

Estabilidad de los áridos frente a la acción de las soluciones de sulfato sódico o magnésico

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la resistencia a la desintegración de los áridos por la acción de soluciones saturadas de sulfato sódico o magnésico.

1.2 Mediante este método puede obtenerse una información útil para juzgar la calidad de los áridos que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear en las condiciones climatológicas de la obra.

Se llama la atención sobre el hecho de que los resultados que se obtienen varían según la sal que se emplee y de que hay que tener cuidado al fijar los límites en las especificaciones en que se incluya este ensayo.

2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 **Tamices.** Tamices con mallas de abertura cuadrada de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE 7-050 (ASTM E 11-70). Los tamices necesarios, de acuerdo con los párrafos 4.1 y 4.2, son los siguientes:

SERIE FINA		SERIE GRUESA	
TAMIZ UNE	TAMIZ ASTM	TAMIZ UNE	TAMIZ ASTM
0,16	(Núm. 80)	8	15/16 pulgadas
0,32	(Núm. 50)	10	3/8 pulgadas
0,63	(Núm. 30)	12,5	1/2 pulgadas
1,25	(Núm. 16)	16	5/8 pulgadas
2,5	(Núm. 8)	20	3/4 pulgadas
4	(Núm. 5)	25	1 pulgadas
5	(Núm. 4)	32	1 1/4 pulgadas
		40	1 1/2 pulgadas
		50	2 pulgadas
		63	2 1/2 pulgadas
		Tamaños mayores, con 12,5 mm de separación entre tamices	

2.2 **Recipientes.** Los recipientes para sumergir las muestras de los áridos en la solución, de acuerdo

con el procedimiento descrito en este método, estarán perforados de tal manera que permitan la libre entrada de la solución para que pueda ponerse en contacto con la muestra y el drenaje de la misma, sin que se produzca la pérdida de partículas del árido. El volumen de la solución en el cual se sumergen las muestras será, por lo menos, cinco veces el volumen de la muestra sumergida.

Nota 1. Son recipientes muy adecuados para emplearlos en este ensayo, cestillos hechos de tela metálica, o de chapa perforada, con una abertura apropiada al tamaño de la fracción que van a contener.

2.3 **Regulación de la temperatura.** Se dispondrá de un medio apropiado para regular la temperatura de la solución durante el período de inmersión.

2.4 **Balanzas.** Para pesar el árido fino se necesita una balanza con capacidad de 500 g y sensibilidad de 0,1 g; para pesar el árido grueso es necesaria una balanza con una capacidad mínima de 5 kg y una sensibilidad mínima de 1 g.

2.5 **Estufa.** La estufa que se emplee estará provista de dispositivo de circulación forzada de aire y será capaz de mantener la temperatura a 105 ± 5 °C. La velocidad de evaporación a esta temperatura será por lo menos de 25 gramos por hora durante un período de 4 horas. Esta velocidad se determinará por la pérdida de agua en vasos de forma baja de 1 dm³ de capacidad, conteniendo inicialmente cada uno 500 g de agua a la temperatura de 21 ± 2 °C, colocados en cada rincón y en el centro de cada bandeja de la estufa durante el citado período de 4 horas. Esta comprobación se efectúa estando ocupada la estufa solamente por los vasos con agua.

3 SOLUCIONES NECESARIAS

3.1 **Solución de sulfato sódico.** La solución saturada de sulfato sódico se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo «producto comercial» en agua a la temperatura de 25 a 30 °C. Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (Na₂SO₄) o cristalizada (Na₂SO₄ · 10H₂O), para asegurarse no solamente de que la solución está saturada, sino también de que queda un exceso de cristales cuando la solución está preparada. Se agita

bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a 21 ± 1 °C y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; se agita bien inmediatamente antes de usarla, y en este momento debe tener una densidad relativa comprendida entre 1,151 y 1,174. La solución que presente impurezas debe filtrarse y volver a comprobar su densidad relativa.

Nota 2. Para conseguir la saturación a 22 °C de 1 dm³ de agua son suficientes 215 g de la sal anhidra o 700 g de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y puesto que es preferible que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda como mínimo, el empleo de 350 g de la sal anhidra y 750 g de la sal hidratada.

Lo más económico es el empleo del sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

3.2 Solución de sulfato magnésico. La solución de sulfato magnésico se prepara disolviendo el peso necesario de sal del tipo «producto comercial» en agua a la temperatura de 25 a 30 °C. Se añade suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra (MgSO₄) o cristalizada (MgSO₄ · 7H₂O), para asegurarse no solamente de que la solución está saturada, sino también de que queda un exceso de cristales cuando la solución está preparada. Se agita bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a una temperatura de 21 ± 1 °C y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla; inmediatamente antes de usarla se agita bien, y en este momento tendrá una densidad relativa comprendida entre 1,295 y 1,302. La solución que presente impurezas debe filtrarse y volver a comprobar su densidad relativa.

Nota 3. Para conseguir la saturación a 23 °C de 1 dm³ de agua son suficientes 350 g de la sal anhidra o 1.230 g de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y la forma anhidra es la menos estable, y puesto que es necesario que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda el empleo de 1.400 g, como mínimo, de sal hidratada por litro de agua.

Lo más económico es el empleo del sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

4 PROCEDIMIENTO

4.1 Tamaño de las muestras

4.1.1 Árido fino. La muestra del árido fino debe pasar toda por el tamiz 10 UNE (ASTM. 3/8 de pulgada). La muestra tendrá el peso suficiente para poder obtener 100 g de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes en la muestra en cantidad mayor del 5 %.

4.1.2 Árido grueso. La muestra del árido grueso debe ser un material del que se han eliminado todas las fracciones inferiores al tamiz 5 UNE (ASTM

FRACCION			
RETENIDO		PASA	
TAMIZ UNE	TAMIZ ASTM	TAMIZ UNE	TAMIZ ASTM
0,32	(Núm. 50)	0,63	(Núm. 30)
0,63	(Núm. 30)	1,25	(Núm. 16)
1,25	(Núm. 16)	2,5	(Núm. 8)
2,5	(Núm. 8)	5	(Núm. 4)
5	(Núm. 4)	10	(3/8 pulgada)

núm. 4). Estos tamaños eliminados se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el árido fino. La muestra debe tener, como mínimo el peso necesario para obtener de ella las siguientes cantidades de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes en cantidad superior al 5 %:

TAMICES UNE EN mm (ASTM) (ABERTURA CUADRADA)	CANTIDAD
Del 5 al 10 (ASTM. núm. 4 al 3/8 pulgada)	300 g
Del 10 al 20 (ASTM 3/8 al 3/4 pulgada)	1.000 g
Comuesta de:	
material de 10 a 12,5 (ASTM 3/8 a 1/2 pulgada)	33 %
material de 12,5 a 20 (ASTM 1/2 a 3/4 pulgada)	67 %
De 20 a 40 (ASTM 3/4 a 1 1/2 pulgadas)	1.500 g
Comuesta de:	
material de 20 a 25 (ASTM 3/4 a 1 pulgada)	33 %
material de 25 a 40 (ASTM 1 a 1 1/2 pulgadas)	67 %
De 40 al 63 (ASTM 1 1/2 a 2 1/2 pulgadas)	3.000 g
Comuesta de:	
material de 40 a 50 (ASTM 1 1/2 a 2 pulgadas)	50 %
material de 50 a 63 (ASTM 2 a 2 1/2 pulgadas)	50 %
Tamaños mayores, con 25 mm (1 pulgada) de separación entre tamices; cada fracción	3.000 g

4.1.3 Si las muestras contienen menos del 5 % de algunas de las fracciones indicadas en los párrafos 4.1.1 y 4.1.2, no se ensayará esta fracción, pero para el cálculo de los resultados del ensayo se considerarán que tienen la misma pérdida a la acción de los sulfatos, sódico o magnésico, que la media de las dos fracciones, inferior y superior más próximas, o bien si una de estas fracciones falta, se considerará que tiene la misma pérdida que la fracción inferior o superior que esté presente. Cuando las fracciones de 10 a 20 mm, 20 a 40 mm ó 40 a 63 mm indicadas en el párrafo 4.1.2, no pueden prepararse debido a la falta de uno de los dos tamaños indicados, el tamaño del que se disponga en exceso se utilizará para preparar la fracción de ensayo de la que no había cantidad suficiente.

4.2 Preparación de las muestras

4.2.1 Árido fino. La muestra de árido fino se lava bien sobre un tamiz 0,32 UNE (ASTM. núm. 50); se deseca hasta peso constante a una temperatura de 105 ± 5 °C y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera: se hace primeramente una separación aproximada por medio de una serie de los tamices indicados en el párrafo 4.1.1. De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para poder obtener 100 g, después de tamizar sobre el correspondiente tamiz hasta rechazo. (En general, son suficientes unos 110 g.) Las partículas de árido fino que quedan encajadas en la malla del tamiz no se emplean en la preparación de la muestra. Las muestras de 100 g de cada una de las fracciones, después del tamizado final, se pesan y colocan por separado en los recipientes para ensayo.

4.2.2 Árido grueso. La muestra de árido grueso se lava bien, se deseca hasta peso constante a una temperatura de 105 ± 5 °C y se separa en las diferentes fracciones indicadas en el párrafo 4.1.2 por tamizado hasta rechazo. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones se pesa y coloca por separado en los recipientes para ensayo. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 20 mm (ASTM 3/4 pulgada) se cuenta también el número de partículas.

4.3 Ejecución del ensayo

4.3.1 Inmersión de las muestras en la solución. Las muestras se sumergen en la solución de sulfato sódico o magnésico durante un período de tiempo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de forma que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra (Nota 4). El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución se mantienen a una temperatura de 21 ± 1 °C todo el tiempo de inmersión.

Nota 4. Para áridos de baja densidad es conveniente tapar los recipientes conteniendo las muestras con una rejilla pesada de alambre, con lo que se evita pérdidas de la muestra.

4.3.2 Secado de las muestras después de la inmersión. Después del período de inmersión la muestra se saca de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se la introduce en la estufa. La temperatura de la estufa se habrá regulado previamente a 105 ± 5 °C. Se secan las muestras hasta peso constante a la temperatura indicada. Durante el período de secado se sacan las muestras de la estufa enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4

horas ni mayores de 18 horas. Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, difieren menos de 0,1 g en el caso de árido fino o menos de 1,0 en el caso de árido grueso. Una vez alcanzado el peso constante, se dejan enfriar las muestras a temperatura ambiente y se sumergen de nuevo en la solución, como se indica en el párrafo 4.3.1.

4.3.3 Número de ciclos. El proceso alternativo de inmersión y desecación de la muestra se prosigue hasta completar el número de ciclos que se especificuen.

4.4 Examen cuantitativo. El examen cuantitativo (Nota 5) se realiza de la forma siguiente:

4.4.1 Después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lava hasta que quede exenta de sulfato sódico o magnésico, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la adición de cloruro bórico (BaCl_2).

4.4.2 Después de eliminar todo el sulfato sódico o magnésico, cada fracción de la muestra se seca hasta peso constante a una temperatura de 105 ± 5 °C y se pesa. Se tamiza el árido fino sobre los mismos tamices en que fue retenido antes del ensayo, y el árido grueso sobre los tamices indicados a continuación, según el tamaño de las partículas.

TAMAÑO DEL ARIDO mm	TAMIZ EMPLEADO PARA DETERMINAR LA PERDIDA	
	TAMIZ UNE	TAMIZ ASTM
63 a 40	32	(1 1/4 pulgada)
40 a 20	16	(5/8 pulgada)
20 a 10	8	(5/16 pulgada)
10 a 5	4	(Núm. 5)

Nota 5. Como complemento al proceso descrito en los párrafos 4.4.1 y 4.4.2, además puede conseguirse más información si se examina visualmente cada fracción para observar si hay o no un excesivo cuarteo de las partículas. También puede ser de interés si, después de haber pesado cada fracción como se indica en el párrafo 4.4.2, se juntan todas las fracciones, incluidas las detritus de cada una de ellas y se determina la granulometría total con los tamices necesarios para determinar el módulo de finura de la muestra total. El resultado del análisis granulométrico se dará en tanto por ciento acumulativo retenido por cada tamiz.

4.5 Examen cualitativo

4.5.1 Las fracciones de la muestra con tamaño mayor de 20 mm (3/4 pulgada) se examinan cualitativamente después de cada inmersión y cuantitativamente a la terminación del ensayo.

4.5.2 El examen cualitativo constará de dos partes: 1.º, la observación del efecto que produce la

acción (Nota 6) del sulfato sódico o magnésico y la naturaleza de esta acción, y 2.º, el recuento del número de partículas afectadas.

Nota 6. La acción del sulfato puede manifestarse de muy diversas maneras; en general, podrá clasificarse como desintegración, resquebrajamiento, desmenuzamiento, agrietamiento, formación de lajas, etc. Aunque sólo se requiere el examen cualitativo de las partículas con tamaño mayor de 20 mm (3/4 pulgada), se recomienda que también se examinen los tamaños inferiores para observar si se produce un resquebrajamiento excesivo.

5 RESULTADOS

5.1 El resultado comprenderá los siguientes datos (Nota 7).

5.1.1 Masa de cada fracción de la muestra antes del ensayo.

5.1.2 Material de cada fracción, más fino que el tamiz especificado en el apartado 4.4.2 en el cual quedó retenida antes del ensayo, expresado como tanto por ciento respecto al total de la fracción original.

5.1.3 Pérdida media, calculada por medio del tanto por ciento de pérdida de cada fracción, teniendo en cuenta la granulometría del material tal y como se recibe en el laboratorio o, mejor, teniendo en

cuenta la granulometría media del material del cual se obtuvo la muestra enviada al laboratorio. En estos cálculos los tamaños inferiores al tamiz 0,32 UNE (ASTM. núm. 50) se supone que no tienen pérdida.

5.1.4 En el caso de partículas con tamaño superior a 20 mm (3/4 pulgada) antes del ensayo:

El número de partículas de cada fracción antes del ensayo.

El número de partículas afectadas, clasificadas según la acción en desintegradas, resquebrajadas, desmenuzadas, agrietadas, hechas lajas, etc.

5.1.5 El tipo de solución (sulfato sódico o sulfato magnésico).

Nota 7. Los resultados del ensayo se pueden presentar en forma similar a como se indica en los cuadros siguientes:

6 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM C 88-71a «Test Method for Soundness of Aggregate by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate».

UNE 7-136 «Estabilidad de los áridos frente a las disoluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico».

FORMA DE PRESENTAR LOS RESULTADOS DEL ENSAYO
Arido fino

FRACCION				GRANULOMETRIA ORIGINAL %	MASA DE LA FRACCION ENSAYADA g	PERDIDA TOTAL %	PERDIDA MEDIA %
PASA		RETIENE					
UNE	ASTM	UNE	ASTM				
0,16	(Núm. 80)			5,0			
0,32	(Núm. 50)	0,16	(Núm. 80)	11,4			
0,63	(Núm. 30)	0,32	(Núm. 50)	26,0	100	4,2	1,09
1,25	(Núm. 16)	0,63	(Núm. 30)	25,2	100	4,8	1,21
2,5	(Núm. 8)	1,25	(Núm. 16)	17,0	100	8,0	1,36
5	(Núm. 4)	2,5	(Núm. 8)	10,8	100	11,2	1,21
10	(3/8")	5	(Núm. 4)	4,6		11,2 (*)	0,52
Totales				100,0	400		5,39

* Se emplea la pérdida de la fracción más próxima por ser menor del 5% en porcentaje de la fracción de la muestra.

Arido grueso

FRACCION				GRANULOMETRIA ORIGINAL %	MASA DE LA FRACCION ENSAYADA g	PERDIDA TOTAL %	PERDIDA MEDIA %
PASA		RETIENE					
UNE	ASTM	UNE	ASTM				
63	(2 1/2")	32	(1 1/4")	20,0	3.000 (*)	4,8	0,96
32	(1 1/4")	25	(1")	45,0	1.500 (*)	8,0	3,60
25	(1")	10	(3/8")	23,0	1.000 (*)	9,6	2,20
10	(3/8")	5	(Núm. 4)	12,0	300 (*)	11,2	1,34
Totales				100,0	5.800		8,10

* Cantidades mínimas; se pueden emplear muestras de mayor tamaño.