

# PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Noviembre ■ 2009



EDITADO POR EL INSTITUTO  
MEXICANO DEL CEMENTO Y  
DEL CONCRETO, A.C.



Ilustraciones: Felipe Hernández

**Agregados para  
concreto hidráulico.**  
Especificaciones y  
métodos de prueba

Primera parte

27

SECCIÓN  
COLECCIONABLE

# Agregados para concreto hidráulico. Especificaciones y métodos de prueba

## Primera parte

**E**n este resumen se presenta la primera parte de la Norma Mexicana NMX C-111-ONNCE 2004 "Industria de la construcción-Agregados para concreto hidráulico-Especificaciones y métodos de prueba. Usted puede usarlo para familiarizarse con los procedimientos básicos de la Norma. Sin embargo, este resumen no tiene la intención de reemplazar los estudios completos que usted haga de la Norma.

### Objetivo

Esta norma mexicana establece los requisitos de calidad que deben cumplir los agregados naturales y procesados, de uso común para la producción de concretos de masa normal.

### Campo de aplicación

Esta norma mexicana es adecuada para asegurar agregados satisfactorios para concretos de resistencia normal y de alta resistencia; concretos de masa normal (usualmente de  $1,800 \text{ kg/m}^3$  a  $2,400 \text{ kg/m}^3$ ), elaborados con agregados naturales y

procesados. No aplicable a agregados ligeros (masa específica del concreto menor que  $1\,800 \text{ kg/m}^3$ ).

### Definiciones

Para los efectos de esta norma mexicana se establecen las siguientes definiciones, adicionales a las establecidas en la terminología de la NMX-C-251-ONNCE:

**Agregado fino:** Material conocido como arena.

**Agregado grueso:** Material generalmente conocido como grava.

**Intemperismo:** Es el efecto de la acción del medio ambiente sobre los agregados en su estado natural.

**Límites de consistencia:** Determinan la plasticidad de la porción de material que pasa por la criba  $0,425 \text{ mm}$  (malla No. 40), y que forma parte de los agregados. La plasticidad es una propiedad de los suelos que les permite cambiar su forma sin agrietarse cuando se les sujeta a una presión, reteniendo su nueva forma cuando desaparece el esfuerzo aplicado. La porción de material que pasa por las cribas referidas, presenta una consistencia plástica para una humedad comprendida entre dos límites: el límite plástico y el límite líquido. Su amplitud es medida como su índice plástico.

**Módulo de finura:** Es la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados a partir de la criba  $4,75 \text{ mm}$  (malla No.4) hasta la criba  $0,150 \text{ mm}$  (malla No. 100), divididos entre 100 aplicable al agregado fino.

**Reactividad potencial:** Es la medida de la susceptibilidad para que ocurran reacciones químicas cuyos efectos generan cambios volumétricos adversos a la integridad del concreto, que tienen lugar con cierta clase de agregados cuando éstos entran en contacto con la pasta de cemento. Las reacciones ocurren entre la sílice o el carbonato de ciertas rocas o minerales que forman parte de los agregados, y los álcalis (óxido de sodio y de potasio), que normalmente provienen del cemento. Estas reacciones se conocen como reacción alcali-sílice y alcali-carbonato.



**Tabla 1:** Límites de granulometría para agregado fino.

Criba mm (No.)	Material acumulado en masa, en porcentaje; % que pasa
9,5 (3/8")	100
4,75 (No 4)	95 - 100
2,36 (No 8)	80 - 100
1,18 (No 16)	50 - 85
0,600 (No. 30)	25 - 60
0,300 (No. 50)	10 - 30
0,150 (No 100)	2 - 10

Esta especificación se verifica con la norma NMX-C-077-ONNCE.

**Tabla 2:** Límites granulométricos del agregado grueso.

Tamaño nominal, mm (Pulg.)	100	90 a 100	75 3"	63 2 1/2"	50 2"	37,5 11/2"	25 1"	19 3/4"	12,5 1/2"	9,5 3/8"	No 4 4,75	No 8 2,36	No 16 1,18
90,0 a 37,5 (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
63,0 a 37,5 (2 1/2" a 1 1/2")	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
50,0 a 25,0 (2" a 1")	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---
50,0 a 4,75 (2" a No.4)	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---
37,5 a 19,0 (1 1/2" a 3/4")	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---
37,5 a 4,75 (1 1/2" a No.4)	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---
25,0 a 12,5 (1" a 1/2")	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 15	0 a 5	---	---
25,0 a 9,5 (1" a 3/8")	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---
25,0 a 4,75 (1" a No.4)	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---
19,0 a 9,5 (3/4" a 3/8")	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---
19,0 a 4,75 (3/4" a No.4)	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---
12,5 a 4,75 (1/2" a No.4)	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---
9,5 a 2,36 (3/8" a No.8)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

**Sustancias nocivas:** Se consideran sustancias nocivas en los agregados: terrones de arcilla y partículas delezna- bles, carbón y lignito, materia orgánica, material fino que pasa la criba 0,075 mm, agregados potencialmente reactivos con los álcalis del cemento, materiales in- temperizados, y materiales con limitada resistencia al impacto y a la abrasión.

### Clasificación y designación del producto

**Agregado fino:** Material obtenido de manera natural o de la trituración de ro- cas, escoria volcánica, concreto reciclado o una combinación de estos u otros; que pasa por la criba 4,75 mm (malla No.4) y se retiene en la criba 0,075 mm (malla No. 200).

**Agregado grueso:** Material obteni- do de manera natural o de la trituración de rocas, escoria de alto horno, escoria volcánica, concreto reciclado o una com-

binación de estos u otros; que es retenido por la criba 4,75 mm (malla No.4) y que pasa por la criba 90 mm (malla No.3 1/2").

### Especificaciones

**Granulometría para el agregado fino y grueso:** Los agregados deben cumplir con la granulometría que se especifica a continuación según corresponda.

**Tabla 3:** Límites máximos de partículas delezna- bles y carbón o lignito en agregados finos.

Concepto	Material máximo permisible en la masa total de la muestra en %
Grumos de arcilla y partículas delezna- bles	3,00
Carbón y lignito:	
En concreto aparente	0,5
En otros concretos	1,0

**Tabla 4:** Materiales finos que pasan por la criba 0,075 mm (No. 200).

Concepto	Material máximo permisible en la masa total de la muestra en %
En concreto sujeto a abrasión	5,0 <sup>(1)</sup>
En concretos presforzados	8,0 <sup>(1)</sup>
En otros concretos	15,0 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> En caso de agregados triturados, si el material que pasa por la criba 0,075 mm (malla No. 200) es el resultado de la pulverización de rocas exentas de arcilla y/o pizarras, este límite puede incrementarse a 6 % y 10 %, respectivamente.

<sup>(2)</sup> Este valor, queda condicionado por los parámetros de contracción por secado y deformación diferida del concreto cuando así se solicite en el proyecto, y por la naturaleza de estos finos como se establece en las tablas 5 y 6. Esto se verifica con la norma NMX-C-416-ONNCCE.

**Tabla 5:** Cantidades de material máximas permisibles menor que la criba 0,075 mm (No. 200) en agregados finos

Limite líquido	Índice plástico	Material máximo permisible en masa que pasa por la criba 0,075 (No. 200), en por ciento %
Hasta 25	Hasta 5	15,0
Hasta 25	6 - 10	13,0
Hasta 25	11-15	6,0
26 - 35	Hasta 5	13,0
26 - 35	6 - 10	10,0
26 - 35	11-15	5,0
36 - 40	Hasta 5	10,0

### Agregado Fino:

a) Estar dentro de los límites establecidos en la Tabla 1, excepto en los casos que se indican en los párrafos c y d de este inciso y en el inciso sustancias nocivas en el agregado.

b) El módulo de finura debe estar comprendido entre 2,30 y 3,10. Este módulo puede ser determinado con pruebas previas. De no existir éstas, se puede determinar con el promedio del valor obtenido de las primeras 10 pruebas consecutivas o el promedio de las pruebas que haya cuando no se completa este número.

c) El retenido parcial de la masa total en cualquier criba no debe ser mayor de

45 % Pueden aumentarse los porcentajes del retenido acumulado de la masa ensayada en las cribas 0,300 mm (No. 50) y 0,150 mm (No. 100) a 95 % y 100 % respectivamente, siempre y cuando el contenido de cemento del concreto en que se vaya a utilizar el agregado sea mayor de 240 kg/m<sup>3</sup> para concreto con aire incluido, o mayor de 300 kg/m<sup>3</sup> para concreto sin aire incluido, o bien añadiendo un adicionante (cementante) que supla la deficiencia de material que pase por estas cribas.

d) En el caso de que los agregados a usarse no cumplan con las tolerancias indicadas en los incisos a, b y c. Éstos pueden ser utilizados, siempre y cuando existan antecedentes de comportamiento aceptable en el concreto elaborado con ellos, o bien, que los resultados de las pruebas realizadas a estos concretos sean satisfactorias. Los agregados se pueden usar siempre que se haga un ajuste apropiado en el proporcionamiento del concreto, para compensar las deficiencias en la granulometría.

**Agregado grueso:** Debe cumplir con los límites granulométricos de la Tabla 2. Cuando se tengan agregados gruesos fuera de los límites indicados en la tabla 2, se deben procesar para que satisfagan dichos límites. En el caso de aceptar que los agregados no cumplan con estos límites debe de ajustarse el proporcionamiento del concreto para compensar las deficiencias granulométricas, por lo tanto, debe demostrarse que el concreto elaborado tiene un comportamiento adecuado. Esta especificación se debe verificar con la norma NMX-C-077-ONNCCE.

### Coefficiente volumétrico (de forma)

Los agregados gruesos deben tener un coeficiente volumétrico mayor o igual de 0,20. En caso de utilizar agregados con coeficiente volumétrico menor que 0,20, debe realizarse un estudio que muestre el impacto de su uso, y hacer los ajustes correspondientes en las mezclas de concreto, para satisfacer los requisitos



de cohesión, trabajabilidad, módulo de elasticidad y contracción requeridos por el cliente. Esta especificación se verifica con la norma NMX-C-436-ONNCCE.

**Sustancias nocivas en el agregado fino:** La cantidad de partículas deleznable y carbón o lignito en el agregado fino no debe exceder los límites que establece la tabla 3 de esta norma. Esta especificación se debe verificar con la norma NMX-C-071-ONNCCE.

**Impurezas orgánicas (Materia orgánica):** Los agregados finos deben estar libres de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Los agregados después de efectuar la prueba, que den un color más oscuro que la coloración No.3, deben rechazarse, excepto, si se demuestra que la coloración es debida a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas semejantes, o bien, si se demuestra que el efecto de las impurezas orgánicas en morteros ensayados a la edad de 7 días, dan resistencias calculadas no menores del 95 %, conforme al método que establece la NMX-C-076-ONNCCE.

**Materiales finos que pasan por la criba 0,075 (No 200):** Para determinar si los agregados finos satisfacen este requisito, se deben cumplir con las condiciones establecidas en la tabla 4.

El contenido máximo de material fino que pasa por la criba 0,075 mm (No. 200), está en función de los límites de consistencia (Límites de Atterberg, obtenidos de acuerdo a lo indicado en la NMX-C-416-ONNCCE), que determinan las propiedades de plasticidad de estos finos. No deben exceder los límites que establece la Tabla 6 de esta norma.

La contracción lineal de los finos no debe ser mayor que el 2% en todos los casos.

**Nota 1:** La aceptación del material en base a estos límites de plasticidad está condicionada al cumplimiento del contenido de materia orgánica. Esto se verifica con la Norma NMX-C-416-ONNCCE.

**Sustancias nocivas en el agregado grueso:** Se deben cumplir con los límites que establece la Tabla 6 de esta

norma, tomando como base la severidad del intemperismo de la región donde se construya la obra (Véase Figura 1, en la versión original de esta Norma). El mapa de la Figura 1, sirve solamente de guía de una probable severidad de intemperismo. Para aquellas construcciones localizadas en los límites de regiones (Véase Figura 1), deben considerarse los parámetros que correspondan al mayor grado de severidad de intemperismo de ambas zonas, o bien, para evaluar mejor el intemperismo que pueda esperarse, se deben consultar las cartas de riesgo de congelación y deshielo, así como las isotérmicas de la oficina meteorológica local (Véase figuras 2 y 3 de la norma original) o, en ausencia de ésta, de la unidad rectora de esta información a nivel nacional (INEGI). Estos datos deben usarse para asignar el grado de severidad del intemperismo y, con base en ello, establecer las especificaciones para el agregado grueso. Para construcciones de concreto en regiones cuya altitud sea mayor de 3 000 m sobre el nivel del mar, los valores de estos requisitos deben reducirse en uno por ciento (véase Nota 4, de la Tabla 6). c



Tomado de la Norma Mexicana NMX C-111-Industria de la construcción. Agregados para concreto hidráulico-Especificaciones y métodos de prueba. Con fines de promover la capacitación y el buen uso del cemento y del concreto. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas a agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en [normas@mail.onncce.org.mx](mailto:normas@mail.onncce.org.mx) o al teléfono 5663 2950, México, DF.