

**LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

**PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

**TÍTULO: 05. Materiales Asfálticos, Aditivos y Mezclas**

**CAPÍTULO: 052. Susceptibilidad de las Mezclas Asfálticas Compactadas al Daño Inducido por Humedad**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento de prueba para la determinación de la susceptibilidad a la humedad en mezclas asfálticas compactadas, según la relación de la resistencia a la tensión indirecta (TSR por sus siglas en inglés, *Tensile Strength Ratio*) a que se refiere la Norma N·CMT·4·05·003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras*.

**B. OBJETIVO DE LA PRUEBA**

Esta prueba consiste en determinar la relación de las resistencias a la tensión indirecta, de una serie de especímenes cilíndricos acondicionados contra otros no acondicionados, compactados con el compactador giratorio en mezclas asfálticas en caliente, ya sean recién producidas o que formen parte de una capa tendida y compactada.

**C. REFERENCIAS**

Son referencias de este Manual, la siguiente:

NORMA Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras .....	N·CMT·4·05·003
Criterios Estadísticos de Muestreo .....	M·CAL·1·02
Muestreo de Mezclas Asfálticas .....	M·MMP·4·05·032
Densidades Relativas y Absorción de las Mezclas Asfálticas No Absorbentes Compactadas.....	M·MMP·4·05·051
Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente Mediante el Uso del Compactador Giratorio .....	M·MMP·4·05·058
Densidad Teórica Máxima de Mezcla Asfálticas.....	M·MMP·4·05·062
Densidades Relativas y Absorción de las Mezclas Asfálticas Absorbentes Compactadas .....	M·MMP·4·05·063

**D. EQUIPO**

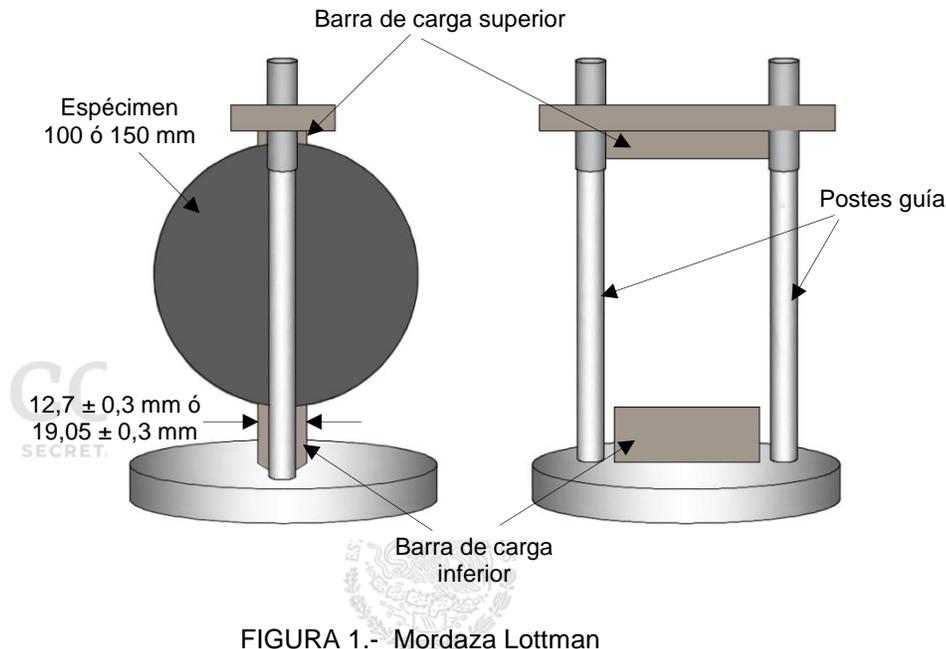
El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

**D.1. MÁQUINA PARA PRUEBA**

Mecánica o servohidráulica, con celda de carga adaptada a la máquina con capacidad de 100 kN y una resolución de 50 N. La máquina generará una velocidad de aplicación de carga uniforme de desplazamiento de 50,8 mm/min, sin producir impactos ni pérdida de carga. Contará con certificado de calibración vigente expedido por un laboratorio debidamente acreditado.

## D.2. MORDAZA LOTTMAN

Como la mostrada en la Figura 1 de este Manual, con barras de carga superior e inferior de acero con una superficie cóncava cuyo radio de curvatura será igual al radio del espécimen por probar. La longitud de las barras de carga será mayor que el espesor de los especímenes y sus esquinas estarán ligeramente biseladas. La barra de carga inferior está montada sobre una base que tiene dos postes guía perpendiculares que se extienden hacia arriba. La barra de carga superior podrá deslizarse libremente sobre los postes. El ancho de las barras dependerá del diámetro de los especímenes; para especímenes con diámetro de 100 mm será de  $12,7 \pm 0,3$  mm y para especímenes con diámetro de 150 mm será de  $19,05 \pm 0,3$  mm.



## D.3. PICNÓMETRO DE VACÍO

De metal o plástico con un diámetro aproximado de 180 a 260 mm y una altura mínima de 160 mm; equipado con una cubierta (tapa) transparente, empaque de goma y una conexión para línea de vacío, suficientemente rígidos para soportar la presión de vacío aplicada sin deformarse.

## D.4. BOMBA DE VACÍO

Capaz de evacuar el aire del picnómetro a una presión absoluta de 13 a 70 kPa.

## D.5. MANÓMETRO DE PRESIÓN ABSOLUTA

Conectado al picnómetro de vacío para verificar que la presión especificada se aplique al mismo; capaz de medir la presión absoluta de 13 a 70 kPa.

## D.6. VÁLVULA DE ALIVIO

Fijada a la bomba de vacío o al picnómetro para ajustar el vacío que será aplicado al picnómetro y para la lenta liberación de la presión aplicada.

## D.7. BALANZA

Con capacidad mínima de 4 kg y aproximación de 0,1 g.

**D.8. BAÑO DE AGUA**

Capaz de mantener una temperatura del agua entre  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ .

**D.9. CONGELADOR**

Capaz de mantener una temperatura de  $-18 \pm 2^\circ\text{C}$ .

**D.10. TERMÓMETRO DE INMERSIÓN**

Con un rango de  $-2$  a  $+68^\circ\text{C}$  y con una resolución mínima de  $0,5^\circ\text{C}$ .

**D.11. VERNIER**

Con resolución mínima de 0,1 mm.

**D.12. BOLSAS**

Plásticas, de uso rudo para evitar derrames.

**D.13. PELÍCULA PLÁSTICA**

Autoadherible, que sirva para envoltura hermética de los especímenes.

**D.14. CINTA ADHESIVA**

De ser necesaria, plastificada, capaz de sellar la película plástica que envuelve el espécimen.

**D.15. HORNO**

De ventilación forzada, con termostato para mantener una temperatura de  $176 \pm 3^\circ\text{C}$ .

**D.16. ESPÁTULA O CUCHARA DE ALBAÑIL**

De acero, de tamaño adecuado para manipular el material.

**D.17. CHAROLA**

De acero inoxidable, de 300 x 360 mm con altura variable de 40 a 100 mm.

**E. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE PRUEBA****E.1. ESPECÍMENES DE MEZCLA ASFÁLTICA PREPARADA EN LABORATORIO O TOMADA DE LA PLANTA DE MEZCLADO**

Con mezcla asfáltica elaborada en laboratorio o de una muestra tomada de la planta de mezclado, de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas*, se preparan 6 especímenes cilíndricos, tres para ser probados sin acondicionamiento y el resto para ser probados después de un acondicionamiento que consiste en la saturación parcial de la muestra acompañado de un ciclo de congelamiento, deshielo y saturación en baño de agua caliente, de acuerdo con lo siguiente:

- E.1.1.** Se preparan 6 especímenes cilíndricos de 100 mm de diámetro por  $63,5 \pm 2,5$  mm de espesor. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado pétreo de la mezcla sea mayor de 25 mm, el diámetro de los especímenes será de 150 mm por  $95 \pm 5$  mm de espesor.

- E.1.2.** Si la mezcla asfáltica se prepara en el laboratorio, ésta se elabora de acuerdo con lo indicado en el proyecto y se determina la absorción, si ésta es igual a 2 o menor, se deja en el horno por un periodo de  $2 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$ ; si la mezcla asfáltica tiene una absorción mayor a 2 se deja por un periodo de  $4 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$ . La mezcla se coloca en una charola y se deja en el horno hasta la temperatura de compactación  $\pm 3^\circ\text{C}$  para su acondicionamiento; durante este periodo la mezcla se revuelve con la espátula o chuchara de albañil, cada  $60 \pm 5 \text{ min}$  con la finalidad de tener un acondicionamiento uniforme. En caso de colocar varias charolas, se tendrá precaución de colocarlas de tal manera que tengan el suficientemente espacio que permita la libre circulación del aire
- E.1.3.** En el caso de muestras de mezcla tomadas de la planta de mezclado, se curan colocándolas en el horno y calentándolas a la temperatura de compactación  $\pm 3^\circ\text{C}$  durante  $120 \pm 10 \text{ min}$ .
- E.1.4.** Transcurrido el periodo de curado o acondicionamiento, la mezcla asfáltica se retira del horno y se elaboran y compactan los 6 especímenes de acuerdo con el procedimiento descrito en el Manual M-MMP-4-05-058, *Compactación de Mezclas Asfálticas en Caliente Mediante el Uso del Compactador Giratorio*, ajustando según el espesor requerido indicado en el inciso E.1.1. de este Manual y un volumen de vacíos en la mezcla asfáltica compactada (VMC) de  $7,0 \pm 0,5\%$ .
- E.1.5.** Los moldes se colocan sobre una superficie plana y se dejan enfriar hasta que alcancen los  $60^\circ\text{C}$ , de manera que se pueda desmoldar el espécimen sin deformarse.

## E.2. ESPECÍMENES OBTENIDOS EN CAPAS TENDIDAS Y COMPACTADAS

- E.2.1.** Los especímenes de capas tendidas y compactadas se obtienen por medio de la extracción de corazones (núcleos), de acuerdo al procedimiento indicado en el Manual M-MMP-4-05-032, *Muestreo de Mezclas Asfálticas* de los sitios más representativos del estado general del pavimento extraídos al azar mediante un procedimiento basado en tablas de números aleatorios conforme a lo indicado en el Manual M-CAL-1-02, *Criterios Estadísticos de Muestreo*.
- E.2.2.** Se extraerán seis especímenes con un diámetro de  $100 \pm 2 \text{ mm}$ .

## F. TRABAJOS PREVIOS

### F.1. CLASIFICACIÓN DE ESPECÍMENES

Se clasifican cada uno de los especímenes registrando cada uno de los datos obtenidos en el formato que se muestra en la Tabla 1 de este Manual, de acuerdo con lo siguiente:

- F.1.1.** Se determina y registra la densidad relativa teórica máxima de la mezcla,  $d_{mm}$ , de acuerdo con el procedimiento establecido en el Manual M-MMP-4-05-062, *Densidad Teórica Máxima de Mezclas Asfálticas*.
- F.1.2.** Con el vernier se registra el espesor de cada uno de los especímenes, realizando cuatro mediciones perpendiculares al plano superior del espécimen, registrando el promedio de estas dimensiones como la altura del espécimen,  $t$ , en cm.
- F.1.3.** Se determina y registra el diámetro de cada uno de los especímenes; realizando cuatro mediciones del diámetro del espécimen utilizando el vernier en diferentes puntos alrededor la periferia del espécimen, registrando el promedio de estas dimensiones como el diámetro del espécimen,  $D$ , en cm.
- F.1.4.** Se determina y registra la densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada,  $d_{mc}$ , de cada espécimen considerando lo siguiente:

**F.1.4.1.** Cuando la absorción de la mezcla asfáltica sea igual a 2% o menor, se determina de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-4-05-051, *Densidades Relativas y Absorción de las Mezclas Asfálticas No Absorbentes Compactadas*.

**F.1.4.2.** Si la absorción de la mezcla asfáltica compactada es mayor al 2% se determina de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-4-05-063, *Densidades Relativas y Absorción de las Mezclas Asfálticas Absorbentes Compactadas*.

**F.1.4.3.** Así mismo, se determina y se registra la masa del espécimen seco en aire *A*, la masa en condición saturada y superficialmente seca *B*, y la masa del espécimen sumergido, *C*, en kg.

**F.1.5.** Se determina el volumen del espécimen, *E*, con la siguiente expresión:

$$E = B - C$$

Donde:

*E* = Volumen del espécimen, (cm<sup>3</sup>)

*B* = Masa en condición saturada y superficialmente seca, (g)

*C* = Masa del espécimen sumergido, (g)

**F.1.6.** Se determina el porcentaje de vacíos de aire en la mezcla asfáltica compactada, *VMC*, con la siguiente expresión:

$$VMC = 100x \frac{d_{mm} - d_{mc}}{d_{mm}}$$

Donde:

*VMC* = Vacíos de aire en la mezcla asfáltica compactada, (%)

*d<sub>mm</sub>* = Densidad relativa teórica máxima de la mezcla asfáltica, (adimensional)

*d<sub>mc</sub>* = Densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada, (adimensional)

**F.1.7.** Se clasifican los especímenes en 2 grupos con 3 especímenes cada uno, de tal manera que cada grupo se clasifique por el porcentaje de vacíos de aire promedio en la mezcla asfáltica compactada de cada grupo. Un grupo será sometido a un proceso de acondicionamiento, mientras que el segundo grupo no será acondicionado.

**F.1.8.** Para cada espécimen que sea sometido a un proceso de saturación de vacíos y al ciclo de congelamiento, deshielo y saturación en baño de agua caliente, se determina el volumen de vacíos, *V<sub>a</sub>*, con siguiente expresión:

$$V_a = \frac{VMC \times E}{100}$$

Donde:

*V<sub>a</sub>* = Volumen de vacíos, (cm<sup>3</sup>)

*VMC* = Vacíos de aire en la mezcla asfáltica compactada, (%)

*E* = Volumen del espécimen, (cm<sup>3</sup>)

## F.2. GRUPO DE ESPECÍMENES SIN ACONDICIONAR

Para el grupo de especímenes que no se someterán al proceso de acondicionamiento, estos se colocan en un baño de agua a una temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , no menos de 20 min y no más de 2 h, de tal manera que el agua esté por encima de la superficie del espécimen al menos 25 mm. Después se realiza la prueba de resistencia a tensión indirecta  $S_t$ , a cada uno de los especímenes, de acuerdo con lo indicado en la Cláusula G. de este Manual.

## F.3. GRUPO DE ESPECÍMENES ACONDICIONADOS

Este grupo de especímenes serán sometidos a un ciclo de congelación, deshielo y baño en agua caliente, como se indica a continuación:

**F.3.1.** Se determina la masa saturada y superficialmente seca del espécimen acondicionado,  $B'$ , considerando lo siguiente:

**F.3.1.1.** Se determina la masa saturada y superficialmente seca del espécimen acondicionado para los grados de saturación  $B'_{70}$  y  $B'_{80}$  con las siguientes expresiones:

$$B'_{70} = 70 \times \frac{V_a}{100} + A$$

$$B'_{80} = 80 \times \frac{V_a}{100} + A$$

Donde: SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

$B'_{70}$  = Masa del espécimen saturada y superficialmente seca para un grado de saturación del 70 %, (%)

$B'_{80}$  = Masa del espécimen saturada y superficialmente seca para un grado de saturación del 80 %, (%)

$V_a$  = Volumen de vacíos, ( $\text{cm}^3$ )

$A$  = Masa del espécimen seco al aire, (g)

**F.3.1.2.** Posteriormente se coloca cada espécimen en el picnómetro de vacío y se vierte agua hasta que el nivel se encuentre por lo menos 25 mm por encima de la parte superior del espécimen. Se tapa el picnómetro y se aplica un vacío de 13 a 70 kPa de presión absoluta por un tiempo de 5 a 10 min. Se disminuye gradualmente la presión de vacío hasta llegar a cero y se deja el espécimen sumergido por otros 5 a 10 min.

**F.3.1.3.** Se retira el espécimen del picnómetro vacío y se determina la masa saturada y superficialmente seca del espécimen después del proceso de saturación y se registra como  $B'$ .

**F.3.1.4.** Si la masa saturada y superficialmente seca del espécimen después del proceso de saturación  $B'$ , está dentro del valor de las masas obtenidas para un grado de saturación de  $B'_{70}$  y  $B'_{80}$  se continúa con el procedimiento de prueba. Si la masa saturada y superficialmente seca del espécimen después del proceso de saturación  $B'$  es menor a la masa con grado de saturación  $B'_{70}$ , el espécimen se somete nuevamente al proceso de saturación. Si la masa saturada y superficialmente seca del espécimen después del proceso de saturación  $B'$  es mayor a la masa con grado de saturación  $B'_{80}$ , el espécimen se desecha y se procede a probar un espécimen nuevo.

**F.3.2.** Se calcula el volumen de agua absorbida  $J'$ , empleando la siguiente ecuación:

$$J' = B' - A$$

Donde:

$J'$  = Volumen de agua absorbida, (cm<sup>3</sup>)

$B'$  = Masa saturada y superficialmente seca después del proceso de saturación, (g)

$A$  = Masa del espécimen seco al aire, (g)

**F.3.3.** Se determina el grado de saturación del espécimen  $S'$ , comparando el volumen de agua absorbida  $J'$  con el volumen de vacíos  $V_a$ , con base en la siguiente ecuación:

$$S' = \frac{100J'}{V_a}$$

Donde:

$S'$  = Grado de saturación del espécimen, (%)

$J'$  = Volumen de agua absorbida, (cm<sup>3</sup>)

$V_a$  = Volumen de vacíos, (cm<sup>3</sup>)

**F.3.4.** Se sumerge el espécimen en el baño a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  por un tiempo de 3 a 5 min y se registra la masa del espécimen sumergido como  $C'$ .

**F.3.5.** Se calcula y registra el volumen del espécimen saturado  $E'$ , de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$E' = B' - C'$$

Donde:

$E'$  = Volumen del espécimen saturado, (cm<sup>3</sup>)

$B'$  = Masa saturada y superficialmente seca después del proceso de saturación, (g)

$C'$  = Masa del espécimen sumergido, (g)

**F.3.6.** Se determina y se registra el grado de expansión del espécimen,  $Exp'$ , de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Exp' = \frac{100 \times (E' - E)}{E}$$

Donde:

$Exp'$  = Grado de expansión del espécimen, (%)

$E'$  = Volumen del espécimen saturado, (cm<sup>3</sup>)

$E$  = Volumen del espécimen, (cm<sup>3</sup>)

#### **F.4. OBTENCIÓN DE LA VOLUMETRÍA DE ESPECÍMENES ACONDICIONADOS**

**F.4.1.** Se cubre ajustadamente cada espécimen saturado y parcialmente seco con 2 capas de película de plástico y se sella con cinta adhesiva si es necesario.

- F.4.2.** Se coloca cada espécimen cubierto en una bolsa de plástico que contenga  $10 \pm 0,5$  mL de agua y se sella con la cinta adhesiva de ser necesario.
- F.4.3.** Se colocan las bolsas que contienen los especímenes en un congelador a una temperatura de  $-18 \pm 2^\circ\text{C}$  por un periodo de 15 h.
- F.4.4.** Después del periodo dentro del congelador, se extraen los especímenes y se colocan en un baño de agua a  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  por un periodo de  $24 \pm 1$  h, de tal manera que por arriba de la superficie de cada espécimen haya 25 mm de agua aproximadamente. Se retira la bolsa y la película de plástico de cada espécimen después de 3 minutos de inmersión o cuando se observe el deshielo en la superficie.
- F.4.5.** Después de la inmersión de  $24 \pm 1$ h, se retiran los especímenes y se ajusta el baño de agua a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , se colocan de nuevo los especímenes, por un periodo de al menos 60 min pero no más de 120 min de tal manera que por arriba de la superficie de cada espécimen hayan 25 mm de agua aproximadamente.
- F.4.6.** Después de este periodo se retiran los especímenes del agua y se obtiene la masa saturada y superficialmente seca  $B''$ , y la masa del espécimen sumergido  $C''$ , de cada uno de los especímenes acondicionados.
- F.4.7.** Se determina el volumen del espécimen,  $E''$ , con la siguiente expresión:

$$E'' = B'' - C''$$

Donde:

$E''$  = Volumen del espécimen, ( $\text{cm}^3$ )

$B''$  = Masa en condición saturada y superficialmente seca, (g)

$C''$  = Masa del espécimen sumergido, (g)

- F.4.8.** Se registra el diámetro de cada uno de los especímenes acondicionados, realizando cuatro mediciones del diámetro del espécimen utilizando un vernier calibrado en diferentes puntos sobre la periferia, registrando el promedio de estas dimensiones como el diámetro del espécimen acondicionado  $D''$ , en cm.
- F.4.9.** Se registra la altura de cada uno de los especímenes acondicionados, realizando cuatro mediciones perpendiculares a la superficie del espécimen, registrando el promedio de estas dimensiones como la altura del espécimen acondicionado,  $t''$ , en cm.
- F.4.10.** Se calcula el volumen de agua absorbida  $J''$ , empleando la siguiente ecuación:

$$J'' = B'' - A$$

Donde:

$J''$  = Volumen de agua absorbida, ( $\text{cm}^3$ )

$B''$  = Masa saturada y superficialmente seca del espécimen acondicionado, (g)

$A$  = Masa del espécimen seco al aire, (g)

- F.4.11.** Se determina el grado de saturación del espécimen acondicionado  $S''$ , de acuerdo con la siguiente expresión:

$$S'' = \frac{100J''}{V_a}$$

Donde:

$S''$  = Grado de saturación del espécimen acondicionado, (%)

$J''$  = Volumen de agua absorbida, (cm<sup>3</sup>)

$V_a$  = Volumen de vacíos, (cm<sup>3</sup>)

**F.4.12.** Se calcula y se registra el grado de expansión del espécimen  $Exp''$ , de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Exp'' = \frac{100 \times (E'' - E)}{E}$$

Donde:

$Exp''$  = Grado de expansión del espécimen, (%)

$E''$  = Volumen del espécimen saturado, (cm<sup>3</sup>)

$E$  = Volumen del espécimen, cm<sup>3</sup>

## G. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

La prueba se realiza en los especímenes tanto acondicionados como no acondicionados, de acuerdo con lo siguiente:

- G.1.** Se coloca cada espécimen en la mordaza Lottman, centrado en la barra de carga inferior, como se muestra en la Figura 2 de este Manual.

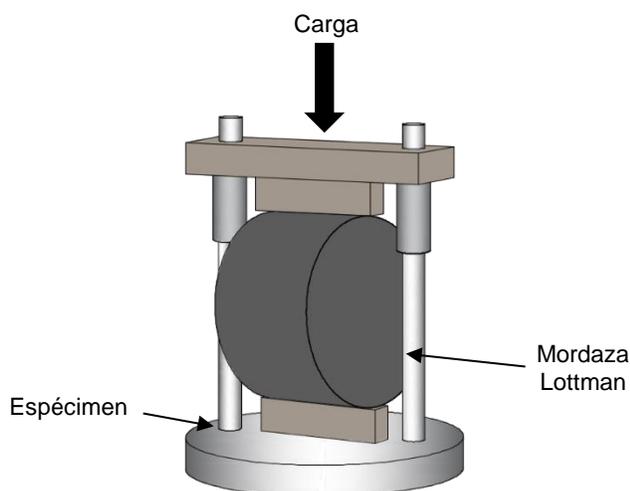


FIGURA 2.- Especimen colocado en la mordaza Lottman

- G.2.** La mordaza con el espécimen se coloca en la máquina de prueba y se aplica una carga a una velocidad de desplazamiento de 50,8 mm/min aproximadamente. La aplicación de la carga continuará hasta que se aprecie una grieta vertical en el espécimen. Se registra la carga máxima soportada por el espécimen, como  $P$  para especímenes no acondicionados y  $P''$  para especímenes acondicionados, en N.

- G.3.** Posteriormente se retira el espécimen de la prensa y se separan las partes en que se rompió. Se inspeccionan todas las superficies, para buscar evidencia del agregado grueso roto o separado del cemento asfáltico. Se registran los resultados de esta parte de la prueba en el formato mostrado en la Tabla 1 de este Manual.

## H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

Los cálculos y resultados de la prueba se registran en la Tabla 1 de este Manual, de acuerdo con lo que se indica a continuación:

- H.1.** Se calcula la resistencia a tensión indirecta para especímenes no acondicionados y acondicionados con las siguientes expresiones:

$$S_t = \frac{2000P}{\pi t D}$$

Donde:

- $S_t$  = Resistencia a tensión indirecta para espécimen no acondicionado, (kPa)  
 $P$  = Carga máxima para espécimen no acondicionado, (N)  
 $t$  = Altura del espécimen no acondicionado, (mm)  
 $D$  = Diámetro del espécimen no acondicionado, (mm)

$$S_{ta} = \frac{2000P''}{\pi t'' D''}$$

Donde:

- $S_{ta}$  = Resistencia a tensión indirecta para espécimen acondicionado, (kPa)  
 $P''$  = Carga máxima para espécimen acondicionado, (N)  
 $t''$  = Altura del espécimen acondicionado, (mm)  
 $D''$  = Diámetro del espécimen acondicionado, (mm)

- H.2.** Se calcula la relación de la resistencia retenida a tensión indirecta  $TSR$  como la relación de resistencia promedio a la tensión indirecta de los especímenes acondicionados  $\overline{S_{ta}}$ , entre la resistencia promedio a la tensión indirecta de los especímenes no acondicionados  $\overline{S_t}$ , de acuerdo con la siguiente expresión:

$$TSR = \frac{\overline{S_{ta}}}{\overline{S_t}} \times 100$$

Donde:

- $TSR$  = Relación de la resistencia retenida a tensión indirecta, sin decimales, (%)  
 $\overline{S_{ta}}$  = Resistencia promedio a tensión indirecta de especímenes acondicionados, (kPa)  
 $\overline{S_t}$  = Resistencia promedio a tensión indirecta de especímenes no acondicionados, (kPa)

**TABLA 1.- Hoja de registro de datos para la prueba de resistencia al daño inducido por humedad**

Obra:	Fecha de prueba:					
Elaboró:	Método de compactación:					
Volumetría original	Especimen acondicionado			Especimen no acondicionado		
	1	2	3	4	5	6
Diámetro del espécimen, $D$ , mm						
Altura del espécimen, $t$ , mm						
Densidad teórica máxima, $d_{mm}$ , adimensional						
Densidad relativa de la mezcla asfáltica compactada, $d_{mc}$ , adimensional						
Masa del espécimen seco en aire, $A$ , g						
Masa del espécimen en condición saturada y superficialmente seca, $B$ , (g)						
Masa del espécimen sumergido, $C$ , g						
Volumen del espécimen, $E$ , $cm^3$						
Vacíos de aire de la mezcla asfáltica compactada $VMC$ , %						
Volumen de vacíos, $V_a$ , $cm^3$						
<b>Volumetría de saturación</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Masa del espécimen en condición saturada y superficialmente seca, $B'$ , g						
Volumen de agua absorbida, $J'$ , $cm^3$						
Grado de saturación del espécimen, $S'$ , %						
Masa del espécimen sumergido, $C'$ , g						
Volumen del espécimen, $E'$ , $cm^3$						
Grado de expansión del espécimen, $Exp'$ , %						
<b>Volumetría de especímenes acondicionados</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Diámetro, $D''$ , mm						
Altura, $t''$ , mm						
Masa del espécimen en condición saturada y superficialmente seca, $B''$ , g						
Masa del espécimen sumergido, $C''$ , g						
Volumen del espécimen, $E''$ , $cm^3$						
Volumen de agua absorbida, $J''$ , $cm^3$						
Grado de saturación, $S''$ , %						
Grado de expansión, $Exp''$ , %						
<b>Resistencia promedio y Relación de Resistencia a la Tensión Indirecta (TSR)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Carga para espécimen no acondicionado, $P$ , N						
Carga para espécimen acondicionado, $P''$ , N						
Resistencia a tensión indirecta para espécimen no acondicionado, $S_i$ , kPa						
Resistencia a tensión indirecta para espécimen acondicionado, $S_{ia}$ , kPa						
Resistencia promedio de especímenes acondicionados, $\bar{S}_{ia}$ , kPa						
Resistencia promedio de especímenes no acondicionados, $\bar{S}_i$ , kPa						
<b>Resistencia retenida a tensión indirecta, <math>TSR</math>, (%)</b>						

**H.3.** Además de lo indicado en la Fracciones H.1. y H.2. de este Manual, el informe de los resultados incluirá, como mínimo, los siguientes datos:

- Número de especímenes de cada grupo,
- vacíos de aire promedio de cada grupo de especímenes,
- resultados de daño por humedad después de la inspección,

- los resultados de las observaciones del agregado grueso si presenta fracturas o solo desprendimiento del cemento asfáltico,
- características de la mezcla asfáltica utilizada,
- contenido de cemento asfáltico, en %,
- temperatura de prueba, en °C y
- velocidad de aplicación de la carga, en mm/min.

**J. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES**

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

- J.1.** Que la prueba se realice en un lugar cerrado, bien ventilado, limpio y libre de corrientes de aire, de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación de la muestra de material.
- J.2.** Que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que, al realizar la prueba, los materiales no se mezclen con agentes extraños que alteren el resultado.
- J.3.** Que la balanza esté limpia en todas sus partes, bien calibrada y colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.
- J.4.** Que se respeten estrictamente tanto los tiempos como las temperaturas durante el acondicionamiento y preparación para la prueba de los especímenes.
- J.5.** Que las muestras se preparen con la misma proporción de cemento asfáltico y granulometría de los agregados indicados en la dosificación que se pretende probar.
- J.6.** Que el tiempo transcurrido entre la retirada del espécimen del baño y la determinación de la carga final no exceda de 2 min.

# COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



## SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias, Benito Juárez, 03240

Ciudad de México

[www.gob.mx/sct](http://www.gob.mx/sct)



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

## INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Km 12+000, Carretera Estatal No. 431

"El Colorado-Galindo", San Fandila,

Pedro Escobedo, 76703, Querétaro

<https://normas.imt.mx>

[normas@imt.mx](mailto:normas@imt.mx)