

RESISTENCIA Y TENACIDAD DE MATERIALES BITUMINOSOS

INV E – 728 – 13

1 OBJETO

- 1.1** Este método de ensayo describe el procedimiento para medir la resistencia y la tenacidad de materiales bituminosos. El método se emplea, en particular, en la caracterización de asfaltos modificados con elastómeros, aunque es posible determinar la resistencia y tenacidad de cualquier tipo de asfalto, modificado o no.
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E-728-07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1** Una cabeza tensora de forma y dimensiones especificadas es halada de una muestra de asfalto, a una velocidad de 50 cm/min (20 pg./min). Se lleva un registro continuo de la curva fuerza contra elongación, el cual se usa para calcular la resistencia y la tenacidad de la muestra. El ensayo se realiza a una temperatura ambiente de $25 \pm 3^\circ \text{ C}$ ($77 \pm 5^\circ \text{ F}$), luego de haber sometido la muestra a un tratamiento térmico normalizado.
- 2.2** En este procedimiento, la resistencia se define como el trabajo total requerido para separar completamente la cabeza tensora de la muestra bajo las condiciones de ensayo especificadas. La tenacidad es una medida del incremento de fuerza cuando la muestra es estirada más allá del pico inicial, y puede indicar el tipo y la cantidad de polímero usado para modificar el asfalto. La tenacidad se define como el trabajo requerido para estirar el material luego de haber superado la resistencia inicial.

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1** El ensayo es útil para comprobar que un cemento asfáltico ha sido modificado con un material que le proporciona una componente elastomérica significativa. Los asfaltos modificados con elastómeros se pueden caracterizar por su capacidad de estirar considerablemente. La resistencia y la tenacidad son dos parámetros que permiten medir esta capacidad.

4 EQUIPO

- 4.1 Recipiente para la muestra** – El recipiente que contendrá la muestra deberá ser metálico, cilíndrico, de fondo plano, con un diámetro interno nominal de 55 mm (2 1/8") y una profundidad de 35 mm (1 3/8"). Pueden ser utilizados recipientes conocidos como cajas de estaño o cajas de ungüentos sin costuras, de 3 onzas de capacidad.
- 4.2 Cabeza tensora** – Consiste en una cabeza semiesférica, de metal pulido, con un radio de 11 mm (7/16"), unida integralmente a un vástago de 6.4 mm (1/4") de diámetro y de, aproximadamente, 33 mm (1 5/16") de longitud. El vástago, a su vez, deberá estar roscado y ajustado con un tornillo que permita el ajuste exacto de la altura de la cabeza tensora en el recipiente de la muestra. El vástago de la cabeza tensora deberá ser ajustado con un pequeño pasador, para evitar el giro de ella mientras se ajusta la altura. Las dimensiones de la cabeza tensora se muestran en la Figura 728 - 1.

Nota 1: El latón y el acero inoxidable son metales aceptables para la construcción de las cabezas tensoras. El aluminio se raya y el acero corriente se oxida y, por lo tanto, no se recomienda su empleo.

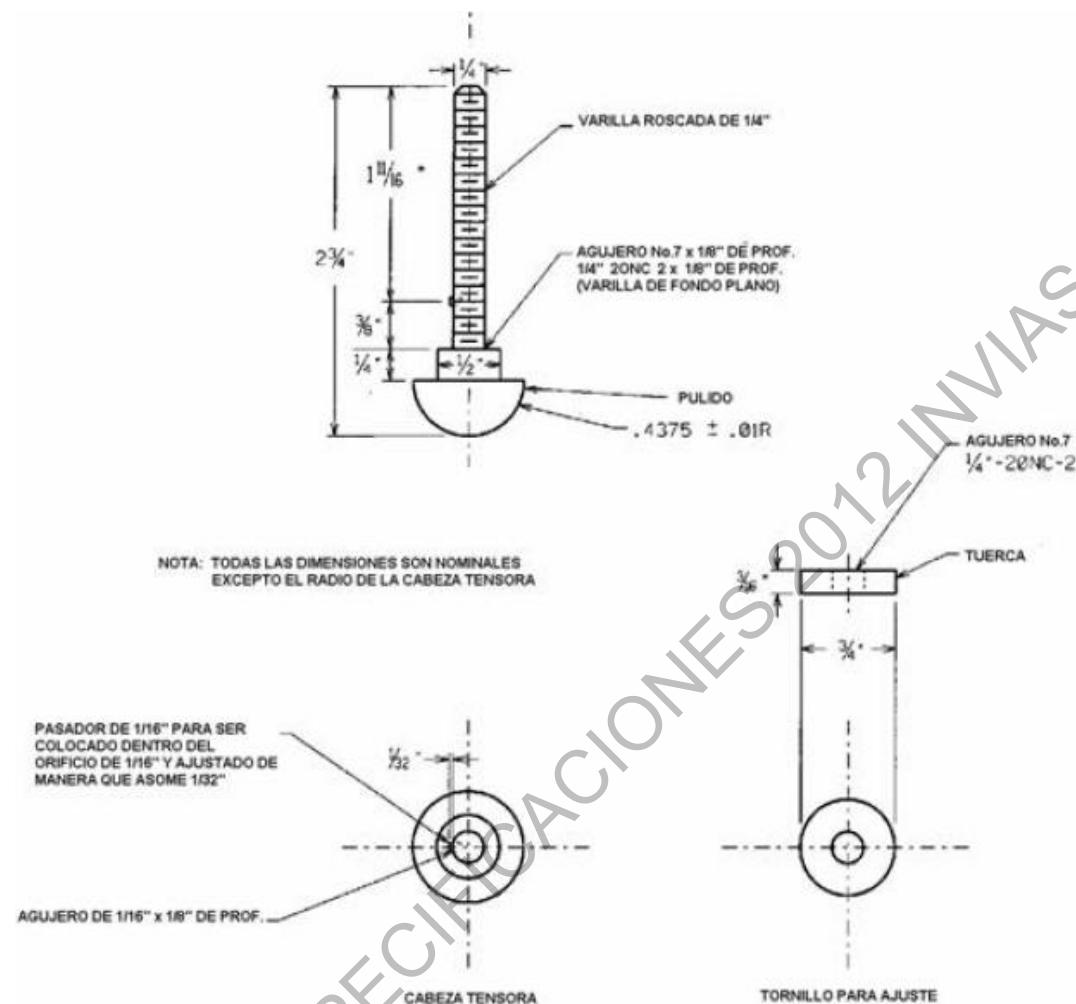


Figura 728 - 1. Cabeza tensora y tornillo para ajuste de altura

4.3 Pieza de sujeción con brazos radiales – El soporte de la cabeza tensora consiste en una sección central cilíndrica a través de la cual se puede mover libremente el vástago de la cabeza tensora, paralelamente al eje del cilindro. La pared interior del cilindro deberá estar ranurada para alojar el pasador montado en el vástago de la cabeza tensora. El cilindro de sujeción deberá tener adaptados tres (3) brazos igualmente espaciados a 120°, los cuales se extienden desde el centro, y deberán tener muescas que encajen con el borde del recipiente para centrar la pieza de sujeción y la cabeza tensora. La Figura 728 - 2 muestra detalles constructivos de la pieza de sujeción.

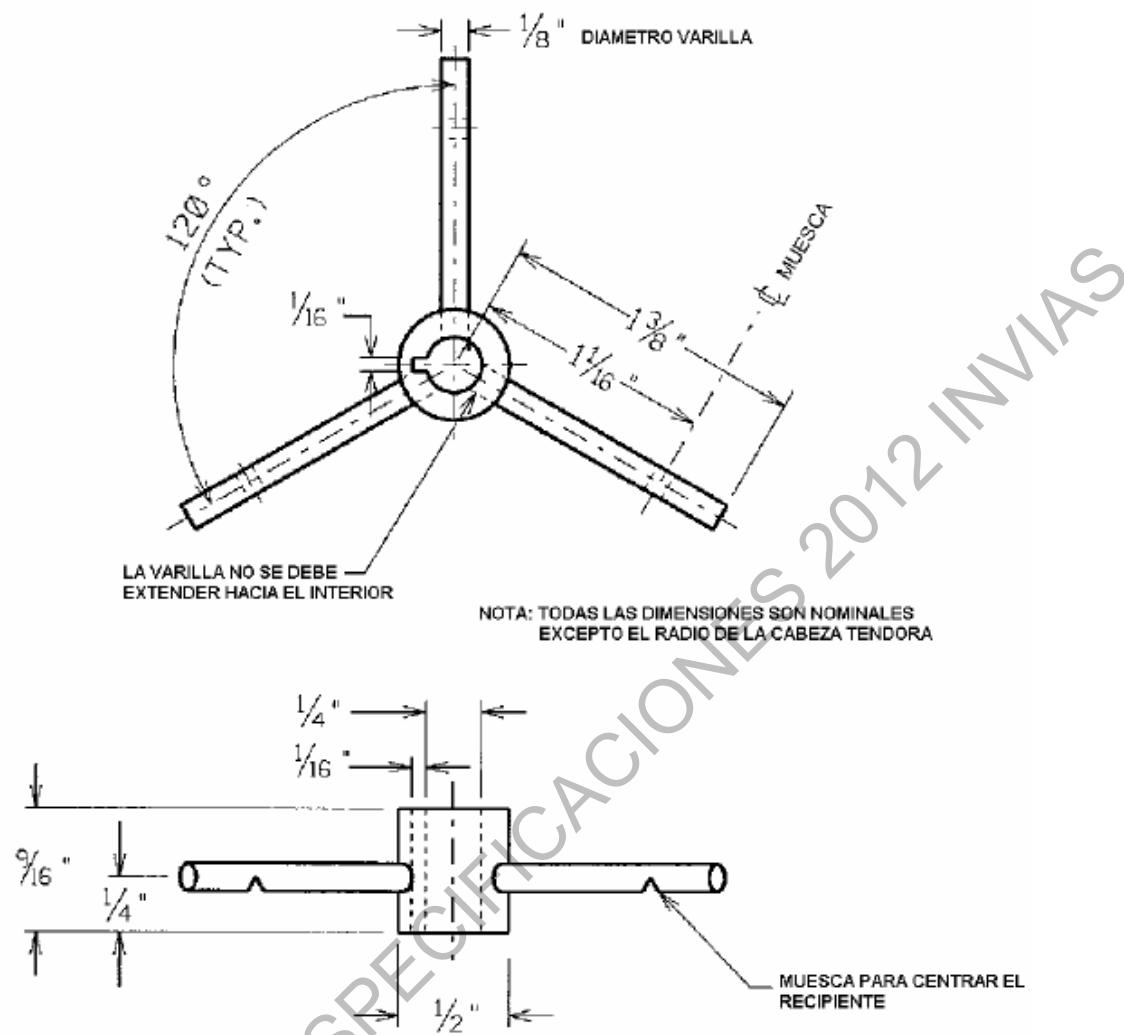


Figura 728 - 2. Ensamble de la pieza de sujeción

4.4 *Máquina de ensayo* – Se puede usar cualquier máquina de tensión que sea capaz de halar la cabeza tensora a una velocidad uniforme de 50 cm/min (20 pg./min) y de registrar la curva fuerza contra elongación. La precisión de la velocidad de estiramiento debe ser, cuando menos, $\pm 2\%$. La máxima capacidad de carga será, como mínimo, de 45 kgf (100 lbf). Si se van a ensayar asfaltos modificados con polímeros luego de ser sometidos a envejecimiento en el horno en lámina delgada o en el horno en película fina rotativa, se requieren mayores capacidades de carga. Se sugiere una capacidad máxima de 90 kgf (200 lbf).

4.4.1 La máquina deberá estar equipada con un dispositivo que permite sujetar firmemente el recipiente en su lugar, con la muestra, mientras la cabeza tensora es halada. Los detalles de este dispositivo varían

según la máquina de ensayo utilizada (Figura 728 - 3). La máquina deberá tener una longitud efectiva de estiramiento no menor de 61 cm (24"), luego de que se haya instalado el dispositivo sujetador.

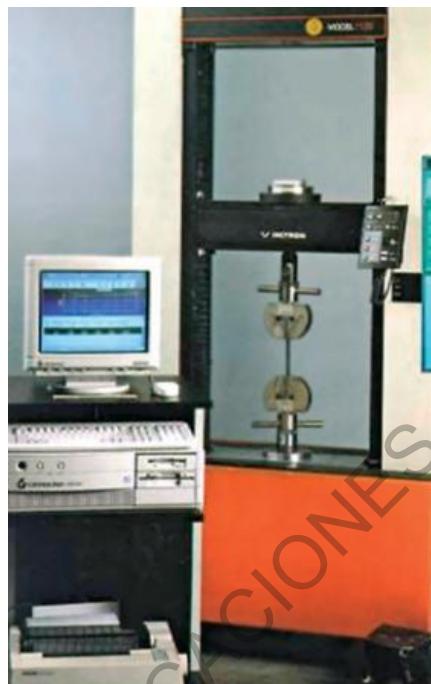


Figura 728 - 3. Equipo de ensayo

- 4.5 Baño de agua** – Se requiere un baño que se pueda mantener a una temperatura de $25 \pm 0.1^\circ \text{C}$ ($77 \pm 0.18^\circ \text{F}$). El baño deberá tener un estante perforado que esté sostenido a no menos de 50 mm (2") del fondo y a no menos de 100 mm (4") bajo el nivel del líquido.
- 4.6 Horno** – Para calentar las muestras se deberá emplear un horno de convección por gravedad, que permita mantener una temperatura de $163 \pm 5.5^\circ \text{C}$ ($325 \pm 10^\circ \text{F}$).
- 4.7 Termómetro** – Se necesita un termómetro calibrado con el rango que se indica a continuación, el cual deberá cumplir la especificación ASTM E-1:

RANGO DE TEMPERATURA	TERMÓMETRO ASTM No.
-8 a 32° C	63C
18 a 89 °F	63F

Nota 2: En aquellos casos en que las muestras se acondicionan en el baño del ensayo de penetración, el termómetro prescrito en la norma de ensayo INV E-706 deberá ser reemplazado por el recién mencionado.

5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- 5.1** Se lleva el asfalto a una temperatura a la cual presente suficiente fluidez para verterlo, tal como se indica en los párrafos siguientes.
- 5.1.1** Si la muestra está a temperatura ambiente, se coloca en un recipiente cubierto sin apretar, dentro del horno a 163° C (325° F) hasta que adquiera una temperatura uniforme y presente suficiente fluidez para permitir su vertimiento. Se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar sobrecalentamientos localizados de la muestra.
- 5.1.2** Si la muestra es el residuo de un ensayo de destilación de una emulsión asfáltica y aún está caliente, se agita el contenido del matraz e inmediatamente se vierte en recipientes, como se describe en los siguientes párrafos.
- 5.2** Se agita cuidadosamente la muestra hasta alcanzar la homogeneidad, teniendo la precaución de impedir la formación de burbujas de aire.
- 5.3** Se colocan 36 ± 0.5 g de asfalto en cada uno de tres recipientes para las muestras.

Nota 3: Si aparecen burbujas de aire en la superficie de la muestra, ellas se pueden remover rozándolas durante unos segundos con la llama suave de un encendedor de butano

- 5.4** En seguida, se coloca en cada recipiente una cabeza tensora montada en su pieza de sujeción. Se baja por medio del tornillo, hasta un punto en que el nivel del asfalto quede aproximadamente 1 mm por debajo de la superficie plana de la semiesfera.

Nota 4: Es importante limpiar las cabezas tensoras antes de reutilizarlas, para asegurar la correcta adhesión de las muestras a ellas. Después de cada ensayo se recomienda un enjuague con un solvente apropiado.

- 5.5** Se colocan los recipientes con las muestras, las cabezas tensoras y las piezas de sujeción en su lugar, en el horno a 163° C (325° F) durante 15 minutos.
- 5.6** Se sacan los recipientes del horno, se hunden las cabezas tensoras hasta que el nivel del asfalto quede a ras con la superficie plana de la semiesfera y se

permite el enfriamiento de las muestras a temperatura ambiente por 75 ± 5 minutos.

- 5.7 Se colocan los recipientes con las muestras en un baño de agua a 25°C (77°F) por 75 ± 5 minutos. Durante este lapso, se deberá preparar la máquina de ensayo.

6 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Se prepara la máquina de ensayo para operar con una rata de tracción de 50 cm/min (20 pg./min). Se pone en cero la pluma graficadora y se efectúa todo alistamiento adicional que se requiera.
- 6.2 Se retira el recipiente del baño de agua y se lo coloca de inmediato en la máquina de ensayo. Puede ser necesario remover la pieza de sujeción antes de colocar la muestra en la máquina. La temperatura ambiente en el momento de la prueba deberá ser $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($77 \pm 5^{\circ}\text{F}$).
- 6.3 Se somete a tracción la cabeza tensora de la muestra a una velocidad de 50 cm/min (20 pg./min) y se dibuja la curva que relacione fuerza con elongación. Se continúa la tracción hasta que la columna de asfalto se rompa, la fuerza retorne a cero, o se alcance el límite de estiramiento de la máquina.

Nota 5: El tiempo transcurrido entre la remoción de las muestras del baño de agua y el comienzo de la tracción en la máquina, no debe exceder de 3 minutos. Conviene dejar llena de agua la parte superior del recipiente con la muestra cuando ésta se retire del baño. Esto ayuda a mantener la temperatura apropiada, previniendo el enfriamiento de la superficie.

7 CÁLCULOS

- 7.1 *Resistencia* – Se define como el trabajo requerido para separar la cabeza tensora de la muestra bajo las condiciones del ensayo. Corresponde al área total (en N·m o lb·pg.) bajo la curva fuerza–elongación.
- 7.2 *Tenacidad* – Es el trabajo requerido para estirar la muestra luego de superar la resistencia inicial. Se determina trazando una tangente a la curva fuerza–elongación a medida que la fuerza decrece de su máximo valor, hasta que la tangente corte el eje de las abscisas. El área bajo la curva a la derecha de la tangente es la tenacidad de la muestra.

- 7.3** En la Figura 728 - 4 se muestra una curva típica fuerza–elongación para un asfalto modificado con elástomeros. También son comunes otras formas de curva. La figura se incluye, básicamente, para ilustrar la manera como se traza la tangente para el cálculo de la tenacidad.
- 7.4** Existen muchos procedimientos para hallar el área bajo la curva. Muchas máquinas tensoras efectúan el cálculo automáticamente, otras se pueden conectar a un sistema de toma de datos que incluya un computador capaz de calcular el área bajo la curva. Entre los métodos manuales está el uso del planímetro, el conteo de cuadros en papel milimetrado, y el recorte y pesaje de las áreas apropiadas de la gráfica de papel.

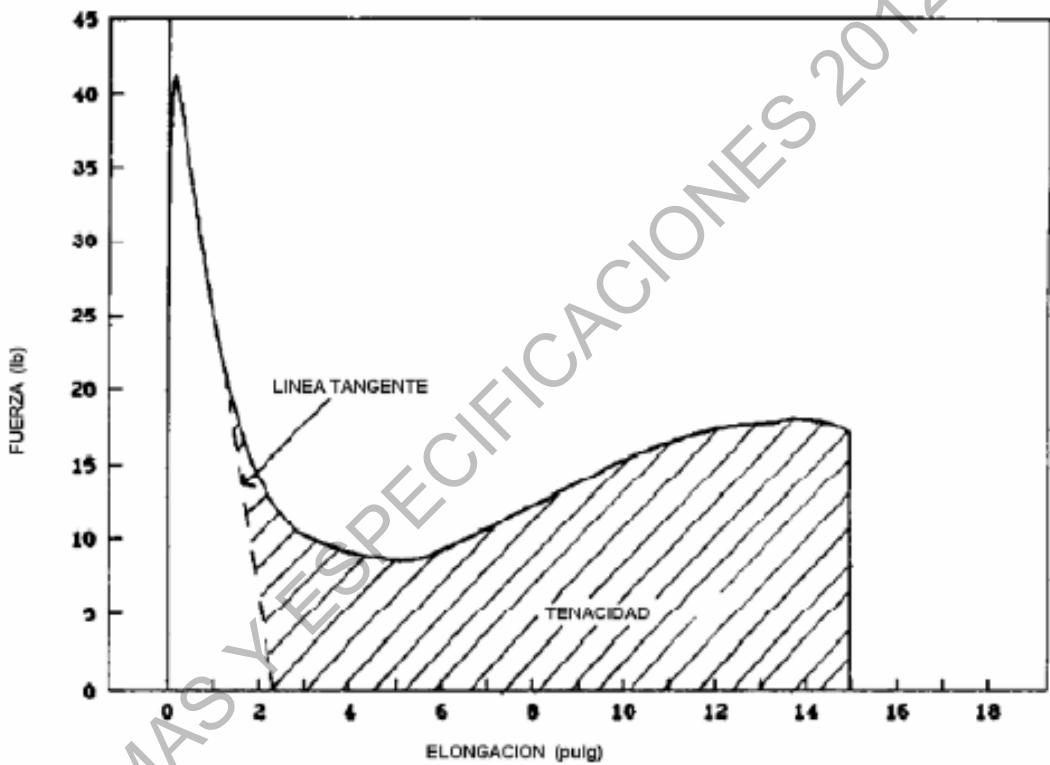


Figura 728 - 4. Curva típica de resistencia y tenacidad para un asfalto modificado con elastómero

8 INFORME

- 8.1** Cada muestra debe ser ensayada por triplicado. Los valores de tenacidad y resistencia (en N·m o lb·pg.) corresponderán al promedio de los resultados de los tres (3) ensayos. Si una de las muestras se rompe prematuramente respecto de las otras dos, o si una falla por falta de adhesión entre el asfalto y la cabeza tensora mientras las otras dos fallan por rotura de la columna de

asfalto, el resultado inusual se invalidará y el promedio de los otros dos (2) se reportará como resultado de la prueba.

9 PRECISIÓN Y SESGO

- 9.1** *Precisión* – Las siguientes declaraciones se basan en un estudio de medición de la resistencia y la tenacidad de asfaltos modificados con polímeros. Los límites dados no aplican para asfaltos convencionales.
- 9.1.1** El coeficiente de variación para un solo operador fue 6.8 % para medidas de resistencia y 7.3 % para medidas de tenacidad. Por lo tanto, los resultados de dos pruebas conducidas correctamente por el mismo operador sobre la misma muestra y utilizando el mismo equipo, no deben diferir el uno del otro en más del 20 % de su promedio.
- 9.1.2** Se encontró que el coeficiente de variación multilaboratorio fue 11.3 % para medidas de resistencia y 11.5 % para medidas de tenacidad. Por lo tanto, los resultados de dos pruebas conducidas correctamente en dos laboratorios diferentes, sobre muestras del mismo material, no deben diferir el uno del otro en más del 32 % de su promedio.
- 9.2** *Sesgo* – El procedimiento descrito en esta norma de ensayo para la determinación de la resistencia y la tenacidad en materiales bituminosos no tiene sesgo, puesto que los valores de estos parámetros están definidos únicamente en términos de este método de ensayo.

10 NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 5801 – 95 (Reaprobada 2006)