

Propiedades mecánicas en tracción de los ligantes bituminosos

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para estudiar y determinar las propiedades mecánicas en tracción de los ligantes bituminosos.

1.2 El método de ensayo consiste en someter una probeta tipo de la muestra del ligante a un esfuerzo de tracción, a velocidad y temperatura especificada, hasta rotura.

1.3 El procedimiento que se refiere en este norma de ensayo tiene aplicación peculiar al estudio de las características elasto-plásticas de los ligantes modificados empleados en la fabricación de mezclas bituminosas para construcción de carreteras, en especial aquellas referentes a la tensión de rotura del material a baja temperatura, por causa de la contracción térmica, o a la resistencia a la fatiga de tales ligantes antes y después de procesos de envejecimiento en laboratorio (acelerados) o naturales (pavimento).

2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 Máquina de ensayo de tracción. La máquina de ensayo estará diseñada y equipada con los elementos y mecanismos adecuados para la realización del ensayo en las condiciones que se especifiquen. La velocidad de desplazamiento de las mordazas podrá regularse de 0,5 a 500 mm/min con una precisión igual o mejor que el 1 %. El sistema de carga, con posibilidad de hasta 5 kN, podrá determinar y registrar de forma continua las tensiones aplicadas con una exactitud de al menos $\pm 0,5\%$ ó $\pm 1,0\%$ en los rangos de lectura del 10 al 100 % ó del 2 al 10 %, respectivamente, de la capacidad de la célula de carga.

El dispositivo indicador de la deformación o alargamiento de la probeta estará libre de inercia y podrá medir tales parámetros con una precisión de al menos 0,02 mm (Nota 1).

Nota 1. La precisión de la medida del alargamiento por tensión depende de la longitud del elemento extensométrico y del rango de alar-

gamiento implicados en el ensayo. En un ligante bituminoso la deformación hasta rotura a **baja temperatura** puede acercarse a valores del orden del 0,01 %, lo que obliga a procedimientos de medida de tales deformaciones con técnicas de no-contacto, y no a través de medidas mecanizadas del desplazamiento de los elementos tractores de sistema. Una de las técnicas no-contacto, recomendada por el SHRP (Strategic Highway Research Program), es la de luz láser, visible 670 nm, de manera que el receptor analiza los planos de luz que atraviesan dos ranuras, perpendiculares a tales planos, practicadas una en cada una de las mordazas de tracción; los cuatro bordes del haz de láser, que originan las dos ranuras, se desplazan en función del movimiento de las mordazas y el receptor analiza este desplazamiento de forma continua. Así tanto la longitud del dispositivo como su desplazamiento (que corresponde exactamente a la elongación de la probeta) se determinan con medidas láser con precisión de $\pm 1\mu\text{m}$.

2.2 Recinto termostático, que pueda contener la probeta y los elementos de tracción durante la ejecución del ensayo a la temperatura que se estipule, con precisión de $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$, con un rango de temperaturas entre $-40\text{ }^\circ\text{C}$ y ambiente.

2.3 Micrómetro o calibrador, para la medida geométrica de las probetas con precisión de 0,02 mm o mejor.

2.4 Moldes, de la forma y dimensiones que se muestran en la Figura 1, u otras según especificación al respecto, de bronce, para fabricar las probetas por modelo.

2.5 Troqueles, para la obtención de las probetas a partir de planchas del material para ensayo. Se ajustarán a la forma y dimensiones que se especifiquen para las correspondientes probetas (Figs. 2 y 3).

2.6 Mordazas. Las mordazas para sujetar y estirar la probeta de ensayo estarán constituidas por dos piezas, una estática y otra móvil, unidas respectivamente a los dispositivos fijo y móvil del sistema de tracción de la máquina de ensayo. Estarán diseñadas de forma que todos los elementos del conjunto probeta-mordazas, una vez montados para el ensayo, queden alineados y centrados respecto al plano generado en el desplazamiento de los elementos de tracción, que a su vez será vertical. Las mordazas no causarán deformaciones en la probeta ni se producirán deslizamientos entre ambas durante el ensayo.

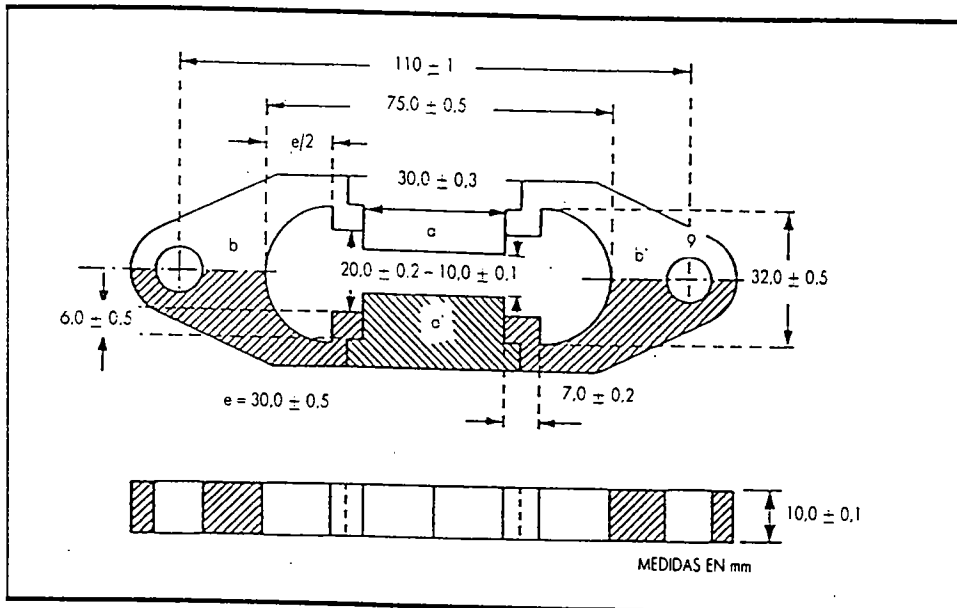


FIGURA 1. Molde para probeta ensayo tracción-alargamiento.

3 FABRICACION Y OBTENCION DE PROBETAS PARA EL ENSAYO

3.1 Las probetas para ensayo se fabrican u obtienen, según la especificación aplicable, de alguna de las siguientes formas:

3.1.1 **Probetas moldeadas.** Se calienta la muestra del material bituminoso a la temperatura adecuada para permitir el vertido del mismo, de forma homogénea, en el molde que se especifique (Nota 2). Previamente al vertido se calienta el molde a una temperatura análoga a la de la muestra; se transfiere el material bituminoso en cantidad bastante para

que llene el molde completamente con un ligero exceso, para que, una vez frío, quede parte sobrante del material algo por encima del borde de llenado.

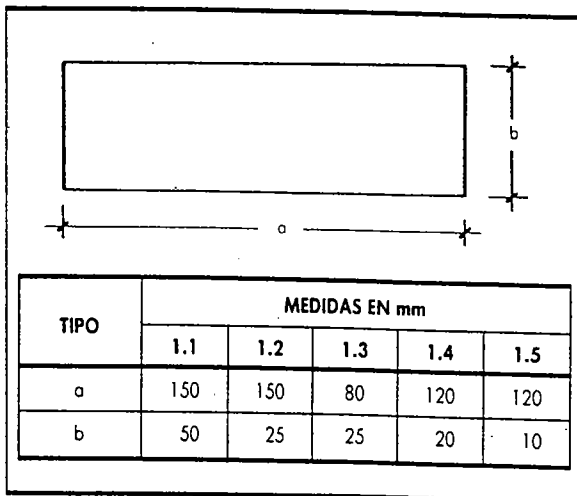


FIGURA 2. Probetas rectangulares.

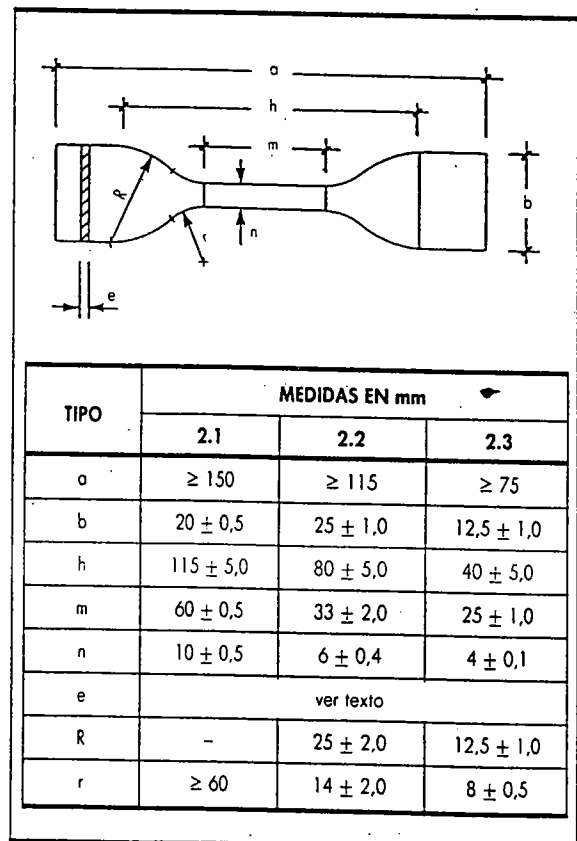


FIGURA 3. Probetas tipo halterio.

Se deja enfriar el conjunto molde-muestra a temperatura ambiente, protegiéndolo de contaminaciones o manipulaciones inadecuadas. Una vez frío se enrasa cuidadosamente la muestra eliminando el material sobrante, con ayuda de una espátula caliente, para obtener una superficie de la muestra lisa coplanaria con la de enrase del molde (Nota 3).

Nota 2. Un tipo de molde que puede utilizarse para ensayos realizados a temperaturas medioambientales es el descrito en la norma NLT-126 «Ductilidad de los materiales bituminosos», con ligeras modificaciones que afectan al paralelepípedo de estiramiento de la probeta, que para el ensayo de tracción debe, preferentemente, ser de sección ortogonal 10 mm x 10 mm ($\pm 0,1$ mm) en todo el volumen del mismo afectado por el estiramiento.

Nota 3. En la norma NLT-126 «Ductilidad de los materiales bituminosos» y en su apartado 3.1 se describe detalladamente la preparación previa, llenado y enrase del material bituminoso en los moldes de ductilidad, que puede servir de pauta para tales acciones en la presente norma.

3.1.2 Probetas troqueladas. Se utiliza el troquel que se especifique en las prescripciones técnicas aplicables, con el que se cortan y obtienen las probetas para ensayo a partir de la plancha o lámina del material para ensayar. El espesor de esta plancha, y por tanto el de las probetas de ella troqueladas, será uniforme y comprendido entre $1,5$ a $6,0 \pm 0,1$ mm. La forma de las probetas será o rectangular o halterio; sus medidas corresponderán a uno de los tipos que se muestran en las Figuras 2 y 3, y, en todo caso, de acuerdo con las especificaciones pertinentes.

3.2 Se preparan u obtienen al menos cinco (5) probetas, para cada muestra de material.

3.3 Las probetas para ensayo se mantienen, antes de efectuar el mismo, un mínimo de 48 horas en cámara regulada a 23 ± 2 °C de temperatura y 50 ± 5 % de humedad relativa.

4 PROCEDIMIENTO

4.1 Se determinan las dimensiones de las probetas con precisión igual o mejor de $\pm 0,02$ mm, utilizando el calibrador adecuado.

4.2 Se sitúa y sujeta la probeta entre las mordazas (Nota 4) de forma que un mismo plano vertical contenga, centrada y alineadamente, los planos de simetría verticales de ambas mordazas y de la probeta para ensayar. La sujeción entre las mordazas y las probetas será firme, no permitiendo deslizamientos entre una y otras, ni producirá alteraciones geométricas en la superficie de la probeta.

Nota 4. Si las probetas se han moldeado en moldes como los descritos en el apartado 2.4 y representado en la Figura 1, éste, juntamente con

la probeta enmoldada, se situará en la máquina quitando previamente las piezas laterales.

4.3 Se efectúan las acciones pertinentes para llevar el conjunto de los elementos de ensayo a las condiciones especificadas del mismo, tales como temperatura, tiempo, velocidad, carga de tracción, etcétera.

4.4 Una vez conseguidas y establecidas las condiciones anteriormente referidas, se procede a realizar el ensayo poniendo en marcha los sistemas de tracción y de registro de esfuerzos y alargamientos correspondientes. Se continúa la tracción hasta rotura de la probeta y se da por finalizado el ensayo.

4.5 Cuando se mida visualmente el alargamiento de las probetas, se efectúan con anterioridad las marcas de referencia sobre la misma probeta, utilizando un marcador de cuchillas romas, templadas y rectilíneas de 0,05 a 0,10 mm de ancho y biseladas en ángulo máximo de 15 grados sexagesimales. Estas marcas se realizan en áreas próximas de sujeción de cada mordaza, pero dentro de la superficie rectangular de alargamiento en la probeta.

5 RESULTADOS

5.1 Los resultados obtenidos con probetas del mismo material pero con diferente geometría y tamaño no son comparables.

5.2 En la Figura 4 se muestra una gráfica ideal, esfuerzo de tracción-alargamiento para un ligante bituminoso de penetración ensayado a varias temperaturas. De esta curva tensión en tracción-deformación en alargamiento, se puede determinar la tensión o la carga de rotura, así como el correspondiente alargamiento. La energía de rotura se representa y cuantifica por el área generada debajo de la curva de ensayo. La rotura queda pues definida por el punto de la curva en el que la tracción (carga) alcanza el valor máximo.

5.3 El esfuerzo o resistencia a tracción en cualquier punto de la curva y/o el esfuerzo máximo en la rotura (Nota 5), se calcula a partir del área de la sección recta inicial de la probeta, con la fórmula

$$\sigma = \frac{S}{A}$$

en donde:

σ = esfuerzo de tracción en el punto considerado de la curva, MPa

S = fuerza o carga en el punto considerado, N

A = área inicial de la sección recta de la probeta, mm²

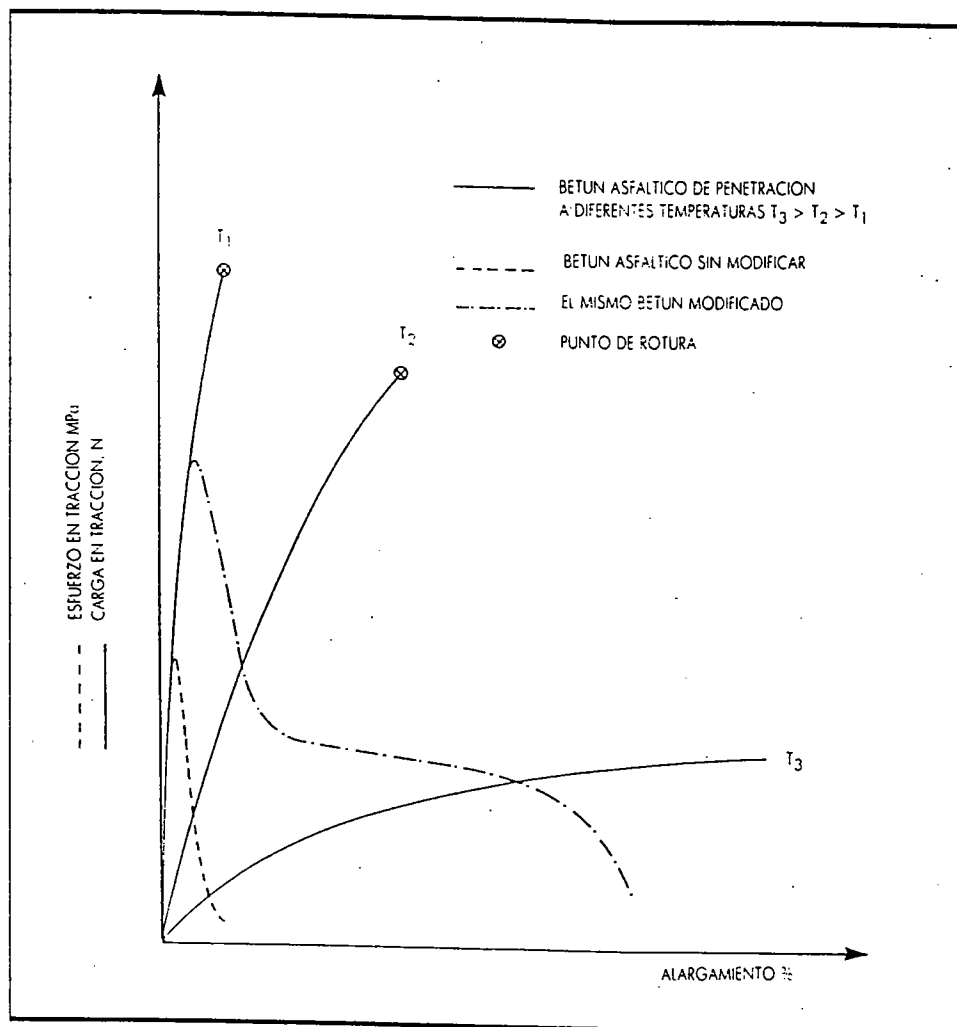


FIGURA 4. Curvas típicas carga-alargamiento para betunes asfálticos de penetración a distinta temperatura y comportamiento en el ensayo de un betún modificado (polimero) con respecto al mismo betún sin modificar (puro).

5.4 El alargamiento producido en cualquier punto de la curva o el alargamiento en el punto de rotura se obtiene, expresado en porcentaje de la longitud inicial de referencia en la probeta, con la ecuación:

$$L = \frac{L_i - L_0}{L_0} \cdot 100$$

en donde:

L = alargamiento, %

L_0 = longitud inicial entre las marcas de referencia en la probeta, mm

L_i = longitud final entre las marcas de referencia en la probeta, en el punto considerado

Nota 5. Si durante el ensayo se produce una reducción considerable de la sección transversal inicial de la probeta, la fuerza aplicada puede decaer, hasta un cierto valor, después de haber alcanzado un máximo; en este caso no coinciden la fuerza máxima y la de rotura.

5.5 El módulo de elasticidad se puede determinar si la curva esfuerzo-alargamiento presenta un tramo recto ascendente, que representa un comportamiento «elástico» del material en ese tramo. Se determina tal módulo como pendiente de la recta entre los puntos de carga considerados, con la siguiente expresión:

$$E = \frac{\sigma_i - \sigma_j}{(L_i - L_j) / L_0}$$

en donde:

E = módulo de elasticidad, entre los puntos considerados (i, j), MPa

σ_i, σ_j = esfuerzos de carga en tracción en los puntos considerados (i, j), MPa

$L_i - L_j$ = diferencia de alargamiento entre los puntos considerados (i, j), mm

L_0 = longitud inicial, mm

5.6 Los valores de esfuerzo de tracción y del módulo se expresarán con tres cifras significativas y los porcentajes de alargamiento o deformación con dos de estas cifras.

5.7 Se calcula la media de los resultados obtenidos con las cinco probetas por cada muestra ensayada.

6 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

MELC 13.01 «Características de tracción de materiales bituminosos, plásticos y elastoméricos».

UNE 53.023.86 «Plásticos. Determinación de las características en tracción».

7 NORMAS PARA CONSULTA

Strategic Highway Research Program (SHRP, National Research Council) Project A-002, «Binder Characterization and Evaluation», Volume 3, Final Report, August 1992, in Press.

ASTM D412-87 «Standard Test Method for Rubber properties in Tension».

ASTM D638-91 «Standard Test Method for Tensile properties of Plastics».

NLT-126/84 «Ductilidad de los materiales bituminosos».
