

Pulimento acelerado de los áridos

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse en el laboratorio para ensayar la susceptibilidad al pulimento de los áridos, mediante la máquina de pulimento acelerado, valorando esta susceptibilidad por medio del Coeficiente de Pulido Acelerado (CPA), determinado con ayuda del péndulo de fricción (NLT-175).

1.2 Este pulimento, conseguido mediante la acción del neumático de la máquina y los abrasivos empleados, pretende reproducir de manera acelerada el que experimenta el árido bajo la acción del tráfico real cuando forma parte de la capa de rodadura de una carretera.

Nota 1. Aunque las características del árido grueso son el factor más importante en el coeficiente de resistencia al deslizamiento de un pavimento, hay otros factores, como las condiciones del tráfico, tipo de superficie, etc., que pueden afectar a las características antideslizantes de la superficie de un pavimento. Todos estos factores, junto con la reproducibilidad de ensayo, deben ser tenidos en cuenta cuando se trate de establecer especificaciones para obras de carretera que definan los límites de los valores del CPA.

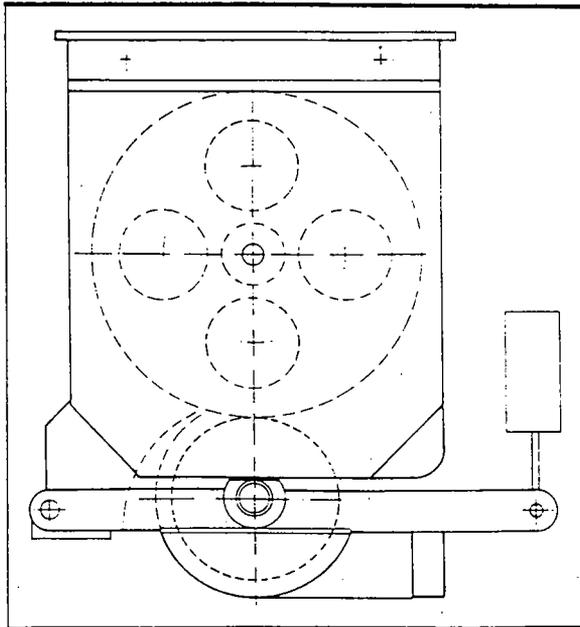


FIGURA 1. Máquina para el ensayo de pulimento de los áridos (diseñada por el RRL) (Mod. 1965).

2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 **Máquina de pulimento acelerado.** La máquina para el ensayo de pulimento de los áridos, representada en la figura 1, deberá montarse bien nivelada sobre una bancada rígida y tendrá las características que se indican a continuación:

2.1.1 Un mecanismo denominado «rueda de ensayo», sobre cuya periferia lisa se podrán fijar 14 probetas, según se indica en el apartado 3.6, con el fin de componer una superficie continua de rodadura, formada por las partículas de árido, de 45 mm de ancho y 406 mm de diámetro.

2.1.2 Un sistema para hacer girar la rueda de ensayo alrededor de su eje a una velocidad comprendida entre 33 y 34 rad/s (315 y 325 r.p.m.).

2.1.3 Un mecanismo formado por un brazo de palanca alineado con la rueda de ensayo, que lleva en su parte central una rueda neumática montada en un eje paralelo al de la rueda de ensayo, y en su extremo, una masa. La disposición será tal que permita girar libremente a la rueda neumática sobre la superficie de las probetas, formando aproximadamente un área de contacto de 8 cm² debida a una fuerza de 400 N (40 kgf) provocada por la pesa situada en el extremo del brazo de palanca.

2.1.4 El neumático de la rueda, del tipo industrial para carretillas, con diámetro exterior de 200 mm y ancho de 50 mm, será de las siguientes características: superficie lisa, de 8 x 2, con dos lonas y una dureza de la goma de 55 ± 5 grados internacionales, trabajando a una presión de inflado de 310 ± 14 kN/m² (3,15 ± 0,15 kgf/cm²).

2.1.5 Es importante que la máquina esté bien alineada y que ambas ruedas giren libremente sin juego en sus ejes. Para ello los planos de rotación de las dos ruedas no se desviarán del paralelismo más de 20 minutos de arco (0,8 mm en 150 mm). Al mismo tiempo el centro de los planos de las dos ruedas no estarán desplazados más de 0,8 mm.

2.1.6 Un mecanismo para la alimentación, a una velocidad uniforme, de los abrasivos empleados y del agua (fig. 2), de tal manera que estos materiales se viertan continuamente entre las superficies del

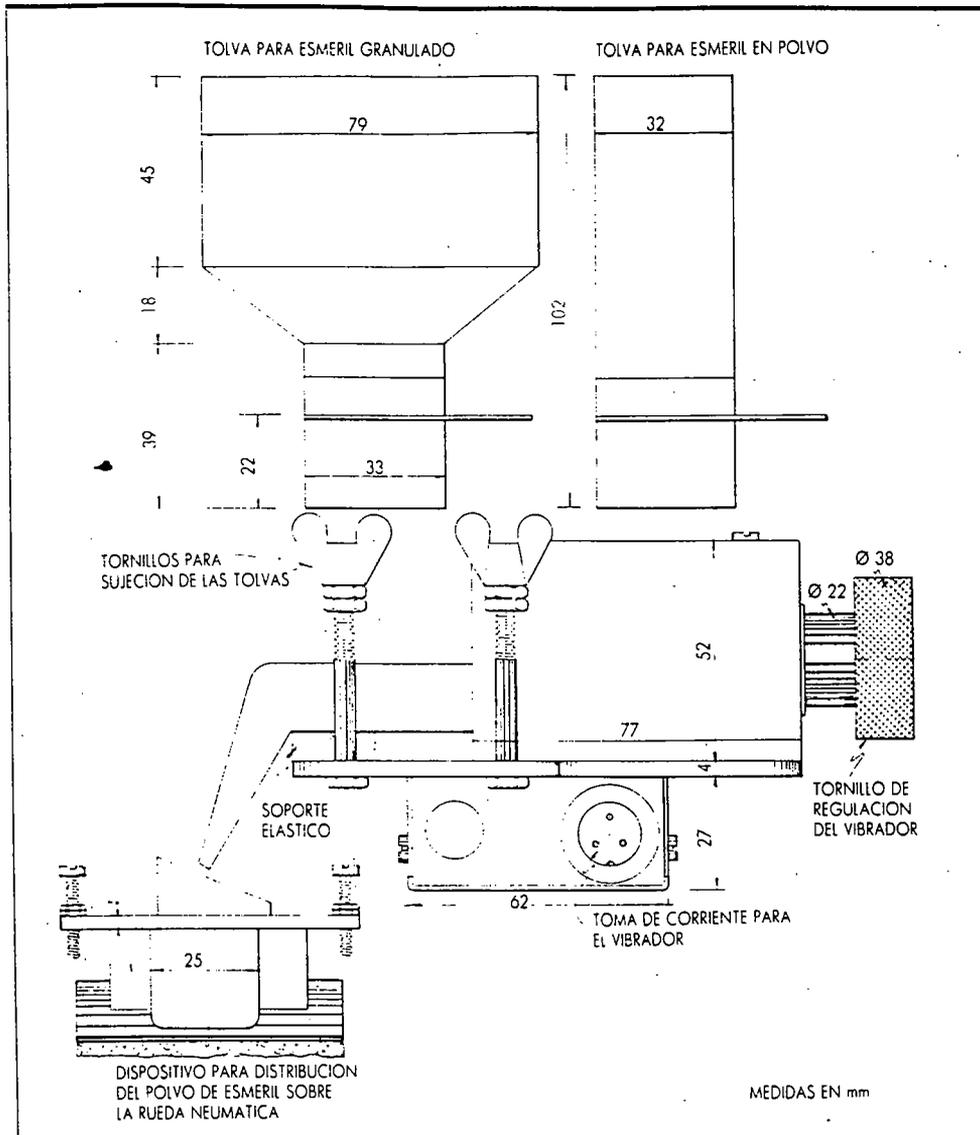


FIGURA 2. Dispositivos y tolvas para la alimentación de los materiales abrasivos.

neumático y de las probetas cuando se esté realizando el ensayo. Este mecanismo consiste en una tolva rigidamente unida al núcleo de un solenoide, que la pone en vibración. La amplitud de la vibración puede variarse por medio de una tuerca estriada, lo que permite regular la alimentación del material abrasivo durante el proceso del ensayo.

2.2 Moldes para la preparación de las probetas. Los moldes metálicos empleados para la fabricación de las probetas serán del tipo que se indica en la figura 3 y consistirán en segmentos circulares de la rueda de ensayo de 90,6 mm de longitud, 44,5 mm de ancho y 13 mm de altura.

2.3 Tamices. Tamices UNE; de malla cuadrada, de los siguientes tamaños: 10, 8, 0,63, 0,50, 0,40, 0,32, 0,20, 0,16 y 0,050 (ASTM 3/8 y 5/16 pulgadas y núms. 30, 35, 40, 50, 70, 80 y 270).

2.4 Materiales abrasivos.

2.4.1 Arena silíceo (Nota 2) dura y limpia o esmeril granulado, cuya granulometría esté comprendida dentro de los siguientes límites:

Nota 2. Arena y polvo de esmeril que cumpla las características indicadas en los apartados 2.4.1 y 2.4.2, pueden solicitarse al Laboratorio Regional del Servicio de Materiales de la 1.ª Jefatura Regional de Carreteras, Madrid.

TAMIZ UNE	TAMIZ ASTM	% QUE PASA
0,63	(Núm. 30)	98-100
0,50	(Núm. 35)	70-100
0,40	(Núm. 40)	30-90
0,36	(Núm. 45)	0-30
0,32	(Núm. 50)	0-5

TABLA 1.

2.4.2 Polvo de esmeril fino (Nota 2) separado por corriente de aire o por lavado con agua.

2.5 Materiales para la fabricación de las probetas de ensayo.

2.5.1 Arena silíceo dura y limpia, cuya granulometría está comprendida dentro de los siguientes límites:

TAMIZ UNE	TAMIZ ASTM	% QUE PASA
0,40	(Núm. 40)	100
0,32	(Núm. 50)	85-100
0,20	(Núm. 70)	20-50
0,16	(Núm. 80)	0-5

TABLA 2.

2.5.2 Cemento aluminoso tipo CA-350.

2.5.3 Arena fina silíceo para el relleno de los intersticios entre las partículas del árido que forme cada probeta, cuya totalidad pase por el tamiz 0,16 UNE (ASTM núm. 80).

2.5.4 Alambre de acero ordinario para armar las probetas de aproximadamente 1,2 mm de diámetro.

2.5.5 Bandas de polietileno de 0,25 mm de grueso, para el asiento de las probetas sobre la rueda de ensayo, y tiras del mismo material de 44,5 mm de largo y 13 mm de ancho para acoplamiento entre los bordes de las probetas contiguas.

2.6 Péndulo de fricción. El aparato utilizado para efectuar la medida inicial del coeficiente de resistencia al deslizamiento, así como la medida del pulimento acelerado a que son sometidos los áridos en el laboratorio, será el péndulo de fricción inglés (Skid Resistance Tester) (fig. 4), cuyas características estarán de acuerdo con las especificaciones dadas por la norma NLT-175.

2.7 Dispositivos y material para efectuar las medidas con el péndulo sobre probetas.

2.7.1 Zapatas de goma. Las zapatas de goma a emplear en la medida del grado de pulido de los áridos (fig. 5-a), serán de 32 mm de longitud, 25,5 mm de ancho y 6,5 mm de grueso. La masa del

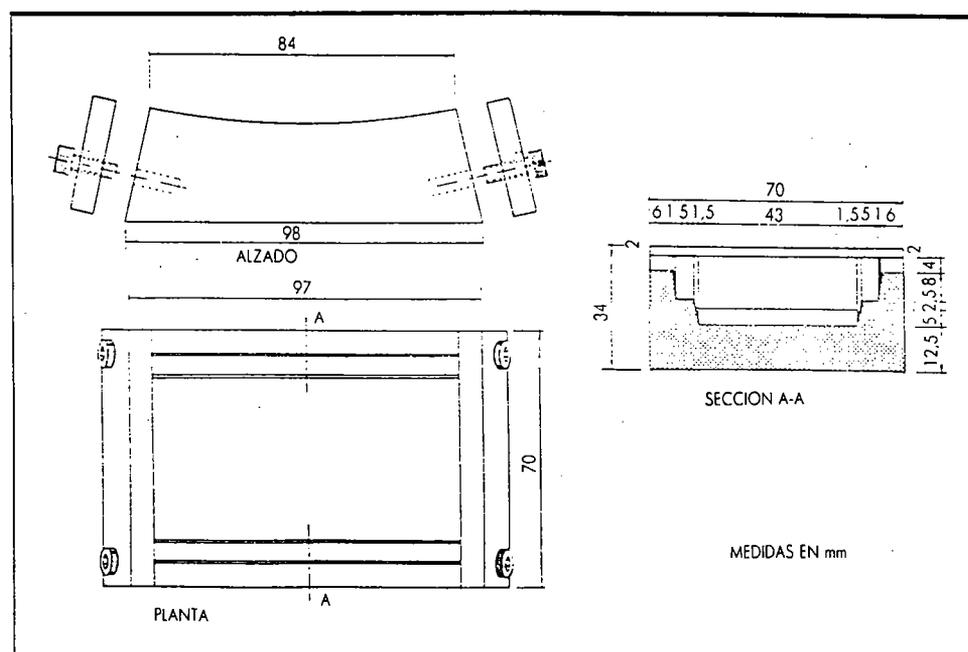


FIGURA 3. Molde para la preparación de las probetas.

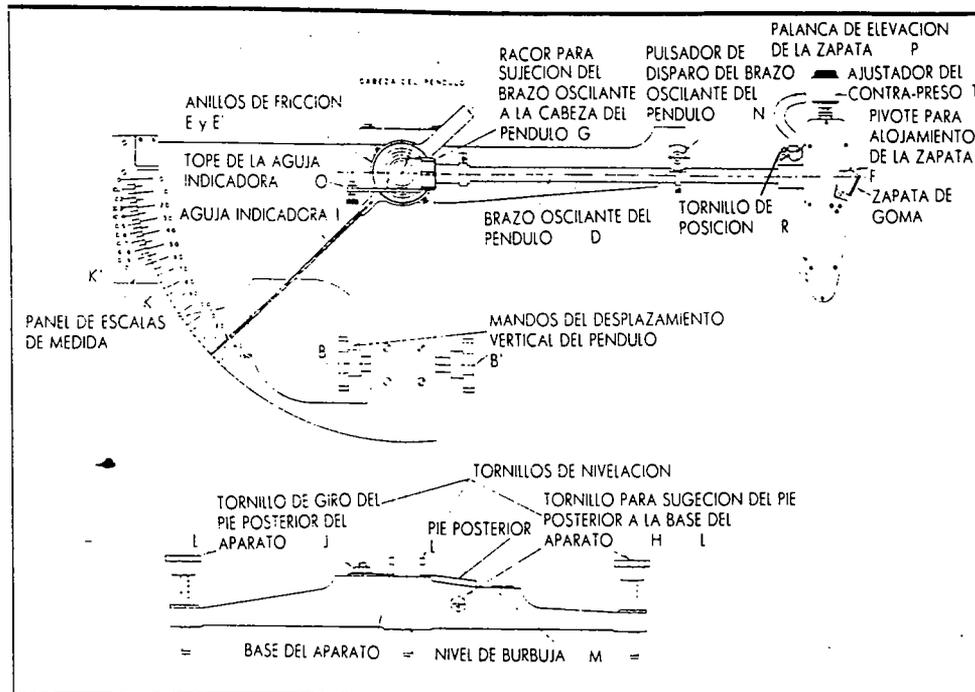


FIGURA 4. Péndulo de fricción (diseñado por el RRL) para la medida del CPA en el laboratorio y del CRD en el campo.

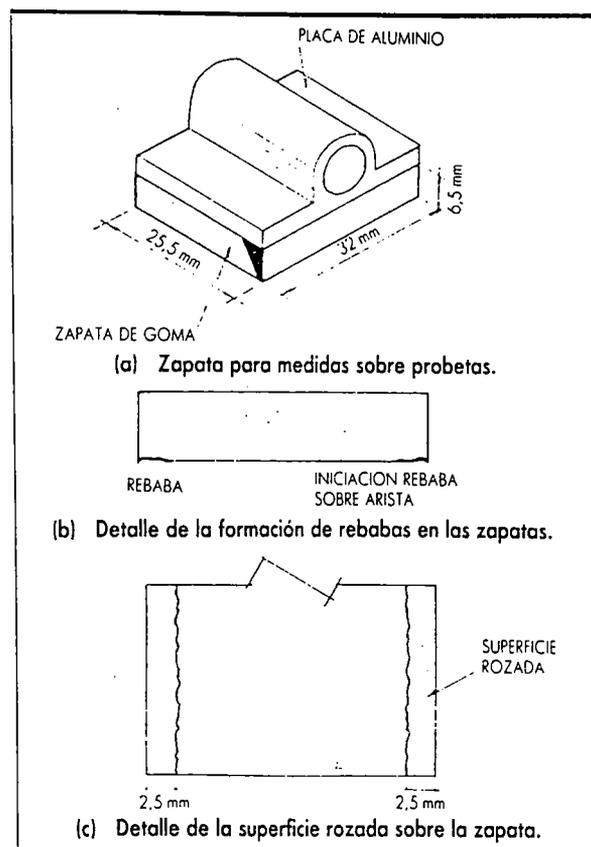


FIGURA 5. Zapatas de goma.

conjunto, zapata de goma y placa soporte de aluminio, será de 20 ± 5 g. Las características de la goma para las zapatas cumplirá las especificaciones fijadas en la norma NLT-175.

Las zapatas serán cortadas de planchas de goma. Sus aristas de trabajo presentarán cortes rectos y limpios, estando la goma libre de toda contaminación (abrasivos, aceite, etc.). No se utilizará ninguna zapata cuya resiliencia haya disminuido en más de 5 unidades en los seis primeros meses desde su fabricación. Las zapatas de goma sufren un cierto desgaste al rozar con la superficie de ensayo, que depende de la rugosidad macro o microscópica de la superficie que se mida, de la temperatura alcanzada por la goma y de su grado de mojado. Este desgaste da lugar a un área de contacto mayor entre zapata y superficie a medir, así como una mayor adherencia, que termina por originar en la arista de la zapata una rebaba (fig. 5-b), que también contribuye a aumentar la adherencia aunque disminuya la presión, obteniéndose de esta forma valores mayores de lo normal en las medidas efectuadas. En todos los casos deberá cambiarse la arista de rozamiento de la zapata con que se efectúen las medidas, cuando presente una superficie rozada superior a los 2,5 mm de ancho (fig. 5-c) o cuando se hayan practicado 35 pasadas después de su acondicionamiento.

2.7.2 Tela de abrasivo para acondicionamiento de las zapatas. Consistirá en tiras de tela de carbu-

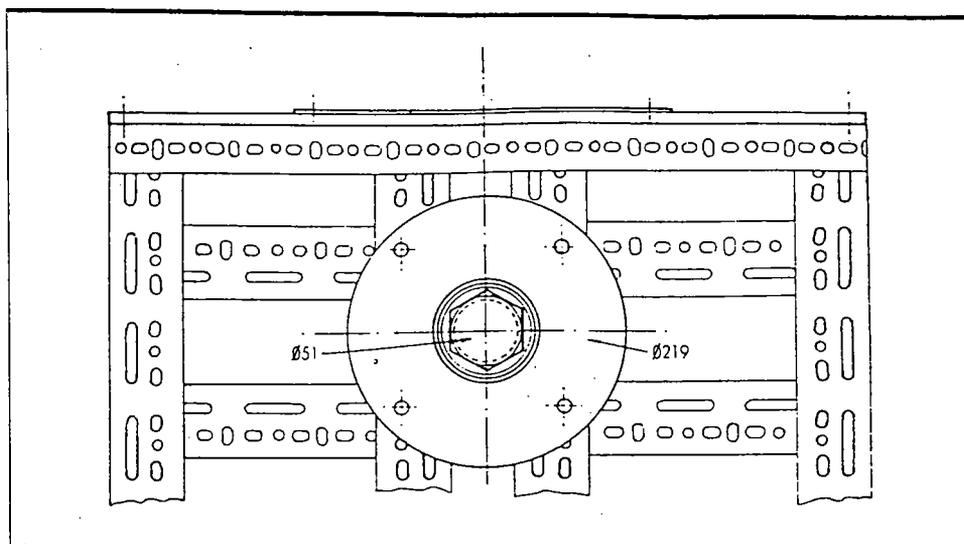


FIGURA 6. Detalle del dispositivo de fijación de la rueda de ensayo.

ro de silicio del número 60 (Nota 3), autoadhesivas, de 30 mm de ancho y 150 mm de longitud, pegadas sobre una base metálica.

Nota 3. Las características de la tela de carburo de silicio número 60 corresponden con la denominada «Safety Walk, tipo B», fabricada en España por la Firma 3 m.

2.7.3 Dispositivo cuando las probetas no se desmontan de la rueda de ensayo. Un dispositivo para fijar la rueda de ensayo (fig. 6) de la máquina de pulimento acelerado, descrita en el apartado 2.1.1, coincidente con la probeta curva a medir, transcurrido un período determinado del proceso de pulimento, de tal forma y manera que su eje horizontal quede alineado con el plano de desplazamiento del péndulo, y en su posición centrada respecto de la zapata de goma y del eje de suspensión de aquél.

2.7.4 Dispositivo cuando las probetas se desmontan de la rueda de ensayo. Un dispositivo (fig. 7), para sujetar la probeta curva rigidamente, una vez desmontada de la rueda de ensayo y transcurrido un

período determinado del proceso de pulimento, con su dimensión mayor en el sentido del plano de deslizamiento del péndulo, y centrada respecto de la zapata de goma y del eje de suspensión de aquél.

2.7.5 Plantilla graduada. Una plantilla metálica curva, graduada (fig. 8), para fijar la tolerancia permitida en la medida de la longitud de rozamiento, entre la zapata de goma y la superficie de la probeta a ensayar. La longitud de rozamiento correcta en las medidas a efectuar sobre probetas será de $74,9 \pm 1,3$ mm.

2.7.6 Utensilio para la limpieza de las probetas. Un cepillo de cerdas, de goma o artificial, duras, con una longitud de unos 20 mm, de forma redonda tipo betunero, de 40 mm de diámetro, para utilizarlo en la limpieza de las probetas a ensayar en el laboratorio.

2.7.7 Material auxiliar. Pulverizador, bandejas, espátulas, cepillos, etc.

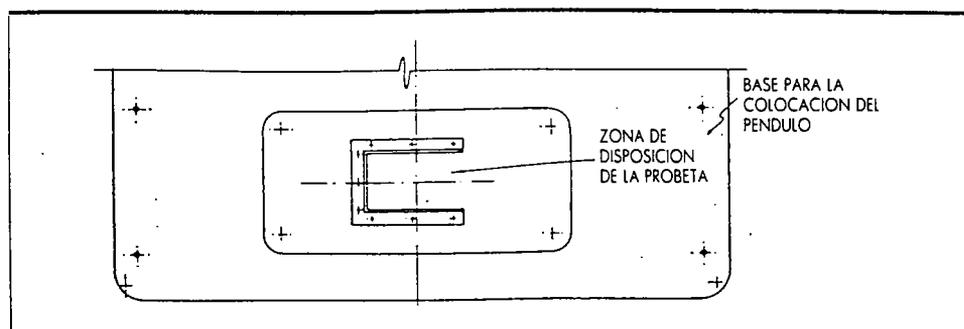


FIGURA 7. Detalle del dispositivo de fijación de las probetas desmontadas de la rueda de ensayo.

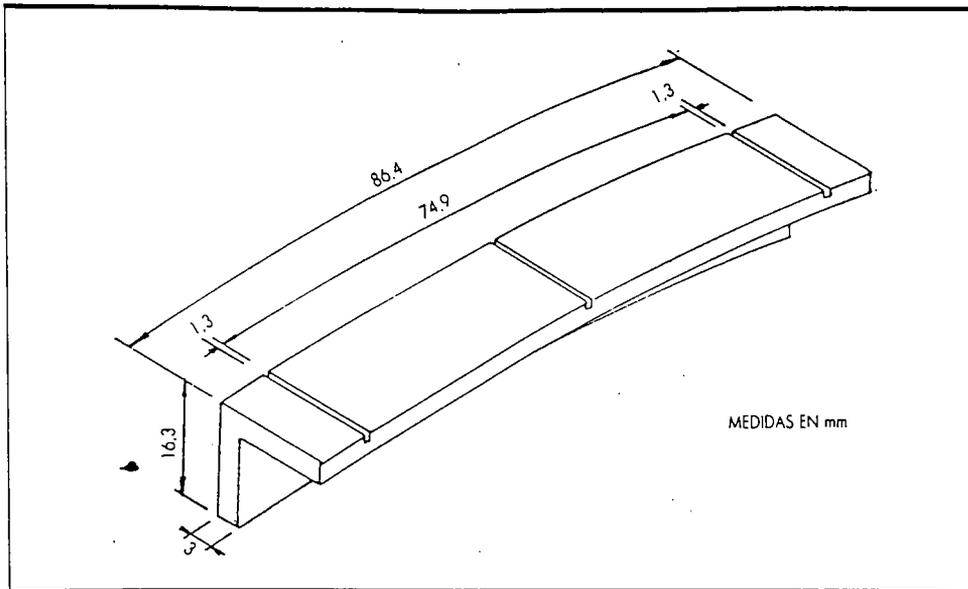


FIGURA 8. Plantilla metálica graduada para ajustar la longitud de medida sobre probetas.

3 PREPARACION DE LOS MATERIALES Y MECANISMOS DE ENSAYO

3.1 Preparación del árido. La cantidad mínima de árido necesaria para el ensayo de cada muestra será de unos 5 kg. El árido a ensayar deberá ser gravilla limpia de polvo por lavado y desecada en estufa a una temperatura comprendida entre 105 a 110 °C, con tamaño comprendido entre los tamices 10 y 8 UNE (ASTM 3/8 y 5/16 pulgadas). Las partículas del árido no tendrán forma de placa ni de aguja (Nota 4).

Nota 4. Una forma de eliminar las partículas lajosas del árido consiste en utilizar solamente el material retenido por la plantilla especial de lajas, con abertura alargada de 12,5 - 10 mm, empleada en la determinación, del coeficiente de forma.

El árido a ensayar deberá ser una muestra representativa del material producido por la planta de machaqueo, ya que las gravillas que se trituraron en el laboratorio pueden dar resultados altos y, por tanto, erróneos. La textura superficial de las partículas que se someta a la acción de pulimento del neumático debe ser representativa de la textura superficial media del árido a ensayar. En casi todas las muestras pueden aparecer un determinado número de partículas de árido que presenten una textura superficial muy lisa o muy rugosa; estas partículas no deben utilizarse en la preparación de las probetas de ensayo.

3.2 Preparación de los moldes. Los moldes a utilizar para la fabricación de las probetas, cuyas características se indican en el apartado 2.2, deberán ser ligeramente engrasados por sus caras inte-

riores laterales, mediante un trapo o pincel mojado en aceite mineral.

3.3 Preparación del mortero. El mortero se preparará mezclando arena y cemento a partes iguales (1/1), en peso (Nota 5), de la arena especificada en el apartado 2.5.1, y del cemento especificado en el apartado 2.5.2, con su correspondiente porcentaje de agua de amasado. Esta mezcla deberá quedar bien homogeneizada y con una consistencia plástica, al objeto de disponer de un período de tres cuartos de hora, en el que su manejabilidad facilite la preparación de las probetas.

Nota 5. Como fórmula recomendable a emplear en la preparación de un mortero de buenas características, para la fabricación de una serie de cuatro probetas, puede considerarse la siguiente:

MATERIALES	% DEL MATERIAL	MASA DEL MATERIAL EN g
Arena silícea	50	152
Cemento CA-350	50	152
Agua de amasado	19,6	60

3.4 Preparación de las probetas. Se comenzará la preparación de las probetas disponiendo en el fondo del molde una capa constituida por 40 a 60 partículas del árido a ensayar, del tamaño especificado en el apartado 3.1, situadas una al lado de la otra y tan cerca como sea posible, de manera que cubran el área del molde. Las partículas de piedra se colocarán una a una, de forma que escogiendo la cara más adecuada la superficie a pulimentar sea lo

más plana posible, no debiendo presentar en ningún caso aristas cortantes respecto a la superficie del neumático.

Una vez completado el fondo del molde con la capa de partículas del árido así dispuestas, se rellenarán los intersticios que queden entre las partículas con la arena fina especificada en el apartado 2.5.3 hasta la mitad de su espesor. Se humedecerá a continuación la arena con un pulverizador. Seguidamente se colocarán longitudinalmente en el molde, sobre la capa del árido, tres alambres de los especificados en el apartado 2.5.4. En estas condiciones se rellenará el molde con un mortero de arena y cemento, del tipo que se indica en el apartado 3.3. Una vez vertido el mortero en el molde y cubiertas totalmente las partículas de piedra y los tres alambres de refuerzo, se golpeará el molde ligeramente por sus cuatro costados con el mango de la espátula, al objeto de conseguir que el mortero penetre entre los intersticios del árido. A continuación, con la hoja de la espátula apoyada sobre los bordes del molde se enrasará cuidadosamente su superficie.

Las probetas así preparadas se mantendrán en sus moldes durante cuatro horas, período inicial de fraguado, al final del cual serán desmoldadas cuidadosamente. Seguidamente se curarán durante tres días en cámara húmeda y en condiciones normalizadas, sumergiendo las probetas en un recipiente con agua y manteniendo la superficie de los áridos hacia abajo, evitando el contacto de éstos con el fondo del recipiente mediante unas tiras de madera u otro material, en las que se apoyarán las probetas por sus guías; el agua del recipiente será cambiada cada día con el fin de eliminar la película de materia aluminosa que sobrenada en el líquido.

Se fabricarán cuatro probetas por cada tipo de árido a ensayar. Las probetas fabricadas tendrán un espesor uniforme y mínimo de 13 mm; la superficie de asiento será un arco de círculo del mismo diámetro de la periferia de la rueda de ensayo.

3.5 Montaje y preparación de la rueda neumática. La rueda neumática se montará en la máquina de ensayo tal como queda indicado en el apartado 2.1.3. Cuando se trate de una rueda neumática nueva será preparada antes de ser empleada en un ensayo haciéndola girar durante tres horas bajo un régimen de arena y agua, y otras tres horas bajo un régimen de polvo de esmeril y agua, en la misma forma que se especifica para el ensayo normal en los apartados 3.6 y 3.7, utilizando para este proceso de preparación probetas de reserva, dos de las cuales serán probetas de árido patrón con CPA de alrededor de 0,50 (Nota 6) no pulimentadas.

Nota 6. Un neumático nuevo se considerará preparado para su utilización en el ensayo de pulimento acelerado cuando la medida del CPA de las probetas patrón esté comprendida alrededor del valor medio con una dispersión de 0,4 unidades. Si la medida del CPA es superior al valor medio se continuará el proceso de preparación hasta alcanzar tal valor. Un neumático se utilizará en ensayos de pulimento acelerado hasta que el desgaste provocado en la muestra patrón sea inferior al valor medio, o presente señales de desgaste irregular. En general, dependiendo de la naturaleza de los áridos, la duración de un neumático suele ser de diez a veinte ensayos completos (de 60 a 120 horas).

3.6 Preparación de la rueda de ensayo. Las probetas ya fabricadas y desmoldadas, como se indica en el apartado 3.4, se montarán firmemente alrededor de la periferia de la rueda de ensayo, mediante las pletinas laterales, colocando antes bajo las probetas y entre cada dos de ellas las bandas de polietileno especificadas en el apartado 2.5.5.

Las catorce probetas a montar en la rueda de ensayo deben numerarse en la forma siguiente:

- 4 probetas de la primera muestra: 1 a 4.
- 4 probetas de la segunda muestra: 5 a 8.
- 4 probetas de la tercera muestra: 9 a 12.
- 2 probetas de árido patrón: 13 y 14.

La disposición de las 14 probetas en la rueda de ensayo se hará de acuerdo con el siguiente orden:

1-14-5-8-7-13-10-4-3-11-12-2-6-9

Nota 7. El orden de disposición de las probetas en la rueda de ensayo ha sido obtenido a partir de una tabla estadística de números aleatorios.

3.7 Alimentación de arena o esmeril granulado y agua. La alimentación del abrasivo especificado en el apartado 2.4.1, mediante el mecanismo descrito en 2.1.6, se efectuará a un régimen de 20 a 35 g/min de arena o esmeril granulado (régimen medio recomendado 27,5 g/min), añadiendo a la vez un caudal igual de agua a la temperatura de 20 ± 2 °C.

3.8 Alimentación del polvo de esmeril y agua. La alimentación del polvo de esmeril especificado en el apartado 2.4.2, mediante el mecanismo descrito en 2.4.6, se efectuará a un régimen de 2 a 4 g/min de polvo de esmeril (régimen medio recomendado de 3 g/min) y un caudal doble de agua a la temperatura de 20 ± 2 °C.

3.9 Acondicionamiento de las zapatas de goma. Cada arista de la zapata que vaya a ser utilizada en medidas sobre probetas de ensayo será acondicionada dando 5 pasadas sobre la superficie seca y otras 20 pasadas sobre la superficie húmeda de una tira de tela de abrasivo, de las especificadas en el apartado 2.7.2.

La tira de tela de abrasivo se humedecerá por medio de agua limpia, a la temperatura de 20 ± 2 °C.

En las caras laterales de las dos aristas acondicionadas de cada zapata deberá marcarse una zona triangular (fig. 5-a), con pintura blanca o amarilla, para poder apreciar con mayor claridad los puntos de contacto inicial y final del recorrido de la superficie a medir (apartado 4.3.6), fijado con ayuda de la plantilla graduada especificada en el apartado 2.7.5. Cada zapata de goma solamente podrá utilizarse en ensayos de medida con el péndulo el mismo día de su acondicionamiento.

4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

4.1 Medida inicial del coeficiente de resistencia al deslizamiento. La medida inicial sobre las probetas a ensayar se efectuará siguiendo las instrucciones del apartado 4.3 y siguientes, así como las instrucciones generales de la norma NLT-175.

4.2 Pulimento acelerado de las probetas. La temperatura de la habitación en la que se efectúe el ensayo de pulimento acelerado estará comprendida entre 15 a 25 °C.

4.2.1 Ciclo de pulimento con arena o esmeril granulado y agua. La rueda de ensayo con las probetas ya fijadas a la misma se acoplará al eje de la máquina en su posición normal de trabajo. A continuación se apoyará la rueda neumática sobre la superficie de las probetas y se colocará, colgada en el extremo del brazo de palanca, la pesa precisa para ejercer sobre aquéllas una carga total de 400 N. Seguidamente se ajustará el mecanismo de alimentación de la arena o esmeril granulado, abriéndose la llave del agua, de forma que el caudal de alimentación sea para ambos el fijado en el apartado 3.7. Inmediatamente se pondrá la máquina en marcha a su velocidad de trabajo de 33 a 34 rad/s, durante un período de 3 horas \pm 5 minutos.

Transcurrido este ciclo de pulimento de las probetas, se parará la máquina. Se limpiarán la rueda y las probetas completamente por medio de agua, sin desmontarlas, hasta que hayan desaparecido todas las partículas de arena o esmeril granulado.

Se desmontará de la máquina el mecanismo de alimentación empleado anteriormente.

4.2.2 Ciclo de pulimento con polvo de esmeril y agua. Se montará ahora, sobre la rueda neumática, el mecanismo de alimentación para el polvo de esmeril, ajustando su caudal de alimentación como se indica en el apartado 3.8. Se apoyará de nuevo la rueda neumática sobre la superficie de las probetas y se colocará, colgada en el extremo del brazo de palanca, la pesa precisa para ejercer sobre aquéllas una carga total de 400 N.

Seguidamente se pondrá la máquina en marcha a su velocidad de trabajo de 33 a 34 rad/s durante un período de 3 horas \pm 5 minutos.

Transcurrido este segundo ciclo de pulimento de las probetas, se parará la máquina, procediéndose a la limpieza de la rueda y de las probetas como se indica en el apartado 4.2.1.

Después de la limpieza y lavado de las probetas, si éstas son desmontadas de la rueda de ensayo, se mantendrán durante un período de 1/2 hora a 2 horas, con la superficie del árido hacia abajo, en un recipiente con agua a una temperatura comprendida entre 18 a 22 °C, y dispuestas en la misma forma que se indica en el apartado 3.4. Inmediatamente de sacarlas del baño deben ser ensayadas con el péndulo de fricción, tal como se indica en el apartado 4.3. En ningún momento anterior a las medidas con el péndulo debe permitirse que las probetas se sequen (Nota 8.)

Nota 8. Las probetas después de pulidas son muy delicadas de manejo, debiéndose evitar el tocar con los dedos sus superficies pulimentadas.

4.3 Medida del pulimento. Para efectuar la medida inicial del coeficiente de resistencia al deslizamiento sobre probetas de árido (apartado 4.1), así como medidas del Coeficiente de Pulido Acelerado (CPA) alcanzado por las probetas de árido en el proceso de pulimento (apartado 4.2), tanto si las probetas son o no desmontadas de la rueda de ensayo (apartados 2.7.3 y 2.7.4), se utilizará el péndulo de fricción (apartado 2.6) y deberá operarse siguiendo las instrucciones de la norma NLT-175 y las que se especifican a continuación:

4.3.1 Las medidas del ensayo sobre probetas de árido se efectuarán a la temperatura de 20 ± 2 °C. El péndulo de fricción se mantendrá en la sala de trabajo, por lo menos dos horas, antes de comenzar los ensayos y al objeto de que el aparato pueda alcanzar la temperatura ambiente.

4.3.2 El péndulo se colocará sobre la base firme que aparece en las figuras 6 ó 7, procediéndose a su montaje y nivelación como se indica en la norma NLT-175.

4.3.3 En la medida inicial del coeficiente de resistencia al deslizamiento (apartado 4.1) no es preciso efectuar la operación de limpieza de las probetas que se indica en el siguiente apartado 4.3.4.

4.3.4 Las probetas de ensayo, después del segundo ciclo de pulimento, se limpiarán por medio de agua, ayudándose con el cepillo que se indica en el apartado 2.7.6, asegurándose de que su superficie quede libre de partículas de los abrasivos utilizados en el proceso de pulimento.

4.3.5 A continuación la probeta a medir se sujetará firmemente, bien mediante el dispositivo descrito en el apartado 2.7.3 y cuando la medida se efectúe sin desmontar las probetas de la rueda de ensayo, o bien mediante el dispositivo descrito en el apartado 2.7.4 y cuando la medida se efectúe desmontando las probetas de la rueda de ensayo.

Según que se emplee uno u otro dispositivo para la realización de las correspondientes medidas de ensayo, las probetas deberán ser colocadas de manera que su dimensión mayor quede dispuesta en la misma dirección que la trayectoria a recorrer por zapata, y simétricamente con ésta y el eje de oscilación. La zapata deslizará sobre la probeta en la misma dirección (Nota 9) que es recorrida la rueda de ensayo por el neumático, en la máquina de pulimento.

Nota 9. Para efectuar correctamente esta operación es conveniente marcar un borde longitudinal en cada probeta. Si esta marca está en el lado más lejano del operador durante el proceso de pulimento, deberá quedar del lado más próximo al operador durante el proceso de medidas con el péndulo, y viceversa.

4.3.6 Montado el péndulo y comprobado el «cero» del aparato como prescribe la norma NLT-175, se ajustará la cabeza del péndulo de forma que la zapata de goma, en su contacto sobre la probeta, recorra una longitud de $76,2 \pm 1,3$ mm, que será fijada con ayuda de la plantilla graduada especificada en el apartado 2.7.5.

4.3.7 En la realización de las medidas de cada conjunto de catorce probetas se utilizarán dos aristas de dos zapatas diferentes, acondicionadas como se indica en el apartado 3.9. Con objeto de distribuir las diferencias debidas a las distintas zapatas y para compensar los desgastes de las mismas, las probetas serán ensayadas con el péndulo de fricción en el siguiente orden:

- 1.^a zapata: Probetas 1, 3, 5, 7, 9, 11 y 13.
- 2.^a zapata: Probetas 14, 12, 10, 8, 6, 4 y 2.

4.3.8 Antes de efectuar las correspondientes medidas de ensayo, la superficie de las probetas y la arista de la zapata se humedecerán con abundante agua limpia, a la temperatura de 20 ± 2 °C, procurando no descolocar la zapata de su posición correcta.

4.3.9 Se procederá en este momento a la realización de las medidas, dejando caer libremente desde su posición de disparo el brazo del péndulo y la aguja (Nota 10), anotándose la lectura marcada por ésta en la escala graduada K' (fig. 4) y redondeando el valor leído a la centésima.

Esta operación se repetirá cinco veces sobre cada probeta de idéntico material y operando siempre en

las mismas condiciones, volviendo a mojar con agua la superficie de ensayo y la arista de la zapata antes de cada disparo. En estas condiciones, se tomará como valor medio el resultante de las tres últimas lecturas obtenidas sobre cada probeta.

Nota 10. Después de cada disparo y medida, el brazo del péndulo y la aguja se volverán a su posición de reposo, debiendo recogerse el brazo oscilante en su recorrido de regreso y antes de que pase por su posición vertical, evitando así el roce de la zapata sobre la superficie de contacto y su consecuente deterioro, ayudándose para ello de la palanca de elevación P (fig. 4).

4.3.10 Con objeto de obtener información adicional respecto a la evolución del grado de pulimento que puede experimentar un árido, es conveniente realizar medidas sobre las probetas de la resistencia a ese pulimento con el péndulo de fricción, una vez transcurridos distintos periodos durante el ensayo, generalmente cada hora, en cuyo caso el proceso de parada de la máquina y limpieza de la rueda de ensayo y las probetas, indicados en los apartados 4.2.1 y 4.2.2, se efectuará antes de proceder a la correspondiente medida.

5 RESULTADOS

5.1 Expresión de los resultados

5.1.1 La lectura del valor marcado por la aguja del péndulo en la escala K' al realizar las medidas del ensayo, se redondeará a la centésima.

5.1.2 El resultado de las medidas efectuadas con el péndulo de fricción sobre las probetas pulimentadas, será el valor medio de las cuatro probetas de cada muestra ensayada y se expresará en la forma de: Coeficiente de Pulido Acelerado (CPA).

5.1.3 Cuando se hayan realizado medidas con el péndulo de fricción en la forma que se indica en el apartado 4.3.10, se incluirá en el resultado del ensayo los coeficientes de resistencia al pulimento obtenidos a distintos periodos de ensayo, literal y/o gráficamente.

5.2 Precisión

5.2.1 Si los valores medios de las tres últimas lecturas obtenidas sobre las cuatro probetas de cada árido ensayado difieren, como máximo, en más de cinco unidades, se fabricará otra nueva serie de cuatro probetas de idéntico material, para su nuevo ensayo en la máquina de pulimento acelerado y su consiguiente medida con el péndulo de fricción.

5.2.2 Reproducción. Se pueden aceptar con el 95 % de probabilidad los resultados de los ensayos

realizados por distintos operadores y diferentes laboratorios que no difieran en ± 3 unidades.

Nota 11. El valor de la reproducibilidad está basado en los resultados medios obtenidos con áridos para carreteras, con coeficientes de pulido comprendidos entre 0,30 y 0,68. Por el momento no se dispone de datos suficientes para saber si el valor de la reproducibilidad del ensayo se cumple en todo el intervalo más arriba indicado.

6 OBSERVACIONES

6.1 La goma en planchas o cortada en zapatas se almacenarán protegidas de la luz y a una temperatura comprendida entre 10 a 20 °C.

6.2 No se utilizarán zapatas de goma que tengan más de un año de edad, contado a partir de los seis primeros meses desde su fabricación.

6.3 Una vez concluido todo proceso de acondicionamiento de zapatas de goma, es conveniente revisar el estado de las aristas y los valores de los coeficientes obtenidos; estos valores, si la longitud de contacto fue correcta, deberán ser muy parecidos. Los resultados de este procedimiento pondrán de manifiesto las zapatas defectuosas, que serán eliminadas, o el incorrecto ajuste del péndulo de fricción, que deberá ser corregido.

6.4 En la comprobación del «cero» del péndulo de fricción (apartado 4.3.6 y norma NLT-175) se repetirán los disparos de la aguja indicadora I y las correcciones con los anillos de fricción E y E' (fig. 4)

precisos, hasta que la aguja marque en consecutivas veces la lectura «cero» en la escala K'.

6.5 Después de un determinado número de medidas con el péndulo de fricción (5 ó 6 probetas), es conveniente realizar una nueva comprobación del «cero» del aparato.

6.6 Al objeto de evitar vibraciones o movimientos en la base del péndulo, se recomienda sujetar el aparato con una ligera presión de la mano izquierda sobre la parte superior de la columna vertical, cada vez que se efectúa un disparo del brazo oscilante.

6.7 Es conveniente efectuar la calibración periódica del péndulo de ensayo. Para esta comprobación de mantenimiento del aparato, la División de Materiales del Ministerio de Obras Públicas dispone de los elementos necesarios, pudiendo recurrir a dicho organismo cualquier laboratorio que precise sus servicios.

7 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

BS 812: Part 3 «Testing aggregates. Methods for determination of mechanical properties». (Revisión 1970).

8 NORMA PARA CONSULTA

NLT-175 «Coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo del TRRL».