

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

**METODOLOGIA PARA LA
CARACTERIZACION DE LIGANTES
ASFALTICOS MEDIANTE EL EMPLEO
DEL ENSAYO CANTABRO**

Autor: Jorge-Rodrigo Miro Recasens
Director: Felix Edmundo Perez Jimenez

Barcelona, marzo de 1994

ANEJO 1

PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACION Y FABRICACION EN FRIO Y EN CALIENTE DE PROBETAS CILINDRICAS PARA EL ENSAYO CANTABRO

1. OBJETO

- 1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse en la elaboración de probetas para el ensayo cántabro, tanto en probetas fabricadas con mezclas en frío como con mezclas en caliente, con el fin de reducir y limitar las dispersiones en los resultados de los ensayos y conseguir una buena repetibilidad y reproducibilidad del mismo.

2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

- 2.1 Conjunto de compactación - Extractor, maza de compactación, base de compactación, soporte del molde y moldes empleados en la norma NLT-159/86 "Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall".
- 2.2 Malla de plástico tipo mosquitera de aproximadamente 2 mm de abertura y gomas elásticas de 100 mm de largo.
- 2.3 Estufa de desecación de aire forzado regulable a la temperatura de 45 ± 2 °C.
- 2.4 Balanza - Una balanza de 0,1 g de sensibilidad y capacidad superior a 2 kg.

- 2.5 Material general - Bandejas, cazos, espátulas, guantes de amianto, cojedores curvos, etc.

3. PROCEDIMIENTO

3.1 Preparación y pesado de los áridos.

- 3.1.1 Se procederá en primer lugar a separar en fracciones los áridos a emplear mediante su tamizado.

- 3.1.2 Las fracciones en que se separarán los áridos serán las siguientes:

	10/5 mm	0,63/0,32 mm
25/12,5 mm	5/2,5 mm	0,32/0,080 mm
12,5/10 mm	2,5/0,63 mm	filler

- 3.1.3 El tamizado en seco de las fracciones superiores a 2,5 mm se considerará como suficiente y efectivo si después de terminado el proceso no pierde por lavado más del 1% de la cantidad retenida en cada tamiz. En caso contrario, se procederá al lavado de cada fracción en su tamiz correspondiente y a su posterior secado en estufa a la temperatura de 110 ± 5 °C hasta peso constante.
- 3.1.4 Las fracciones inferiores a 2,5 mm serán lavadas por sus tamices correspondientes y posteriormente secadas en estufa a la temperatura de 110 ± 5 °C hasta peso constante.
- 3.1.5 Separados los áridos en fracciones se procederá ponderalmente a la recomposición de la granulometría de la fórmula de trabajo.
- 3.1.6 En un recipiente tarado se van pesando sucesivamente las cantidades de cada una de las fracciones de tal modo que la cantidad total de árido sea de 1000 ± 1 g.

3.2 Preparación de las probetas

A. *Mezclas en caliente*

3.2.1 *Elaboración de la mezcla*

3.2.1.1 Se coloca a continuación el recipiente en una estufa o placa de calefacción y se calienta la mezcla de áridos a una temperatura que sea, como máximo, 25 °C superior a la especificada para la mezcla.

3.2.1.2 La cantidad de ligante necesaria para la fabricación de las probetas se coloca en un cazo pequeño y se calienta en estufa a la temperatura prescrita de mezclado. El ligante no debe de estar más de 1 hora a esta temperatura. El material sobrante se desecha.

3.2.1.3 A continuación se vierten los áridos en el recipiente para el mezclado y se efectúa una mezcla ligera en seco de los mismos; se forma un cráter en su centro y se añade por pesada la cantidad exacta de ligante calculada para la mezcla.

3.2.1.4 Manteniendo la temperatura de los materiales dentro de los límites especificados para su mezcla, se inicia el proceso de mezclado, y se continúa hasta que la mezcla quede homogéneamente cubierta.

3.2.2 *Compactación de las probetas*

3.2.2.1 La compactación de las probetas se realizará empleando la máquina y el procedimiento de compactación descritos en la norma NLT-159/86 "Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall".

3.2.2.2 El número de golpes a aplicar con la maza será de 50 por cara.

3.2.2.3 La temperatura de la mezcla, inmediatamente antes de la compactación, deberá estar comprendida dentro de los límites establecidos.

3.2.2.4 Una vez compactada la probeta, se debe esperar un tiempo mínimo de 2 horas antes de desmoldarla.

B. Mezclas en frío

3.2.1 Elaboración de la mezcla

3.2.1.1 Se vierten los áridos en el recipiente para el mezclado, y se efectúa una mezcla ligera de los áridos.

3.2.1.2 A continuación, únicamente cuando sea necesaria, se añade por pesada la cantidad exacta de agua de preenvuelta y se efectúa su mezclado hasta su homogénea distribución.

3.2.1.3 Se le añade a continuación por pesada la cantidad exacta de emulsión y se continúa el proceso de mezclado hasta que la mezcla quede homogéneamente cubierta.

3.2.2 Compactación de las probetas

3.2.2.1 La compactación de las probetas se realizará empleando la máquina y el procedimiento de compactación descritos en la norma NLT-159/86 "Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall".

3.2.2.2 El número de golpes a aplicar con la maza será de 50 por cara.

- 3.2.2.3 La compactación se realizará a temperatura ambiente inmediatamente después de realizada la envuelta.
- 3.2.2.4 Tras su compactación, se deslizará la probeta dentro del molde, empleando para ello un gato hidráulico, hasta enrasarla con su borde.
- 3.2.2.5 A continuación se coloca el molde sobre una bandeja apoyándola sobre su base enrasada.
- 3.2.2.6 La bandeja deberá tener su fondo perforado y revestido de una fina malla, tipo mosquitera, que permita la libre circulación del aire.
- 3.2.3 *Curado de las probetas*
 - 3.2.3.1 La bandeja con las probetas dentro del molde se introducirá en una estufa de secado de aire forzado a la temperatura de 45 ± 2 °C.
 - 3.2.3.2 Transcurridas 48 horas se sacará la bandeja, se dejarán enfriar las probetas durante un tiempo mínimo de 2 horas, y a continuación se procederá a desmoldarlas siguiendo la norma NLT-159/86.
 - 3.2.3.3 Cada una de las probetas se envolverá con una tira de plástico, tipo mosquitera de 2 mm de apertura, que se sujetará con dos gomas elásticas.
 - 3.2.3.4 A continuación se volverán a colocar de nuevo las probetas sobre la bandeja, apoyadas sobre su base, y se introducirá la bandeja en la estufa para su curado a 45 ± 2 °C durante 120 horas.
 - 3.2.3.5 El tiempo empleado en desmoldar la probeta, colocarles la malla protectora e introducirlas de nuevo en estufa no deberá superar las 4 horas.

4. DENSIDAD Y ANALISIS DE HUECOS

- 4.1 La densidad de las probetas puede determinarse tan pronto como se hayan enfriado a temperatura ambiente las probetas fabricadas en caliente y haya terminado el proceso de curado de las probetas fabricadas en frío.
- 4.2 El volumen de las probetas se determinará geométricamente midiendo con un calibre la altura media de las probetas.
- 4.3 Se realizarán con el calibre tres medidas en generatrices que formen entre sí un ángulo aproximado de 120° y se tomará como altura de la probeta el valor medio.
- 4.4 Como diámetro de la probeta se tomará el del molde empleado para su fabricación.
- 4.5 El análisis de huecos se llevará a cabo de acuerdo con el procedimiento recogido en la norma NLT 168.

ANEJO 2

CARACTERIZACION DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS ABIERTAS POR MEDIO DEL ENSAYO CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE

1. OBJETO

- 1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación del valor de la pérdida por desgaste de las mezclas bituminosas, empleando la máquina de Los Angeles. El procedimiento puede emplearse tanto en el proyecto de mezclas en laboratorio como para el control en obra de las mismas.
- 1.2 El procedimiento se aplica a las mezclas bituminosas de granulometría abierta, fabricadas en frío o en caliente, cuyo tamaño máximo de árido sea inferior a 25 mm.
- 1.3 El ensayo permite valorar indirectamente la cohesión, así como la resistencia a la disgregación de la mezcla, ante los efectos abrasivos y de succión originados por el tráfico.

2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

- 2.1 Máquina de Los Angeles - La máquina para el ensayo de desgaste de Los Angeles tendrá las características indicadas en la norma NLT-149/72 "Resistencia al desgaste de los áridos por medio de la máquina de Los Angeles".
- 2.2 Balanzas - Una balanza de 2 kg de capacidad y 0,1 g de sensibilidad.
- 2.3 Cámara termostática - Para mantener constante la temperatura durante el ensayo, se deberá disponer de una cámara o recinto capaz de alojar la máquina de Los Angeles, y en la que la temperatura de ensayo pueda regularse con un error máximo de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

3. PROCEDIMIENTO

3.1 Preparación de las probetas

- 3.1.1 Se prepararán un mínimo de cuatro probetas para cada contenido de ligante ensayado, de acuerdo con el procedimiento recogido en la norma "Procedimiento para la preparación y fabricación en frío y en caliente de probetas cilíndricas para el ensayo cántabro", no debiendo transcurrir, sobre todo en las probetas fabricadas en frío, más de 24 horas entre su preparación y la ejecución del ensayo.

3.2 Ejecución del ensayo

- 3.2.1 La temperatura de ensayo será de 25°C , con una tolerancia máxima de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Antes de ensayarlas, las probetas se mantienen a la temperatura de ensayo un mínimo de 6 horas.

- 3.2.2 Se determinará la masa de cada probeta, con aproximación de 0,1 g, y se anota este valor como P_1 .
- 3.2.3 Se introduce a continuación una probeta en el bombo de la máquina de Los Angeles y, sin la carga abrasiva de las bolas, se hace girar el tambor a la misma velocidad, normalizada en la NLT-149/72, de 3,1 a 3,5 rad/s (30 a 33 rpm), durante:
- 300 vueltas para mezclas en caliente
200 vueltas para mezclas en frío
- 3.2.4 Al final del ensayo, se saca la probeta y se pesa de nuevo con la misma aproximación de 0,1 g, anotado este valor como P_2 .
- 3.2.5 El ensayo se repite de forma idéntica con cada una de las probetas análogas preparadas según 3.2.

4. RESULTADOS

- 4.1 Se calcula el resultado del ensayo de pérdida por desgaste para cada probeta ensayada, mediante la expresión:

$$P = [(P_1 - P_2) / P_1] \times 10$$

donde:

P = valor de la pérdida por desgaste al cántabro, en %.

P_1 = masa inicial de la probeta, en gramos.

P_2 = masa final de la probeta, en gramos.

- 4.2 Se calcula el valor medio de todas las probetas análogas ensayadas, según 3.2.

- 4.3 En el resultado se incluirá la pérdida media por desgaste al cántabro. Se indicará también el tiempo que han estado las probetas en la cámara a 25 °C.

5. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

“Estudio de la dosificación, características y comportamiento de las mezclas bituminosas porosas para capas de rodadura drenantes”. Cátedra de Caminos y Aeropuertos. E.T.S.I.C.C.P. Universidad de Santander, 1980.

ANEJO 3

DETERMINACION DEL EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESION DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS DE GRANULOMETRIA ABIERTA POR MEDIO DEL ENSAYO CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE

1. OBJETO

- 1.1 Este método describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la pérdida de cohesión que se produce por la acción del agua sobre mezclas bituminosas de granulometría abierta.
- 1.2 En el ensayo se obtiene un índice numérico del aumento producido al comparar las pérdidas al cántabro obtenidas entre probetas mantenidas al aire y probetas duplicadas sometidas a la acción del agua, en las condiciones que se prescriben en esta norma.
- 1.3 El procedimiento se aplica a mezclas bituminosas de granulometría abierta, fabricadas en frío o en caliente, cuyo tamaño máximo de las partículas de árido sea inferior a 25 mm.

2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIO

- 2.1 Máquina de Los Angeles - La máquina para el ensayo de desgaste de Los Angeles tendrá las características indicadas en la norma NLT-149/72 "Resistencia al desgaste de los áridos por medio de la máquina de Los Angeles".
- 2.2 Balanzas - Una balanza de 2 kg de capacidad y 0,1 g de sensibilidad.
- 2.3 Cámara termostática - Para mantener constante la temperatura durante el ensayo, se deberá disponer de una cámara o recinto capaz de alojar la máquina de Los Angeles, y en la que la temperatura de ensayo pueda regularse con un error máximo de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.
- 2.4 Baño termostatzado - Para la inmersión de las probetas, se dispondrá de un baño termostatzado capaz de mantener la temperatura de ensayo con una variación de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

3. PROCEDIMIENTO

- 3.1 Preparación de las probetas
 - 3.1.1 Se preparan un mínimo de 8 probetas para cada contenido de ligante ensayado, de acuerdo con el procedimiento recogido en la norma "Procedimiento para la preparación y fabricación en frío y en caliente de probetas cilíndricas para el ensayo cántabro", no debiendo transcurrir, sobre todo en las probetas fabricadas en frío, más de 24 horas entre su preparación y la ejecución del ensayo.
- 3.2 Ejecución del ensayo
 - 3.2.1 Se dividen aleatoriamente las ocho probetas en dos grupos de cuatro.

- 3.2.2 Un grupo de cuatro probetas se pasan a una cámara o estufa regulada a 25 ± 1 °C y se determinarán sus pérdidas al cántabro de acuerdo con la norma NLT-352/86.
- 3.2.3 Las otras cuatro probetas del segundo grupo se sumergen durante 24 horas en un baño regulado a la siguiente temperatura:
- 45 ± 1 °C para mezclas fabricadas en frío
 60 ± 1 °C para mezclas fabricadas en caliente
- 3.2.4 Al final de este período se sacan del baño y se mantienen 24 horas en una cámara o estufa de secado regulada a 25 ± 1 °C e inmediatamente se procede a determinar sus pérdidas al cántabro de acuerdo con la norma NLT-352/86.

4. RESULTADOS

4.1 Cálculos

- 4.1.1 Se calcula el valor medio de la pérdida por desgaste al cántabro de cada grupo de probetas.
- 4.1.2 Con estos valores se calcula el índice de aumento de pérdidas por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Índice de aumento de pérdidas, \%} = (P_2 / P_1) \times 100$$

donde:

P_1 = pérdidas al cántabro de las probetas no sumergidas

P_2 = pérdidas al cántabro de las probetas sumergidas

4.2 Expresión

4.2.1 En los resultados se incluirán los siguientes datos:

- condiciones de inmersión
- densidad relativa media de cada grupo de probetas
- pérdidas al cántabro de cada grupo
- índice de aumento de pérdidas
- tiempo que han permanecido las probetas en la cámara a la temperatura de ensayo.

4.2.2 Los resultados del índice de aumento de pérdidas se darán con aproximación del 1%.