

Evaluación de la actividad de una escoria granulada de horno alto

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para evaluar la actividad de una escoria granulada de horno alto, de producción reciente, cuando va a emplearse como conglomerante en materiales tratados para carreteras.

1.2 La norma describe dos procedimientos de ensayo para evaluar la friabilidad y la activación del material por vía básica.

1.2.1 El método de evaluación de la friabilidad somete a la escoria a un proceso de molienda normalizado, evaluando el porcentaje de polvo mineral (elementos inferiores a $80 \mu\text{m}$) que se forma durante el mismo. Este valor unido a la superficie específica del polvo mineral natural del material permite definir un coeficiente de actividad al que denominaremos «coeficiente α ».

1.2.2 El método de evaluación de la activación del material por vía básica establece un índice de actividad de la escoria, que resulta de comparar la resistencia a compresión de un mortero normalizado de cemento y un mortero normalizado de escoria granulada molida activada con cemento, a diferentes edades.

1.3 La determinación de la actividad de una escoria granulada de horno alto tiene utilidad en la caracterización del producto, e igualmente como elemento de control de la uniformidad de partidas y fuentes de suministro.

METODO DE EVALUACION DE LA FRIABILIDAD

2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 Molino de escorias y accesorios

2.1.1 El molino estará dotado de un grupo eléctrico-reductor que asegure al dispositivo de molienda una velocidad constante de $5,2 \text{ rad/s}$ (50 r.p.m.) durante todo el ensayo y un contador de revoluciones que permita detener el ensayo a las 2.000 vueltas.

2.1.2 Tres recipientes de porcelana industrial de cuatro litros de capacidad dotados de tapa y junta que garanticen su estanqueidad. Las medidas de estos recipientes se ajustarán a las establecidas en la figura 1.

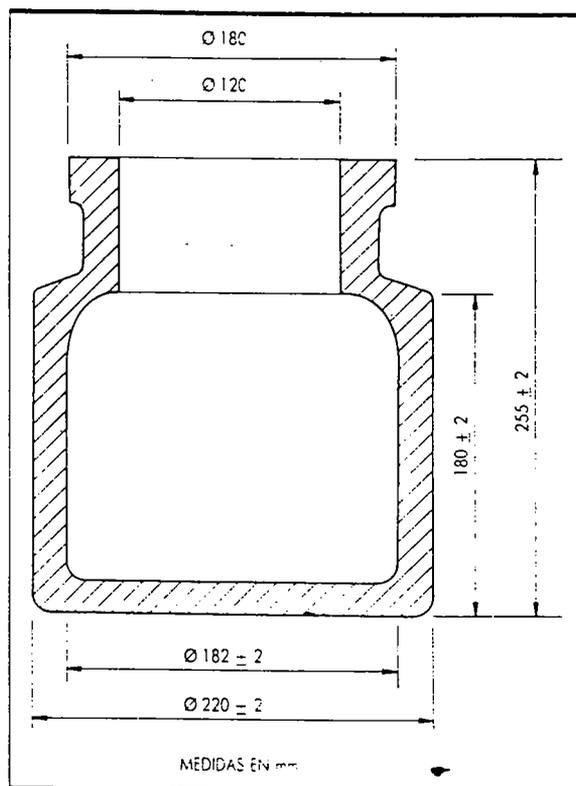


FIGURA 1. Recipiente para la molienda.

2.1.3 Los elementos de molienda serán bolas de porcelana industrial, de diámetro comprendido entre 18 y 20 mm. El peso de las bolas a emplear en el ensayo será de $1.950 \pm 10 \text{ g}$.

2.2 **Permeabilímetro de Blaine.** Un permeabilímetro de Blaine dotado de los accesorios y elementos necesarios, que permitan la ejecución del ensayo de determinación de la superficie específica, descritos en la norma UNE 80.106.

2.3 **Picnómetro,** dotado de los accesorios y elementos necesarios, que permitan la ejecución del ensayo

de determinación de la densidad relativa, descritos en la norma NLT-155.

2.4 Balanzas. Una balanza con capacidad mínima de 500 g y una precisión de ± 1 g y otra de 150 g de capacidad máxima y precisión de ± 1 mg.

2.5 Estufa, capaz de mantener 110 ± 5 °C.

2.6 Cuarteador, de abertura superior a 5 mm.

2.7 Cepillo de púas de poliamida (nylon) fuerte y un pincel de cerdas suaves.

2.8 Tamices UNE de: 10 mm, 5 mm, 500 μm y 80 μm .

3 PROCEDIMIENTO

3.1 Toma de muestras

3.1.1 Se toma una muestra representativa de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma NLT-148, de manera que su masa, una vez seca, sea aproximadamente de 5 kg.

3.2 Preparación de la muestra

3.2.1 La muestra se seca en estufa a 105 °C hasta peso constante.

3.3 Ensayo de friabilidad por molienda

3.3.1 Se cuarteo el material para obtener una muestra de unos 2 kg y se pesa (P_1) con precisión de 1 g. Se tamiza la muestra por el tamiz de 5 mm con el objetivo de eliminar los elementos inertes de tamaño superior; durante el tamizado debe cepillarse el tamiz con el cepillo de nylon con el fin de romper y hacer pasar todos los elementos friables. Se pesa el material inerte retenido (P_2) con precisión de 1 g, antes de eliminarlo.

Del material que pasa por el tamiz de 5 mm se obtienen, mediante cuarteo, tres muestras de 500 ± 1 g que serán objeto del ensayo de molienda.

3.3.2 Antes del ensayo de molienda y para cada recipiente se comprueba la masa de las bolas de porcelana (1.950 g). Si ésta ha descendido por debajo de 1.940 g, eliminar las bolas más desgastadas sustituyéndolas por otras nuevas hasta completar una masa de 1.950 ± 1 g.

Periódicamente se controlan las dimensiones interiores del recipiente de molienda, reemplazándolo cuando su diámetro interior exceda de 190 mm.

3.3.3 Introducir en cada recipiente las muestras de 500 gramos preparadas y la carga de bolas. Se

colocan los recipientes en el molino y se comienza la molienda que debe detenerse automáticamente al completar 2.000 vueltas.

Se vacía el contenido de cada recipiente sobre el tamiz UNE 10 mm para separar las bolas de porcelana de la escoria molida. Se cepillan las bolas y el recipiente con el pincel para recuperar todo el polvo mineral formado.

Se lavan y secan las bolas antes de proceder a otro ensayo.

3.3.4 Se tamiza en seco, por separado, cada una de las muestras de escoria molida sobre los tamices UNE 500 μm y 80 μm , y se recupera el material que pasa por este último tamiz para emplearlo en la determinación del peso específico.

Se continúa el tamizado por lavado sobre el tamiz UNE 80 μm . Se seca la fracción retenida y una vez seca se tamiza de nuevo. Se pesa el material final retenido (p) con precisión de 1 g.

3.4 Determinación de la densidad relativa del material

3.4.1 Se determina la densidad del material que pasa por el tamiz UNE 80 μm procedente del ensayo de molienda, mediante el procedimiento operativo descrito en la norma NLT-155 (Nota 1).

Nota 1 Al proceder el material de un proceso de molienda, sus partículas son angulosas y requieren un mayor tiempo para eliminar las burbujas de aire que contienen.

3.4.2 La determinación de la densidad relativa, como media de tres ensayos, se realiza sólo una vez para cada serie de muestras de la misma procedencia.

3.5 Medida de la superficie específica

3.5.1 La determinación de la superficie específica se realiza sobre el polvo mineral natural que presenta la escoria granulada según el procedimiento operativo descrito en la norma UNE 80-106.

3.5.2 El ensayo no se puede realizar por el método de medida a porosidad constante dada la gran variabilidad del material. La porosidad debe determinarse en cada ensayo. La masa de polvo mineral a emplear será tal que permita obtener después del apisonado del material, en la célula de permeabilidad, una capa cerrada sin excesiva compactación. Se efectúa el llenado de la célula de una sola vez dando ligeras sacudidas para nivelar la capa. En el caso de que la cantidad de polvo mineral no permita cerrar la célula, se vuelve a realizar la operación con una fracción de muestra más pequeña.

4 RESULTADOS

4.1 Porcentaje de elementos inertes.

El porcentaje de elementos inertes superiores a 5 mm presentes en la escoria se define por la expresión:

$$X = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100$$

donde:

- X Porcentaje de elementos inertes > 5 mm.
- P₁ Masa inicial de la muestra en gramos.
- P₂ Masa del material retenido en el tamiz 5 mm en gramos.

4.2 Friabilidad. Se define por friabilidad el porcentaje de elementos inferiores a 80 μm obtenidos tras el proceso de molienda, y que se calcula según la siguiente expresión:

$$F = \frac{500 - p}{500} \cdot 100$$

donde:

- F Friabilidad.
- p Masa en gramos del material retenido por el tamiz de 80 μm.

4.3 Coeficiente α. Por definición el coeficiente de una escoria granulada viene dado por la fórmula:

$$\text{Coeficiente } \alpha = \frac{S \cdot F}{1.000}$$

donde:

- S Superficie específica Blaine en cm²/g.
- F Friabilidad en %

Los resultados se darán sin decimales.

El coeficiente α deberá ir siempre acompañado del porcentaje X de elementos inertes superiores a 5 mm. Si este porcentaje fuese superior al 5 % el coeficiente deberá ser corregido con el fin de tener en cuenta la presencia de estos elementos.

$$\alpha \text{ real} = \alpha \text{ medido} \cdot \frac{100 - X}{100}$$

METODO DE EVALUACION DE LA ACTIVACION POR VIA BASICA

5 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

5.1 Todos y cada uno de los aparatos descritos en la norma UNE 80-101.

5.2 Mesa de sacudidas. Una mesa de sacudidas y sus accesorios correspondientes que cumpla las especificaciones marcadas en la norma ASTM C 230.

5.3 Molino de escorias y accesorios. Estará formado por los mismos elementos y tendrá las mismas características que las definidas en el apartado 2.1.

5.4 Cemento Portland. El cemento Portland de referencia que se emplee en el ensayo deberá cumplir todas y cada una de las especificaciones marcadas por el Pliego de Recepción de Cementos RC-88, y con una resistencia mínima a compresión a los 28 días de 35 MPa.

6 PROCEDIMIENTO

6.1 Toma de muestras

6.1.1 Se toma una muestra representativa de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma NLT-148 de manera que su masa, una vez seca, sea aproximadamente de 5 kg, y se pesa (P₁) con precisión de 1 g.

6.2 Preparación de la muestra

6.2.1 La muestra se seca en estufa a 105 °C hasta peso constante.

6.2.2 Se tamiza por el tamiz UNE 5 mm cepillando con el cepillo de nylon para romper y hacer pasar todos los elementos friables. Se pesa el material inerte retenido (P₂) con precisión de 1 g, antes de eliminarlo.

Del material que pase por el tamiz de 5 mm se obtienen, mediante cuarteo, tres muestras de 500 ± 1 g que serán objeto de molienda.

6.3 Molienda

6.3.1 Antes de realizar la molienda del material y para cada recipiente se comprueba la masa de las bolas y las dimensiones interiores de los recipientes aplicando los mismos criterios que los definidos en el artículo 3.3.2 anterior.

6.3.2 Se introducen en cada recipiente las muestras de 500 gramos preparadas en el molino y se comienza la molienda, que debe detenerse automáticamente al completar 2.000 vueltas.

Se vacía el contenido de cada recipiente sobre el tamiz UNE 10 mm para separar las bolas de porcelana de la escoria molida.

Se cepillan las bolas y el recipiente con el pincel para recuperar todo el polvo mineral formado.

Se lavan y secan las bolas antes de proceder a otro ensayo.

6.3.3 Se tamiza en seco la totalidad del material molido sobre los tamices UNE 500 μm y 80 μm , recuperando el material que pasa este último.

6.4 Fabricación y ensayo de morteros

6.4.1 Se preparan morteros con el cemento de referencia según el método descrito en la norma UNE 80101, para ensayar a flexión y a compresión a 7 y 28 días de edad.

6.4.2 Se preparan morteros, en las mismas condiciones que los anteriores y con una diferencia no superior a 24 horas, empleando como conglomerante una mezcla al 50 % de la fracción de la escoria molida que pasa por el tamiz 80 μm y del cemento de referencia. La cantidad de agua a añadir al mortero debe ser previamente determinada en la mesa de sacudidas para obtener un escurrimiento de $110 \pm 5\%$. El método a seguir para esta última determinación será el descrito por la norma ASTM C-109.

6.4.3 Los morteros así fabricados se conservan hasta el momento de la rotura y se ensayan según se describe en la norma UNE 80.101.

7 RESULTADOS

7.1 Porcentaje de elementos inertes

Se calculará de acuerdo a lo establecido en el apartado 4.1.

7.2 Ensayos mecánicos

7.2.1 Ensayo de flexión. La resistencia a la flexión se obtiene a partir de la fórmula:

$$R_f = 1.5 \frac{F_f \cdot l}{b^3}$$

donde:

R_f es la resistencia a flexión, en MPa.

F_f es la carga aplicada en el centro del prisma, en N.

l es la distancia entre apoyos, en mm.

b es el lado de la sección cuadrada del prisma, en mm.

7.2.2 Ensayo de compresión. La resistencia a compresión se obtiene a partir de la fórmula:

$$R_c = \frac{F_c}{1.600}$$

donde:

R_c es la resistencia a compresión, en MPa.

F_c es la carga de rotura, en N.

7.2.3 Los valores de resistencia así determinados se redondean a 0,1 MPa, consignándose todos los valores individuales y la media calculada. Para el cálculo de esta última a compresión, debe rechazarse aquel valor que se separa en más de un 10 % de la media de seis determinaciones, calculándose la media de nuevo con los cinco valores restantes. Si alguno de estos cinco se separa más de 10 % de la nueva media, debe desecharse toda la serie de medidas y repetirse el ensayo.

7.3 Índice de actividad

Se define como índice de actividad de la escoria granulada la relación, expresada en tanto por ciento, existente entre las resistencias a compresión de los morteros de escoria y los morteros de cemento, calculada según la expresión:

Índice de actividad de la escoria,

$$\% = \left(\frac{SP}{P} \right)_i \times 100$$

donde:

SP = resistencia media a compresión de los morteros de escoria-cemento de referencia, en MPa.

P = resistencia media a compresión de los morteros de cemento de referencia, en MPa.

i = edad en días.

El porcentaje resultante se aproximará al entero más próximo.

8 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

UNE 80.101.85 «Cementos. Determinación de la resistencia mecánica».

NLT 155 «Densidad relativa del filler, cementos y materiales similares».

NLT 148 «Toma de muestras de roca, escorias, grava, arena, filler y bloques de piedra empleados como materiales de construcción en carreteras».

UNE 80.106.86 «Cementos. Determinación de la finura con el permeabilímetro Blaine».

ASTM C 230-83 «Specification for Flow Table for use in Test of Hydraulic Cement».

ASTM C 109-88 «Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars».

ASTM C 989-89 «Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars».