

**Acción del agua sobre la cohesión de las mezclas
bituminosas compactadas
(Ensayo de inmersión-compresión)**

NLT-162/63

1. OBJETO

- 1.1. Este método se emplea para determinar la pérdida de cohesión que se produce por la acción del agua sobre las mezclas bituminosas compactadas que contienen betunes de penetración.
- 1.2. En el ensayo se obtiene un índice numérico de la pérdida producida al comparar la resistencia a compresión simple de las probetas recién hechas y curadas con la resistencia a compresión simple de probetas duplicadas que se han sometido a la acción del agua en las condiciones que se prescriben en el método.
- 1.3. Mediante este método es posible valorar el comportamiento de las mezclas asfálticas a la acción del agua y cómo le afectan cada uno de los ingredientes que intervienen en la mezcla.

2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

- 2.1. *Moldes y pistones.*—Tres moldes para fabricar probetas cilíndricas de 101,6 mm. (4") de diámetro interno y 177,8 mm (7") de altura y dos pistones, superior e inferior, para realizar la compactación de la probeta por el sistema de doble émbolo, de acuerdo con la forma y dimensiones de la figura 1.
- 2.2. *Soportes.*—Dos soportes para mantener transitoriamente el molde a 25,4 mm. (1") por encima de la base de sustentación del pistón inferior.
- 2.3. *Prensa.*—Una prensa de suficiente capacidad (20 T.) provista de dispositivo para controlar con precisión la deformación a una velocidad de 1,27 mm./minuto (0,05"/minuto) por cada 25,4 mm. (1") de altura de las probetas, lo que representa para probetas de 101,6 mm. (4") una velocidad de 5,08 mm./minuto (0,2"/minuto). La prensa deberá tener dos placas de apoyo de acero, la inferior fija y la superior con asiento esférico, coincidiendo el centro de la superficie esférica con el centro de la placa. La parte móvil quedará firmemente acoplada en su asiento, pero podrá girar libremente y balancearse ligeros ángulos de una forma suave y en cualquier dirección.
Para ensayos de campo, la prensa puede ser de diseño más sencillo y con menos requisitos.
- 2.4. *Dispositivo para la extracción.*—Un dispositivo para poder sacar las

probetas compactadas del molde, de los cuales un tipo apropiado es el representado en la figura 2.

- 2.5. *Embudo.*—Un embudo de la forma y dimensiones del representado en la figura 3.
- 2.6. *Estufa.*—Una estufa con regulación termostática capaz de mantener temperaturas comprendidas entre la ambiente y 163° C.
- 2.7. *Placa de calefacción.*—Una placa pequeña de calefacción eléctrica para mantener la temperatura de los áridos y del material bituminoso durante el proceso de mezcla.
- 2.8. *Baño de agua.*—Un baño de agua con la capacidad suficiente para que quepan sumergidos los tres moldes y los pisonos, provisto de un elemento calefactor de suficiente potencia para mantener el agua a una temperatura próxima a la de ebullición.
- 2.9. *Baño de aire.*—Un baño de aire o estufa con control automático o manual, donde poder mantener las probetas a $25 \pm 0,5^\circ$ C. inmediatamente antes de realizar el ensayo de compresión.
- 2.10. *Balanza.*—Una balanza con un mínimo de capacidad de 2 kg., una sensibilidad de 0,1 gr., provista de dispositivo hidrostático.
- 2.11. *Mezcladora mecánica.*—Se recomienda el empleo de una mezcladora mecánica para realizar la mezcla de los áridos y del material bituminoso. La mezcladora será del tipo más conveniente para obtener una mezcla completa y homogénea, sin segregaciones, en menos de dos minutos.
Su diseño será de tal forma que no se producirán obstrucciones de las paletas y será posible mantener la temperatura necesaria durante todo el proceso.
Se puede realizar la mezcla a mano, pero para las mezclas en caliente el tiempo necesario para lograr una envuelta satisfactoria es normalmente excesivo y los resultados del ensayo son menos uniformes.
- 2.12. *Baño de agua con control termostático.*—Un baño de agua provisto de control termostático de la temperatura, capaz de regularla con precisión de $\pm 1^\circ$ C. y con capacidad suficiente para mantener las probetas totalmente sumergidas, estando apoyadas sobre una bandeja, separada del fondo del recipiente. El material empleado será inatacable, y el agua para llenar el baño será o destilada o libre de electrólitos, y deberá renovarse a cada serie de ensayos.
- 2.13. *Placas o bandejas.*—Unas placas de vidrio o bandejas de metal para colocar las probetas durante el período de inmersión y manejo posterior.
- 2.14. *Material diverso.*—Recipientes para los áridos y material bituminoso, cogedores, espátulas flexibles, espátulas rígidas, guantes de amianto, lápiz de marcar, etc.

3. PROCEDIMIENTO

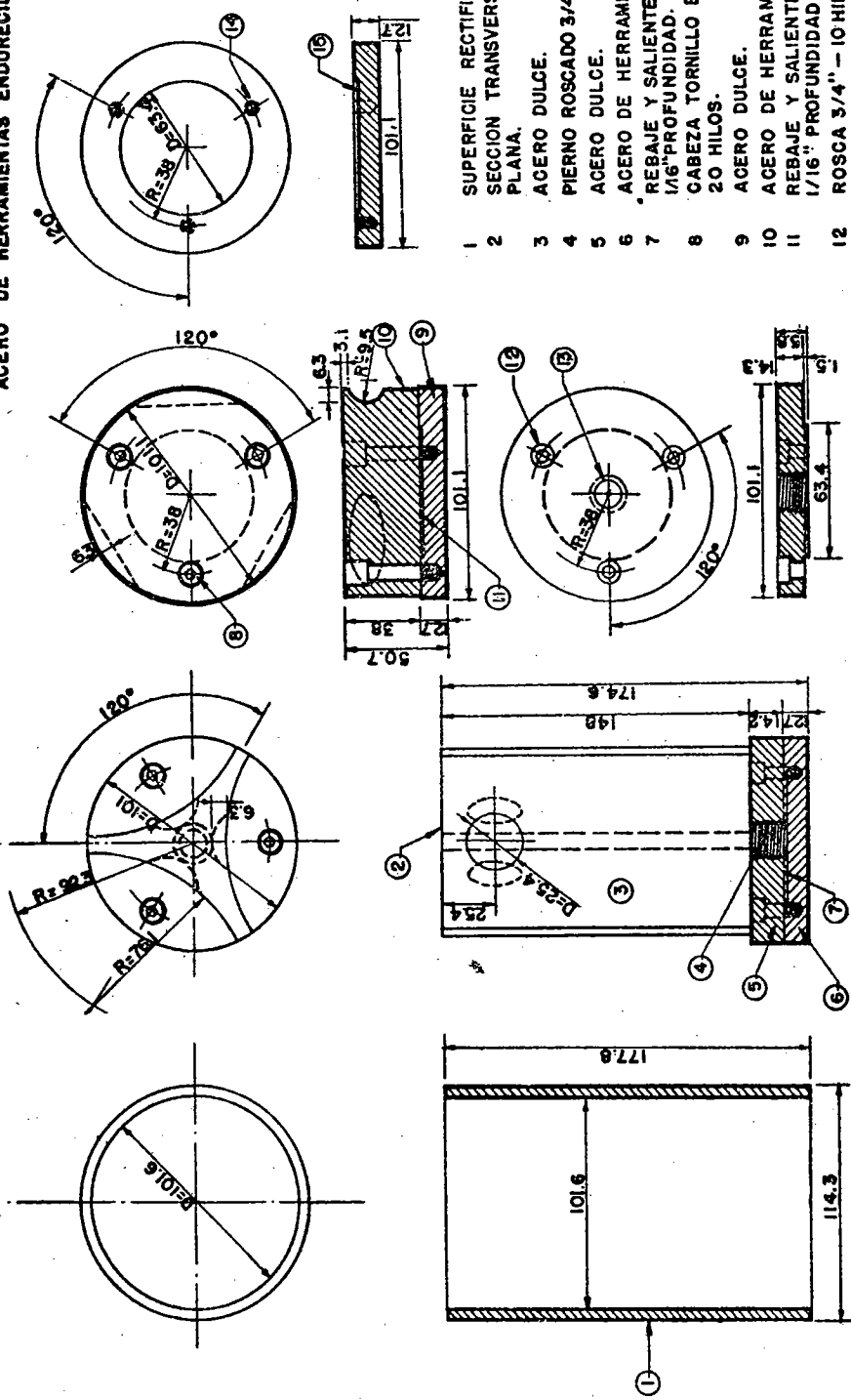
3.1. Tamaño, forma y número de las probetas.

- 3.1.1. Las probetas serán de forma cilíndrica, de 101,6 mm. de altura y 101,6 mm. de diámetro (4" \times 4").

- 3.1.2. Se fabricarán por lo menos seis probetas para cada variación en proporción o calidad de los ingredientes de la mezcla.
- 3.2. Preparación de las mezclas.
 - 3.2.1. La cantidad de mezcla necesaria para la fabricación de cada probeta se preparará individualmente.
 - 3.2.2. Se mezclará una amasada inicial con objeto de manchar el recipiente y las paletas de la mezcladora. Después de sacar la mezcla se limpian el recipiente y las paletas, rascando con una espátula pequeña, flexible, sin emplear trapos ni disolventes. Este mismo procedimiento será el que se siga empleando después de cada amasada, mientras se trabaje con la misma dosificación de áridos y no cambie el tipo de material bituminoso.
 - 3.2.3. Con esta amasada inicial se moldeará una probeta de prueba, a fin de determinar el peso del material necesario para obtener la altura correcta de las probetas.
 - 3.2.4. Al preparar los áridos que se van a emplear se hará un análisis granulométrico de cada uno de ellos. De cada uno de los áridos se pesará la cantidad precisa por separado, tomando esta cantidad por cuarteo si se observara la posibilidad de que se produzcan segregaciones o de no ser la fracción que se pesa suficientemente representativa. Las cantidades pesadas de cada árido se mezclan en seco, y entonces se calientan en la estufa a $163 \pm 3^\circ \text{C}$.
 - 3.2.5. La cantidad de material bituminoso necesaria para cada amasada se calienta por separado en un recipiente a $163 \pm 3^\circ \text{C}$., en el caso de betunes, y a $107 \pm 3^\circ \text{C}$. en el caso de alquitranes. El recipiente no estará en ningún momento en contacto directo ni con la llama ni con la placa eléctrica si no es del tipo con protección. Durante el calentamiento se agitará constantemente el material bituminoso. También podrá usarse el sistema de calentar todo el material bituminoso necesario para el trabajo de una jornada en un recipiente en el que no se produzcan sobrecalentamientos locales e ir tomando de él la cantidad necesaria para cada amasada. En este caso, todo el material que quede al final de la jornada será desechado.
 - 3.2.7. Cuando se tengan los áridos y el material bituminoso a las temperaturas indicadas, se echan en el recipiente de mezcla los áridos. Se tara el conjunto y a continuación se echa y pesa la cantidad necesaria de betún, comenzando inmediatamente la mezcla, la cual no debe durar ni menos de uno y medio ni más de dos minutos.
 - 3.2.8. Si se produce una pérdida excesiva de calor durante estas operaciones, se empleará una pequeña placa eléctrica, un baño de arena o una lámpara de rayos infrarrojos para calentar por la parte inferior el recipiente de la mezcladora. Si se emplea la placa eléctrica no se pondrá en contacto directo con el recipiente.
 - 3.3. Preparación y cura de las probetas.

- 3.3.1. Las mezclas preparadas en el laboratorio se dejarán enfriar hasta la temperatura de moldeo lo más pronto posible después de la mezcla. Las mezclas tomadas en obra se calentarán a la temperatura de moldeo por medio de un calentamiento uniforme y cuidadoso inmediatamente antes de proceder a su compactación. Hay que tener en cuenta que las mezclas recalentadas pueden dar valores de la resistencia a compresión simple mayores que los de las mezclas moldeadas inmediatamente después de mezcladas.
- 3.3.2. La temperatura de moldeo será de $124 \pm 3^\circ \text{C}$. Considerando como tal la que tiene la mezcla en el momento de comenzar a aplicar la presión.
- 3.3.3. Se calientan los moldes y los pisones sumergiéndolos en el baño de agua, mantenido a una temperatura ligeramente inferior a la de ebullición.
- 3.3.4. Se secan los moldes y se engrasan sus caras interiores por medio de un trapo manchado ligeramente en aceite. Se coloca entonces el molde cilíndrico sobre el pisón inferior, manteniéndolo apoyado en los soportes.
- 3.3.5. Tan pronto como la mezcla ha alcanzado la temperatura indicada, se echa aproximadamente la mitad en el molde y se distribuye por medio de 25 golpes con una espátula caliente, aplicando los 15 primeros en la periferia para evitar la formación de coqueas en contacto con las paredes del molde y los diez restantes al azar sobre el centro. Se echa entonces rápidamente la otra mitad y se aplican de forma similar otros 25 golpes con la espátula. La espátula debe penetrar el mayor espesor posible. Parece que es ventajoso el empleo de una espátula de hoja con forma ligeramente curva. A la parte superior se le da una forma ligeramente redondeada o cónica para conseguir que el pisón superior quede bien asentado.
- 3.3.6. Una vez colocado el pisón superior y con los soportes manteniendo todavía el molde, se aplica una carga inicial de $10,5 \text{ kg/cm}^2$ con objeto de acomodar la mezcla contra las paredes del molde. Esta carga unitaria supone 850 kg. de carga total para la superficie total de la probeta de 101,6 mm. de diámetro ($81,2 \text{ cm}^2$).
- 3.3.7. Se retiran entonces los soportes que mantenían el molde y se comienza el verdadero apisonado por el sistema de doble émbolo aplicando una carga de 210 kg/cm^2 , es decir, una carga total de 17.000 kg. para las probetas de 101,6 mm. de diámetro, la que, una vez alcanzada, se mantiene constante durante dos minutos.
- 3.3.8. Después de dejar enfriar ligeramente la probeta dentro del molde, se extrae, colocando debajo el dispositivo de extracción y aplicando una ligera carga a la parte superior por medio del pisón, de manera que la probeta se deslice de una manera suave y uniforme.
- 3.3.9. Una vez fuera las probetas, se curan durante veinticuatro horas en una estufa a 60°C .
- 3.3.10. Después del período de cura se mantienen las probetas en un

MOLDE **PISTON** **PISTON INFERIOR** **CABEZA DEL PISTON**
ACERO DE HERRAMIENTAS ENDURECIDO Y PULIDO

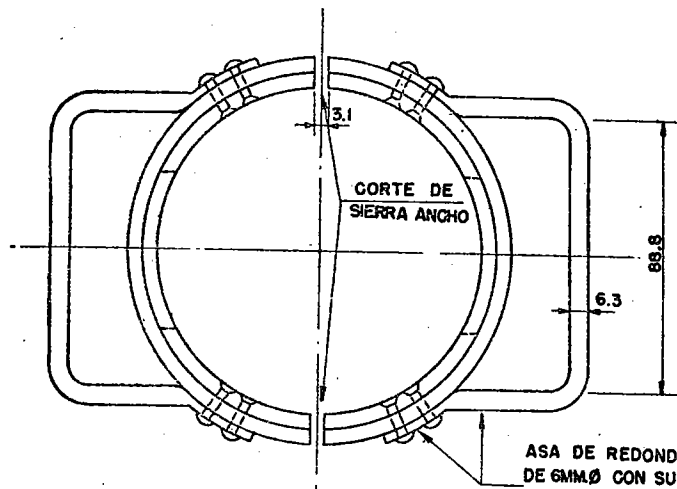


- 1 SUPERFICIE RECTIFICADA
- 2 SECCION TRANSVERSAL SUPERIOR PLANA.
- 3 ACERO DULCE.
- 4 PIERNO ROSCADO 3/4"-10 HILOS.
- 5 ACERO DULCE.
- 6 ACERO DE HERRAMIENTAS.
- 7 REBAJE Y SALIENTE 2.1/2" Ø 1/16" PROFUNDIDAD.
- 8 CABEZA TORNILLO EMBUTIDA 1/4 20 HILOS.
- 9 ACERO DULCE.
- 10 ACERO DE HERRAMIENTAS.
- 11 REBAJE Y SALIENTE 2.1/2" Ø 1/16" PROFUNDIDAD.
- 12 ROSCA 3/4" - 10 HILOS.
- 13 TALADRO PARA EMBUTIR CABEZA DE TORNILLO 1/4"-20 HILOS.
- 14 ROSCA 1/4" - 20 HILOS 5/16" PROFUNDIDAD
- 15 REBAJE 1/16" PROFUNDIDAD

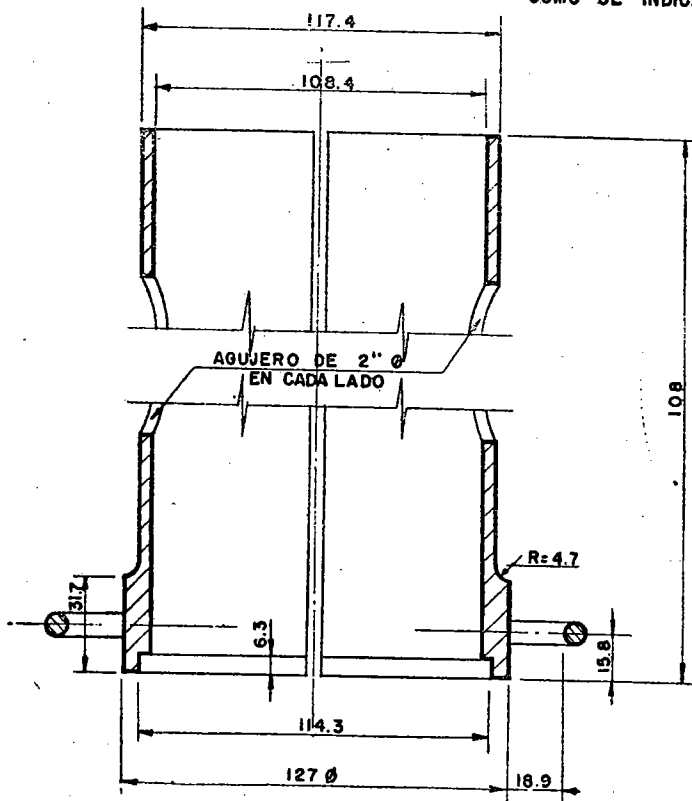
PLACA SUPERIOR PARA LA CABEZA DEL PISTON

COTAS EN MILIMETROS

Figura 1



ASA DE REDONDO DE ACERO DE 6MMØ CON SUS EXTREMOS APLANADOS Y REMACHADOS COMO SE INDICA.



EL MATERIAL PARA EL EXTRACTOR PUEDE SER TUBERIA DE 115 MM. DE TIPO EXTRADURO —

COTAS EN MILIMETROS

EXTRACTOR
Figura 2

baño de aire o estufa a 25° C. durante cinco horas como mínimo antes de ensayarlas a compresión simple.

- 3.3.11. En el caso de que después del período de cura haya que dejar las probetas más de veinticuatro horas antes de ensayarlas, se protegerán de la exposición al aire metiéndolas en un recipiente herméticamente cerrado.

3.4. Determinación de la densidad aparente de las probetas.

- 3.4.1. Se determina la densidad aparente de cada probeta por el siguiente procedimiento:
- 3.4.2. Después de curadas se dejan enfriar durante dos horas como mínimo y se determina el peso en seco de cada probeta (A).
- 3.4.3. A continuación se las sumerge en agua durante un minuto y se seca rápidamente la superficie con una toalla humedecida, determinando el peso de la probeta superficie seca en el aire (B).
- 3.4.4. Sin demora se determina el peso de la probeta sumergida en agua (C).
- 3.4.5. La densidad aparente de cada probeta se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{A}{B - C}$$

3.5. Inmersión y rotura de las probetas.

- 3.5.1. Se divide cada lote de seis probetas en dos grupos, de manera que la densidad media de cada uno sea prácticamente la misma, y que los valores extremos estén representados en los dos grupos.
- 3.5.2. Grupo 1.—Uno de los grupos se pasa a un baño de aire o estufa a 25° C. durante un período mínimo de tiempo de cinco horas.
- 3.5.3. Inmediatamente de sacar las del baño de aire se rompen a compresión axial sin soporte lateral con una velocidad uniforme de 5,08 mm/minuto, anotando la lectura de la carga vertical máxima que soporta cada una de las tres probetas del grupo.
- 3.5.4. Grupo 2.—Las tres probetas de este grupo se sumergen en agua a $49 \pm 1^\circ$ C. durante cuatro días. Al final de este período se pasan a otro baño a $25 \pm 1^\circ$ C. durante dos horas, e inmediatamente de ir las sacando del baño se rompen a compresión, como se indica en el párrafo 2.5.3.
- 3.5.5. Grupo 2.—(Procedimiento alternativo): Se sumergen las probetas en un baño de agua a $60 \pm 1^\circ$ C. durante veinticuatro horas. Se pasan después al baño de agua a $25 \pm 1^\circ$ C. durante dos horas e inmediatamente se van rompiendo a compresión simple, como se indica en el párrafo 2.5.3.

4. RESULTADOS

4.1. Cálculo.

- 4.1.1. Se calcula la media de la resistencia a compresión simple de cada grupo de probetas.
- 4.2.2. Con estos valores medios se calcula el índice de resistencia conservada por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de resistencia conservada: } \frac{R_2}{R_1} \times 100$$

Donde:

- R_1 = resistencia a compresión de las probetas no sumergidas (Grupo 1).
 R_2 = resistencia a compresión de las probetas sumergidas (Grupo 2).

4.2. Expresión de los resultados.

4.2.1. En los resultados se expresan los siguientes datos:

- a) Índice de resistencia conservada.
- b) Condiciones de inmersión.
- c) Composición de la mezcla.
- d) Densidad aparente de las probetas.

4.2.2. Los resultados del índice de resistencia conservada se dan con una aproximación del 1,0 %.

5. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM Designación. D 1075-54
AASHO » T 165-55