

# RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA PISTA DE ENSAYO DE LABORATORIO

## INV E – 756 – 13

### 1 OBJETO

---

- 1.1 Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la resistencia a la deformación plástica de una mezcla asfáltica, trátase de mezclas preparadas en el laboratorio o de testigos procedentes de pavimentos.
- 1.2 Esta norma reemplaza la norma INV E-756-07.

### 2 RESUMEN DEL MÉTODO

---

- 2.1 El ensayo de pista de laboratorio consiste en someter una probeta prismática de mezcla asfáltica (nota 1), al paso alternativo de una rueda, en condiciones determinadas de presión y temperatura, midiéndose periódicamente la profundidad de la deformación producida. Las probetas, de 30 × 30 × 5 cm, se compactan por vibración. El ensayo se realiza a una temperatura constante de 60° C, haciendo pasar una rueda metálica, de 20 cm de diámetro, dotada de una banda de rodadura de caucho macizo de 5 cm de ancho y 2 cm de espesor, que ejerce una presión de contacto sobre la superficie de la probeta de 900 kN/m<sup>2</sup>. La frecuencia del movimiento de vaivén es de 42 pasadas por minuto, con un recorrido en cada sentido de 23 cm. Durante el ensayo, se determinan las deformaciones totales de la probeta en los minutos 1, 3 y 5 y a continuación cada 5 minutos hasta completar los primeros 45 minutos y cada 15 minutos hasta finalizar los 120 minutos de duración del ensayo.

*Nota 1: Los moldes y las probetas que se detallan en esta norma son de forma prismática, aunque el procedimiento general del ensayo se puede aplicar a probetas de otras formas, siempre que se satisfagan convenientemente algunos requisitos como el tamaño mínimo, la fijación, etc.*

### 3 IMPORTANCIA Y USO

---

- 3.1 Los tipos más frecuentes de falla de un pavimento asfáltico, asociados a la aplicación repetida de las cargas del tránsito, son el agrietamiento de las capas

asfálticas y la acumulación de deformaciones permanentes en todas las capas del pavimento y la subrasante. Estas deformaciones permanentes se van traduciendo en ahuellamientos que afectan la comodidad y la seguridad de los usuarios de la vía.

- 3.2** Mediante este ensayo de pista de laboratorio se evalúa la resistencia a la deformación permanente de las mezclas asfálticas para pavimentación.
- 3.3** El procedimiento es aplicable, principalmente, a las mezclas asfálticas producidas en caliente y destinadas a trabajar en condiciones severas de tránsito y clima; aunque, variando las condiciones del ensayo también puede ser de utilidad en otros tipos de mezclas.

#### 4 EQUIPO

- 4.1** *Conjunto de compactación* – Está conformado por el molde, el collar y los cuatro angulares de acero, con la forma y dimensiones que se muestran en las Figuras 756 - 1 y 756 - 2.

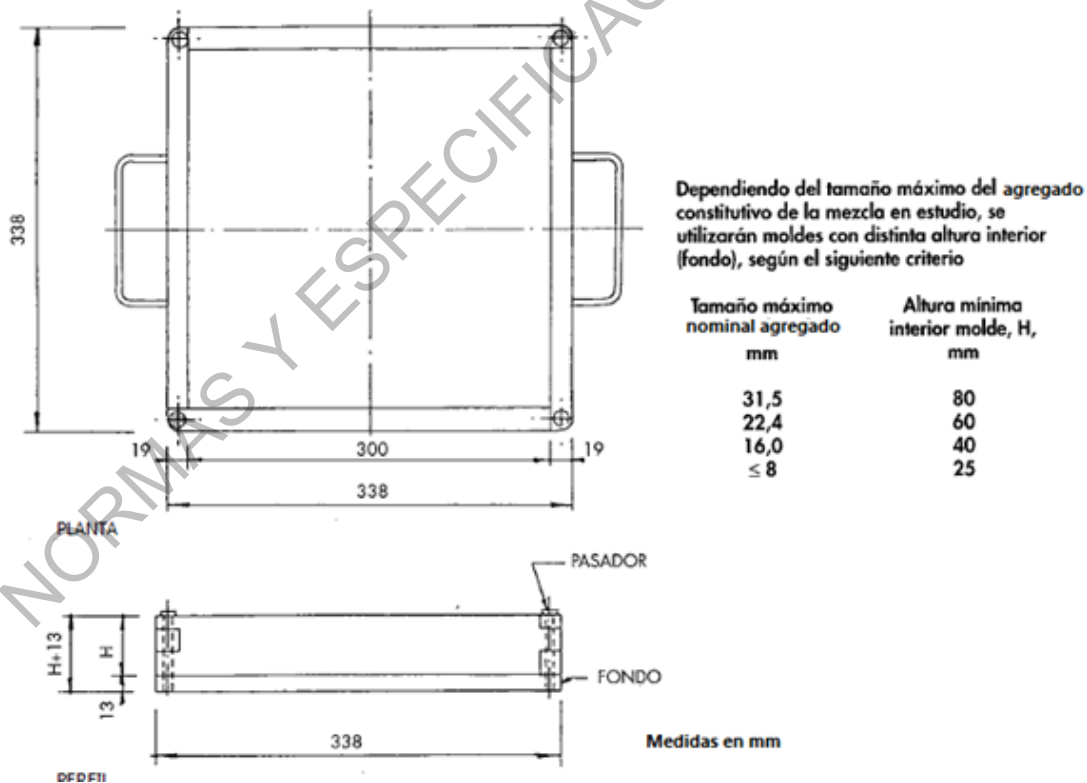


Figura 756 - 1. Molde

- 4.2** *Base de compactación* – Está conformada por una pieza prismática de concreto hidráulico de  $60 \times 60 \times 20$  cm como mínimo, apoyada en una de sus caras mayores sobre un dispositivo de anclaje con amortiguación (Ver Figura 756 - 3).
- 4.3** *Elemento compactador* – La compactación de la mezcla dentro de los moldes se realiza mediante una placa de acero sobre la cual van montados dos vibradores iguales, cuyas excéntricas de 9.5 kg de masa y girando a una velocidad de 314 rad/s (3000 rpm), puedan proporcionar en cada uno una fuerza centrífuga de 3 kN (300 kgf). Ambos vibradores deben estar dispuestos de modo que sus excéntricas giren hacia el centro de la placa. Su forma y dimensiones se indican en la Figura 756 - 4.
- 4.4** *Elementos de extensión y enrase* – Con el fin de lograr una distribución uniforme y homogénea de la mezcla en el molde, así como el correcto enrase de ésta, se deberá disponer de los elementos adecuados con la forma y dimensiones que se detallan en la Figura 756 - 5.
- 4.5** *Máquina de ensayo* – La máquina para el ensayo en pista de laboratorio, cuya forma y dimensiones se muestran en la Figura 756 - 6, consiste en un carretón móvil de forma rectangular, soportado en cuatro puntos por un sistema de ruedas metálicas provistas de cojinetes de bolas, que se pueden deslizar sobre unos perfiles de apoyo en forma de L. El carretón va unido, mediante una excéntrica, a un motorreductor que produce, al hallarse en funcionamiento, un movimiento alternativo horizontal de vaivén. Por encima del carretón está situada la rueda de ensayo, montada en un brazo formado por una pareja de perfiles en L, brazo que en uno de sus extremos va unido mediante un cojinete horizontal a un soporte rígido de la máquina y con su otro extremo libre y provisto de un dispositivo para colocar las pesas que producen las diferentes cargas sobre la rueda. El carretón móvil debe disponer de los elementos necesarios para sujetar la probeta de ensayo, llevando igualmente en uno de sus lados una superficie de medida que permita, mediante un micrómetro de esfera solidario con la rueda de ensayo, u otro sistema de medida transductor de desplazamiento, tomar las lecturas de las deformaciones verticales que se produzcan en la probeta durante el ensayo. El micrómetro deberá tener un recorrido mínimo de 20 mm y con graduaciones cada 0.1 mm. Además, deberá estar provisto del dispositivo de frenado del desplazamiento máximo del vástago. La rueda de ensayo será metálica y estará dotada de una banda de rodadura de caucho macizo de 5 cm de ancho y 2 cm de espesor, con una dureza de 80 en la escala Dunlop. El mecanismo de arrastre del carretón móvil deberá estar diseñado para permitir una frecuencia del movimiento de vaivén de  $42 \pm 1$  pasadas por minuto y un recorrido en cada sentido de  $23 \pm 0.5$  cm.

- 4.6** *Cámara con temperatura controlada* – Para lograr que la temperatura sea constante durante el ensayo, se deberá disponer de una cámara que permita alojar la máquina y mantener la temperatura durante todo el ensayo con una variación máxima de  $\pm 1^\circ \text{C}$ . Un modelo apropiado puede ser el fabricado con perfiles metálicos y paneles aislantes, con la forma y dimensiones señaladas en la Figura 756 - 7. En uno de sus frentes llevará una ventana abatible transparente para permitir la lectura del micrómetro y de la temperatura durante el ensayo (Figura 756 - 8). En uno de sus lados estará situada la puerta de acceso de la máquina, para la colocación y el retiro de la probeta. En el interior, irá colocado el elemento de calefacción con termostato regulable desde el exterior y dos ventiladores, uno situado detrás de dicho elemento y el otro en posición lateral, con su eje perpendicular al del primero para una mejor homogeneización de la temperatura en el interior de la cámara.
- 4.7** *Horno* – Para el calentamiento de los agregados, del material asfáltico y los moldes, se deberá disponer de uno o más hornos provistos de termostato y que puedan mantener las temperaturas especificadas, con una variación máxima de  $\pm 3^\circ \text{C}$ .
- 4.8** *Mezcladora* – Es recomendable que la operación de mezclado de los materiales se realice en una mezcladora mecánica, pudiendo emplearse cualquier tipo, siempre que tenga la capacidad suficiente y permita mantener la temperatura de la mezcla dentro de los rangos exigidos. Deberá ser capaz, además, de producir una mezcla uniformemente cubierta y homogénea en el tiempo prescrito, sin producir alteraciones en la granulometría y permitiendo el vertimiento de la mezcla producida. Si el mezclado se realiza manualmente, se deberá emplear un recipiente de tamaño adecuado, tomando las precauciones necesarias para evitar los sobrecalentamientos locales.
- 4.9** *Termómetros* – Para las medidas de las temperaturas de los agregados, el asfalto y las mezclas asfálticas, se recomienda el empleo de termómetros con escala de 0 a  $200^\circ \text{C}$  y sensibilidad mínima de  $3^\circ \text{C}$ .
- 4.10** *Balanzas* – Para pesar los agregados se deberán emplear balanzas con capacidad suficiente y una sensibilidad mínima de 5 g. Para pesar el llenante mineral y el asfalto, se requiere una balanza con sensibilidad igual o menor de 1 g.
- 4.11** *Elementos misceláneos* – Bandejas, tazas, espátulas, pinzas, guantes, etc.

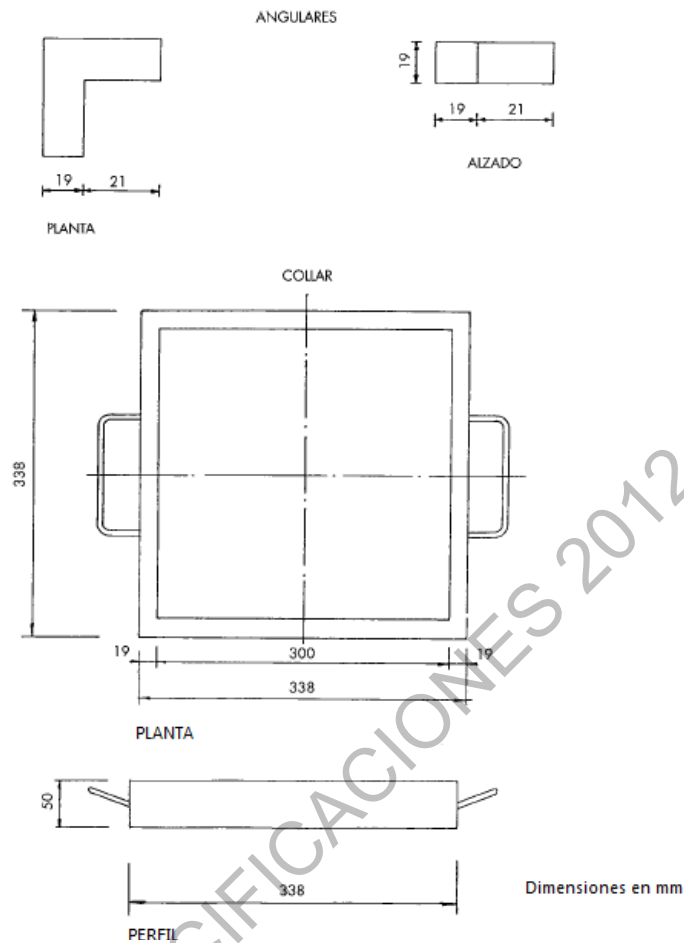


Figura 756 - 2. Ángulos y collar

## 5 PROCEDIMIENTO

### 5.1 Fabricación de las probetas

**5.1.1 Número de probetas** – Para cada ensayo se deberá elaborar un mínimo de 3 probetas por cada variable (contenido de asfalto, temperatura, presión de contacto, etc.), que se desee estudiar.

**5.1.2 Masa de las probetas** – La cantidad de mezcla necesaria para cada probeta se deberá calcular a partir de los valores correspondientes al volumen del molde y de la densidad Marshall de la mezcla, para cuya aplicación se seguirán los siguientes criterios:

**5.1.2.1** En mezclas densas y semidensas, se tomará para la densidad de la probeta el 97 %, como mínimo, de la máxima densidad Marshall correspondiente.

**5.1.2.2** En las mezclas restantes, el cálculo se basará en el 95 % de la densidad Marshall máxima correspondiente.

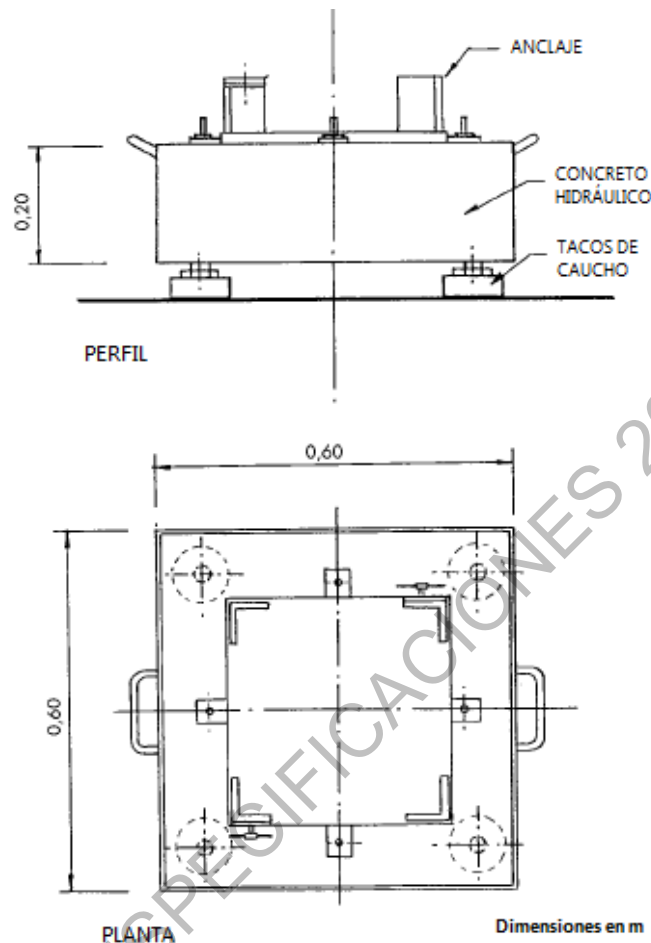


Figura 756 - 3. Base de compactación

**5.1.3** *Preparación de los agregados* – Las distintas fracciones que compongan la mezcla de agregados se secan completamente en un horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ .

**5.1.4** *Temperaturas de mezcla y compactación* – Para la mezcla y la compactación de las probetas, las temperaturas elegidas dependerán de la viscosidad del asfalto. En el caso de los cementos asfálticos, estas viscosidades serán de  $170 \pm 20 \text{ cSt}$  ( $85 \pm 10 \text{ sSF}$ ) en el proceso de mezcla y de  $280 \pm 30 \text{ cSt}$  ( $140 \pm 15 \text{ sSF}$ ) en el de compactación.

**5.1.5** *Preparación de la mezcla* – Se pesan sucesivamente en un recipiente tarado las cantidades de cada fracción de agregado necesarias para la fabricación de una probeta. La masa total de agregados se calienta a

continuación en el horno a una temperatura unos 30° C mayor que la determinada para el mezclado, calentando simultáneamente el asfalto a la temperatura necesaria, según lo definido en el numeral 5.1.4. Cuando ambos materiales estén a sus respectivas temperaturas, se vierten los agregados en el recipiente de mezcla y se realiza un primer mezclado en seco con fines de homogeneización. Cuando los agregados hayan alcanzado la temperatura de mezclado, se añade rápidamente la cantidad necesaria de asfalto (nota 2), realizando en seguida la mezcla hasta obtener un mezclado completo y homogéneo dentro de un tiempo no mayor de dos minutos.

*Nota 2: El asfalto no se deberá mantener a su temperatura de mezcla por más de 1 hora.*

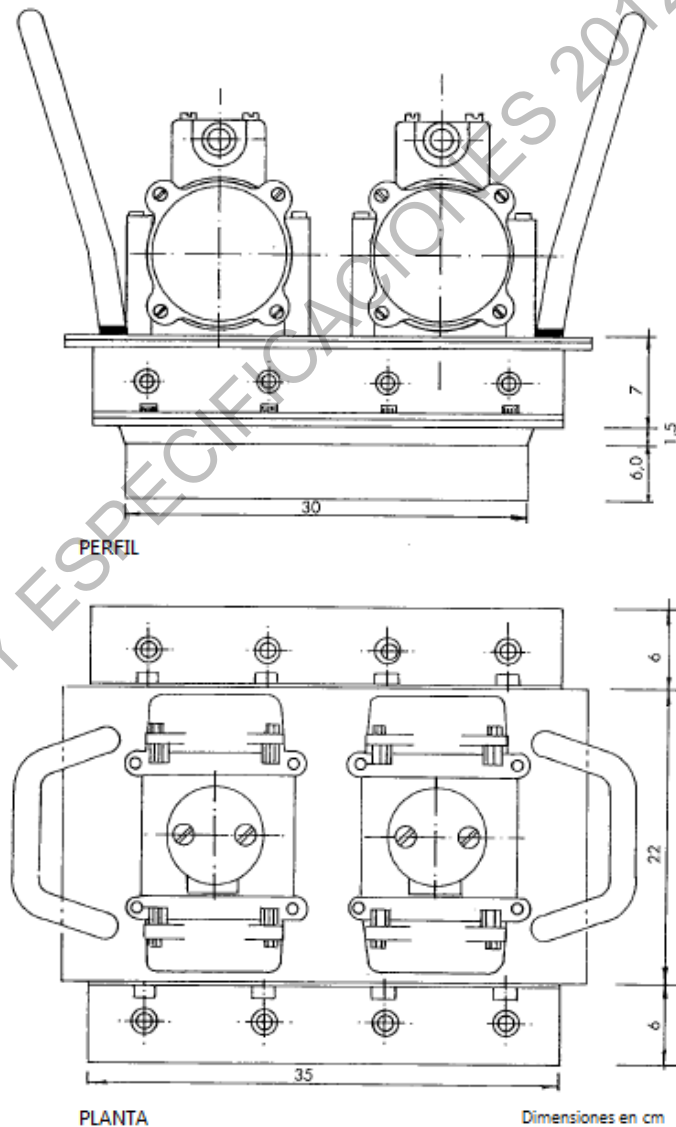


Figura 756 - 4. Compactador

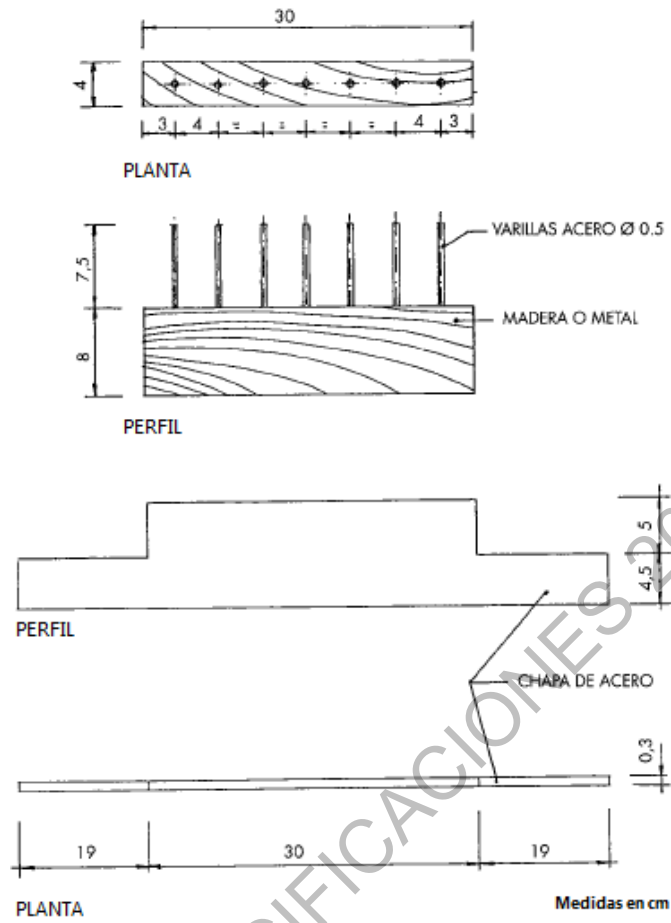


Figura 756 - 5. Elementos de extensión y enrase

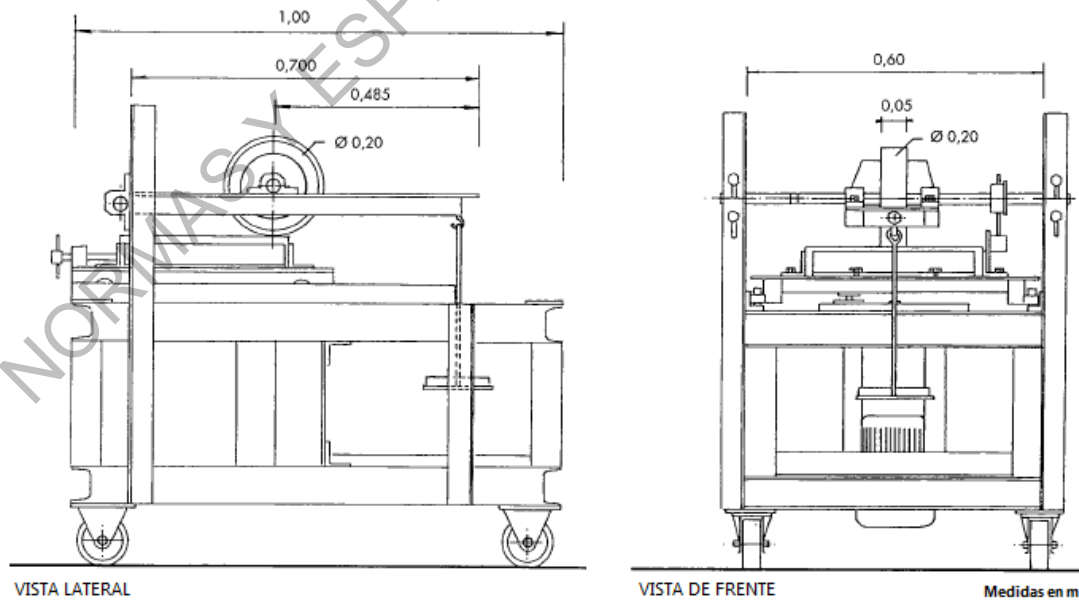


Figura 756 - 6. Máquina de ensayo



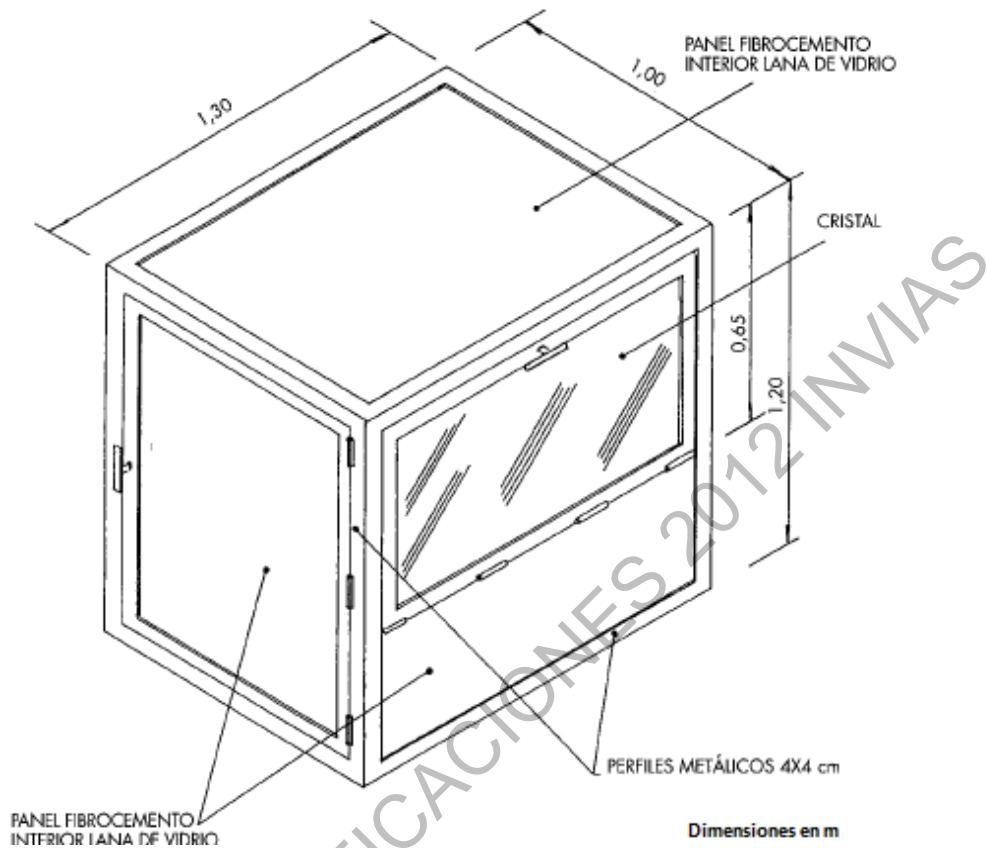


Figura 756 - 7. Cámara de temperatura controlada



Figura 756 - 8. Vista de la cámara a través de la ventana

**5.1.6 Compactación de las mezclas** – El molde y el collar se calentarán en el horno a una temperatura superior a la de compactación en unos 15° C.

Una vez calientes, se coloca el molde sobre la base de compactación en su anclaje y se monta el collar. Se vierte en el molde la mezcla ya preparada a una temperatura como mínimo 10° C superior a la de compactación, evitando las segregaciones del material, se distribuye uniformemente y se enrasa. Sobre la mezcla ya nivelada se coloca el elemento compactador y se realiza una compactación inicial durante 75 segundos, al cabo de la cual se desmonta el collar, el cual se sustituye por los cuatro dispositivos angulares colocados en los vértices del molde. A continuación, se completa el proceso de compactación mediante otros 3 períodos de 75 segundos cada uno, realizados girando el elemento compactador en el mismo sentido y sucesivamente en 90° con respecto a la posición inicial. La compactación se puede aceptar como correcta siempre que la altura de la probeta esté dentro de  $\pm 2$  mm con respecto a los bordes del molde para probetas con espesor menor o igual a 50 mm y de 5 % para probetas de mayor espesor. Una vez finalizada la compactación, se deja enfriar la mezcla a temperatura ambiente durante un período entre 12 y 24 horas, antes de someterla al ensayo.

- 5.1.7** *Determinación de la densidad aproximada* – Si se desea comprobar la densidad aproximada alcanzada por la probeta, se procede a sacarla del molde una vez se encuentre fría (nota 3), y se determina su masa mediante la balanza y se halla su volumen aproximado por la medida geométrica de sus dimensiones. Se deberán tomar las precauciones necesarias para no alterar la forma y la masa de la probeta durante la manipulación, debido a su forma, su tamaño y su masa, volviéndola a colocar dentro del molde y en la misma posición relativa que tenía, lo más rápidamente posible.

*Nota 3: Si se dispone de una balanza de suficiente capacidad para determinar la masa total de la probeta y del molde, se puede realizar ésta determinación sin necesidad de sacar la probeta del molde, conociendo previamente la masa del molde vacío y sus dimensiones interiores.*

- 5.1.8** *Testigos de pavimento* – Cuando se ensayen testigos procedentes de un pavimento ya construido, si éstos son de gran tamaño se pondrá especial cuidado en su almacenamiento y manejo, evitándose las deformaciones de ellos que puedan alterar su geometría inicial. Sus dimensiones para el ensayo deben ser algo inferiores a las del molde, fijándolos al mismo con yeso u otro material adecuado y procurando un asentamiento firme y duradero sobre la base, para evitar cualquier movimiento o rotura durante el ensayo y manteniendo la superficie en el mismo plano horizontal del molde.

## 5.2 Ejecución del ensayo

- 5.2.1** *Temperatura de ensayo* – La temperatura normalizada para el ensayo será  $60 \pm 1^\circ \text{C}$  para todo tipo de mezclas y de zonas climáticas. No obstante, se pueden utilizar otras temperaturas en estudios o ensayos especiales que así lo requieran.
- 5.2.2** *Presión de contacto de la rueda* – La presión de contacto normalizada, ejercida por la rueda cargada sobre la superficie de la probeta durante todo el ensayo, será de  $900 \pm 25 \text{ kN/m}^2$  ( $9 \pm 0.25 \text{ kgf/cm}^2$ ), para todo tipo de mezclas y de zonas climáticas. Sin embargo, en casos especiales o cuando así se requiera, se pueden emplear otras presiones de contacto.
- 5.2.3** *Ejecución del ensayo* – Después del período de enfriamiento de la mezcla, mencionado en el numeral 5.1.6, las probetas se introducen en un horno a  $60 \pm 2^\circ \text{C}$  durante cuatro horas como mínimo, antes de la ejecución del ensayo. Dos horas antes del comienzo del mismo, se conecta el sistema de calefacción de la cámara termostáticamente controlada, regulándolo a la temperatura especificada para el ensayo. Transcurrido este tiempo, se saca la primera probeta del horno, se levanta la rueda (nota 4), y se fija el molde con la probeta en los anclajes que lleva el carretón móvil para este fin, sin que la rueda toque en ningún momento la superficie de la probeta. En estas condiciones se carga el brazo de soporte con las pesas necesarias para conseguir la presión especificada, se cierra la cámara y se espera unos 30 minutos con el objeto de homogeneizar la temperatura del ensayo. Seguidamente, se apoya la rueda cargada sobre la superficie de la probeta y se pone en marcha el carretón durante tres pasadas completas, para conseguir un asentamiento de la rueda sobre la probeta. A continuación se para el carretón y, situándolo en el punto de medida del micrómetro, se pone éste en cero. Se cierra entonces la ventana lateral y transcurridos unos cinco minutos se comienza el ensayo, poniendo en movimiento el carretón durante un período de 120 minutos sin interrupciones o hasta que la deformación alcance 15 mm, lo que ocurra primero, haciendo periódicamente las lecturas correspondientes de la deformación de acuerdo con el numeral 6.1. Una vez finalizado el ensayo, se detiene la máquina, se levanta la rueda (nota 4), y se extrae la probeta ensayada, colocando inmediatamente la siguiente y repitiendo el mismo procedimiento de ensayo.

*Nota 4: Para que no estorbe durante la operación de montar o desmontar la probeta, es conveniente disponer de algún artificio que permita mantener levantada la rueda.*

## 6 CÁLCULOS

---

- 6.1** Se determinan y anotan las deformaciones totales leídas en el micrómetro en los minutos 1, 3 y 5 contados a partir del comienzo del ensayo. A continuación, cada 5 minutos hasta completar 45 minutos y, a partir de allí, cada 15 minutos hasta finalizar los 120 minutos de duración del ensayo.
- 6.2** Una vez ensayadas todas las probetas, se calculan los valores medios de todas las deformaciones de la mezcla y se llevan a un gráfico en donde se dibuja la curva de deformación de la mezcla.
- 6.3** A partir de las deformaciones,  $d_t$ , determinadas en el gráfico, correspondientes a los diferentes tiempos "t" del ensayo, se calcula la velocidad de deformación media, correspondiente al intervalo de tiempo  $t_2/t_1$  mediante la expresión:

$$V_{t_2}/V_{t_1} = \frac{d_{t_2} - d_{t_1}}{t_2 - t_1} \quad [756.1]$$

- Donde:  $V_{t_2}/V_{t_1}$ : Velocidad media de deformación, correspondiente al intervalo de tiempo entre  $t_1$  y  $t_2$ ,  $\mu\text{m}/\text{min}$ ;
- $d_{t_1}$  y  $d_{t_2}$ : Deformaciones correspondientes a  $t_1$  y  $t_2$ , respectivamente,  $\mu\text{m}$ ;
- $t_1$  y  $t_2$ : Tiempos que dependen del lapso establecido en las especificaciones.

## 7 INFORME

---

- 7.1** El documento con los resultados del ensayo debe incluir la siguiente información:
- 7.1.1** El tipo y las características de la mezcla que se está ensayando.
  - 7.1.2** Procedencia de la mezcla (laboratorio, obra, testigo, etc.).
  - 7.1.3** Temperatura de ensayo.
  - 7.1.4** Presión de contacto.

- 7.1.5** Deformación total al final del ensayo, en  $\mu\text{m}$ .
- 7.1.6** Curva deformación ( $\mu\text{m}$ ) – tiempo (min).
- 7.1.7** Velocidades de deformación en los intervalos en los cuales se manifieste claramente el comportamiento de la mezcla en el ensayo, como pueden ser:
- 7.1.7.1** Velocidad en el intervalo de 30 a 45 minutos, V30/45.
- 7.1.7.2** Velocidad en el intervalo de 75 a 90 minutos, V75/90.
- 7.1.7.3** Velocidad en el intervalo de 105 a 120 minutos, V105/120.

## 8 PRECISIÓN Y SESGO

- 8.1** *Precisión* – Los valores de precisión que se muestran a continuación se obtuvieron experimentalmente en el Reino Unido siguiendo la norma ISO 5725. Las muestras extraídas de pavimentos en servicio se estudiaron en 1992 en 11 laboratorios, de los que se descartaron los datos de uno por erráticos. Las muestras preparadas en el laboratorio se estudiaron en 7 laboratorios en 1994. Para ambos experimentos la temperatura de ensayo fue  $45^\circ\text{C}$ , la carga de 700 N y los resultados son el promedio de la velocidad de deformación de 6 porciones de la muestra para ensayo.

MUESTRAS	NIVEL DEL RESULTADO DEL ENSAYO (mm/h)	REPETIBILIDAD (mm/h)	REPRODUCIBILIDAD (mm/h)
Laboratorio	2.6	0.6	1.2
Testigos de pavimento	2.2	0.8	1.4
	8.1	3.1	5.9
	13.5	4.0	5.7

- 8.2** *Sesgo* – El sesgo de este método de ensayo no se puede determinar, por cuanto no hay un material disponible con un valor de referencia aceptado.

## 9 NORMAS DE REFERENCIA

NLT 173/00