indica en la Cláusula F. de este Manual, se retira el plato superior o inferior, según su caso. Sobre el plato inferior montado o fuera del reómetro, según el tipo de aparato, se vacía la muestra sobre su centro y en forma continua, cubriéndolo hasta 2 mm antes del perímetro del mismo. El vaciado se hace vertiendo la muestra desde aproximadamente 15 mm por encima del plato, pudiendo utilizar una jeringa o gotero. Se deja reposar el plato hasta que la muestra de prueba endurezca y se monta nuevamente el plato inferior o el superior en el reómetro.
- G.4.** Si como alternativa a lo señalado en la Fracción anterior, se prefiere utilizar el molde de silicón, se vacía en él la muestra para formar una pastilla con un espesor aproximado de 1,5 veces la distancia seleccionada entre los platos para la prueba, que puede ser de 1 mm si se utiliza un plato oscilatorio de 25 mm de diámetro, o de 2 mm si dicho plato es de 8 mm de diámetro. Se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente, se retira el plato superior o el inferior de la cámara ambiental, según sea el caso, se desmolda la muestra y se centra en dicho plato para montarlo nuevamente en el reómetro inmediatamente. En el caso de asfaltos suaves, para acelerar el enfriamiento de la muestra se puede introducir el molde en una cámara refrigerante el tiempo mínimo indispensable para facilitar el desmolde, que normalmente es menor de 5 min.

- G.5.** Una vez que la muestra se ha colocado en un plato como se indica en las Fracciones G.3. o G.4. de este Manual, se acercan entre sí los platos montados en el reómetro para presionar la muestra entre ellos, hasta que la distancia entre los platos sea 0,05 mm mayor que la distancia especificada para la prueba, que puede ser de 1 mm o 2 mm, como se indica en la Fracción anterior.
- G.6.** Se recorta cuidadosamente el exceso de la muestra que sobresale del perímetro del plato superior, utilizando una herramienta con filo y previamente calentada.
- G.7.** Una vez que se ha terminado de recortar la muestra, se reduce el espacio entre los platos los 0,05 mm, para alcanzar la distancia seleccionada para la prueba; esto causará un pequeño abultamiento de la muestra en su periferia.

H. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE PRUEBA

H.1. Cuando se opera en el modo de deformación controlada, la prueba se hace considerando lo siguiente:

H.1.1. Cuando la prueba se ejecuta para verificar los requisitos de calidad establecidos en la Norma N-CMT-4-05-002, *Calidad de Materiales Asfálticos Modificados*, la deformación angular unitaria inducida será de $10 \pm 2\%$. De preferencia se utilizará un reómetro que controle la deformación en forma automática, sin la necesidad de intervención del operador.

H.1.2. Si la prueba se realiza con un fin distinto al indicado en el Inciso anterior, la deformación se determina de acuerdo con el valor del módulo complejo esperado y se controla dentro del rango correspondiente al 20% del valor obtenido mediante la siguiente expresión:

$$\gamma = \frac{12}{(G^*)^{0,29}}$$

Donde:

γ = Deformación al cortante, (%)

G^* = Módulo complejo esperado, (kPa)

H.2. Cuando se opera en el modo de esfuerzo controlado, la prueba se hace considerando lo siguiente:

H.2.1. Cuando la prueba se ejecuta para verificar los requisitos de calidad establecidos en la Norma N-CMT-4-05-002, *Calidad de Materiales Asfálticos Modificados*, el esfuerzo cortante aplicado será de $0,22 \pm 0,04$ kPa. De preferencia se utilizará un reómetro que controle el nivel de esfuerzos en forma automática, sin la necesidad de intervención del operador.

H.2.2. Si la prueba se realiza con un fin distinto al indicado en el Inciso anterior, el nivel de esfuerzos cortantes por aplicar se determina de acuerdo con el valor del módulo complejo esperado y se controla dentro del rango correspondiente al 20% del valor calculado mediante la siguiente expresión:

$$\tau = 0,12(G^*)^{0,71}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante, (kPa)

G^* = Módulo complejo esperado, (kPa)

I. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

- I.1. Una vez que el equipo y la muestra han sido preparados como se indica en las Cláusulas F. y G. de este Manual, respectivamente, se calienta la muestra utilizando la cámara ambiental, hasta alcanzar la temperatura de prueba indicada en la Tabla 1 de la Norma N·CMT-4-05-002, *Calidad de Materiales Asfálticos Modificados*, $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Se fija el controlador de temperatura al nivel de prueba deseado, incluyendo, en su caso, los ajustes a que se refiere la Fracción E.1. de este Manual. La prueba se iniciará cuando se haya mantenido la temperatura de prueba en un rango de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ por al menos 10 min.
- I.2. Una vez alcanzada la temperatura de prueba como se indica en la Fracción anterior, se aplican a la muestra 10 ciclos de una deformación o esfuerzo cíclico de valor predeterminado, a una frecuencia de 10 rad/s. Hecho lo anterior, se aplican otros 10 ciclos en las mismas condiciones y se registran las lecturas correspondientes. Es importante que se inicie la segunda fase de la prueba lo más pronto posible después de terminada la primera. Cuando se efectúen pruebas a diferentes temperaturas con la misma muestra, éstas se harán de tal forma que el tiempo entre prueba y prueba sea mínimo, con objeto de evitar el endurecimiento de la muestra por efecto de las asociaciones moleculares, lo que puede provocar el incremento del valor del módulo complejo; el tiempo total de prueba no será mayor de 4 h.
- I.3. Con las lecturas registradas automáticamente, mediante el sistema de control y registro de datos del reómetro, al procesarlas el aparato obtiene el módulo complejo (G^*) y el ángulo fase (δ). Se pueden efectuar varias mediciones con la misma muestra para verificar que haya sido preparada adecuadamente, pero teniendo cuidado que no se desprege la muestra de los platos o se fracture, ya que esto provocaría que disminuya el valor del módulo complejo. Algunos cementos asfálticos muestran una disminución del módulo complejo al practicárseles pruebas múltiples. Es importante que si se efectúan pruebas utilizando más de una frecuencia, se inicie con la más baja hasta llegar a la más alta.

J. CÁLCULOS Y RESULTADOS

- J.1. Se calcula el módulo reológico de corte dinámico, dividiendo el módulo complejo entre el seno del ángulo fase ($G^*/\text{sen } \delta$), obtenidos de las lecturas proporcionadas por el sistema de control y registro de datos del reómetro.
- J.2. Se reporta como resultado de esta prueba, el valor del módulo reológico de corte dinámico en kPa y el ángulo fase (δ) en grados ($^{\circ}$), ambos con aproximación de un décimo.
- J.3. Tanto para cementos asfálticos sin modificar como modificados, el módulo complejo (G^*) y el ángulo fase (δ), decrecen con el aumento del esfuerzo cortante. Se puede obtener una gráfica como la que se muestra en la Figura 2 de este Manual, incrementando gradualmente el valor del esfuerzo o la amplitud de la deformación. Aunque no es necesario elaborar gráficas como esta durante la prueba, son de utilidad para obtener los límites de la región en que el cemento asfáltico muestra un comportamiento viscoelástico lineal, que se observa en los valores pequeños de deformación, donde el módulo complejo es relativamente independiente de la deformación por cortante, es decir, que el valor del módulo complejo varía entre el 95 y el 100% del valor correspondiente a una deformación “cero”. La extensión de esta región de comportamiento lineal varía con la magnitud del módulo complejo.
- J.4. El esfuerzo por cortante varía desde cero en el centro de los platos, hasta un valor máximo en su perímetro y es calculado a partir del esfuerzo de torsión, aplicado o medido, o de la deformación, aplicada o medida y de la geometría del espécimen de prueba.
- J.5. Además del resultado de la prueba, en el reporte se incluye:
 - J.5.1. El módulo complejo obtenido de las lecturas proporcionadas por el sistema de control y registro de datos del reómetro, en kPa, con aproximación de un milésimo.
 - J.5.2. El diámetro de los platos utilizados en mm con aproximación de un décimo y la separación entre platos con aproximación de un $1 \mu\text{m}$.

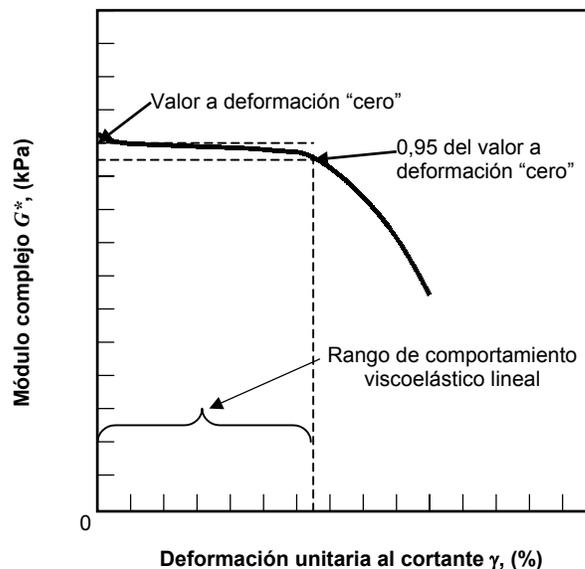


FIGURA 2.- Ejemplo de una gráfica para definir los límites del comportamiento viscoelástico lineal de un cemento asfáltico

- J.5.3.** La temperatura de prueba en °C con aproximación de un décimo.
- J.5.4.** La frecuencia de prueba en rad/s, con aproximación de un décimo.
- J.5.5.** La amplitud de la deformación unitaria en %, con aproximación de un centésimo, o el esfuerzo de torsión en mN·m con aproximación a la unidad.
- J.5.6.** La descripción completa del material probado incluyendo su código de identificación, tipo de recipiente de almacenaje y origen, entre otros.
- J.5.7.** La descripción general del equipo utilizado, especificando si es un reómetro de esfuerzo constante o de deformación constante e incluyendo modelo, tipo de cámara ambiental y demás información relevante para la descripción del aparato.
- J.5.8.** Los valores de deformación o de esfuerzo que se hayan utilizado, para determinar que la prueba se ha desarrollado dentro de la región lineal a que se refiere la Fracción J.3. de este Manual.
- J.5.9.** En caso que se observe que la prueba se ha realizado en el rango de comportamiento viscoelástico no lineal, se reportará el módulo complejo correspondiente a la deformación o al esfuerzo utilizados, indicando en el reporte que las condiciones de prueba estuvieron fuera de la región lineal.

K. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- K.1.** Realizar la prueba en un lugar cerrado, con ventilación indirecta, limpio y libre de corrientes de aire, de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación de las muestras de prueba.
- K.2.** Verificar que el equipo esté calibrado de acuerdo con las instrucciones del fabricante y considerando lo indicado en la Cláusula E. de este Manual.
- K.3.** Que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que al hacer la prueba la muestra no se mezcle con agentes extraños y se altere el resultado.

- K.4. Verificar que siempre se fluidifique totalmente la muestra antes de montarla entre los platos, ya que la estructura que se desarrolla durante su almacenaje puede provocar que se sobrestime su módulo complejo hasta en un 50%.
- K.5. Cuidar que el recorte de la muestra al montarla entre los platos se haga con la mayor exactitud posible, ya que una pequeña variación en el diámetro de la muestra puede alterar significativamente el resultado de la prueba.
- K.6. Cuidar que cuando se vayan a realizar pruebas a distintas temperaturas con la misma muestra, el tiempo total de prueba no sea mayor de 4 h, para que los valores obtenidos sean confiables.
- K.7. Cuidar que cuando se vayan a realizar mediciones múltiples a la misma muestra, no se despegue dicha muestra de los platos o se fracture, para que los valores obtenidos sean confiables.

L. BIBLIOGRAFÍA

- American Association for Testing and Materials (ASTM), Norma ASTM E 220, *Method for Calibration of Thermocouples by Comparison Techniques* (Método para la Calibración de Termocoples Mediante Técnicas de Comparación), EUA.

M. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS

NORMA	DESIGNACIÓN
Standard Test method for determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR). Provisional Standard	AASHTO-TP5-93

