

**LIBRO: CMT. CARACTERÍSTICAS DE
LOS MATERIALES**

PARTE: 2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS

TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico

CAPÍTULO: 002. Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene las características de calidad de los agregados que se utilizan en la fabricación del concreto hidráulico, con excepción de los agregados ligeros que se utilizan para la elaboración de concretos a prueba de fuego, así como en rellenos y elementos de concreto cuyo diseño se basa en pruebas de carga y no en procedimientos convencionales.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Los agregados son materiales pétreos naturales seleccionados; materiales sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado, o materiales producidos por expansión, calcinación o fusión excipiente, que se mezclan con cemento Pórtland y agua, para formar concreto hidráulico.

Los agregados para concreto hidráulico se clasifican en:

B.1. AGREGADO FINO

Es arena natural seleccionada u obtenida mediante trituración y cribado, con partículas de tamaño comprendido entre setenta y cinco (75) micrómetros (malla N°200) y cuatro coma setenta y cinco (4,75) milímetros (malla N°4), pudiendo contener finos de menor tamaño, dentro de las proporciones establecidas en esta Norma.

B.2. AGREGADO GRUESO

Puede ser grava natural seleccionada u obtenida mediante trituración y cribado, escorias de altos hornos enfriadas en aire o una combinación de dichos materiales, con partículas de tamaño máximo, generalmente comprendido entre diecinueve (19) milímetros ($\frac{3}{4}$ " y setenta y cinco (75) milímetros (3"), pudiendo contener fragmentos de roca y arena, dentro de las proporciones establecidas en esta Norma.

B.3. FRAGMENTOS DE ROCA

Son los agregados con tamaño mayor de setenta y cinco (75) milímetros (3") y una masa máxima de treinta (30) kilogramos, como los boleos y la piedra braza, entre otros, que se utilizan comúnmente para fabricar concreto ciclópeo.

B.4. AGREGADO LIGERO

Son los agregados finos o gruesos que, por su baja densidad, se utilizan en la fabricación de concreto estructural ligero, de baja masa volumétrica y resistencia limitada a la compresión, constituidos predominantemente por materiales inorgánicos de estructura celular, preparados por expansión, calcinación o fusión incipiente de productos tales como escorias de altos hornos, arcillas comunes, diatomitas, cenizas volantes, lutitas y pizarras, o bien, mediante otros tratamientos de materiales naturales tales como piedra pómez, perlitas, tezontles, escorias y tobas.

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con los siguientes:

MANUALES	DESIGNACIÓN
Resistencia a la Compresión del Cemento	M·MMP-2-02-004
Muestreo de Agregados Pétreos	M·MMP-2-02-019
Granulometría de Agregados Pétreos	M·MMP-2-02-020
Masa Específica de los Agregados	M·MMP-2-02-023
Impurezas Orgánicas en Agregados Finos	M·MMP-2-02-026
Sanidad de los Agregados mediante Sulfato de Sodio o de Magnesio	M·MMP-2-02-028

Partículas más Finas que la Malla N°200 (0,075 mm) en los Agregados	M·MMP·2-02-030
Terrones y Partículas Deleznable en los Agregados	M·MMP·2-02-031
Resistencia a la Degradación del Agregado Grueso mediante la Máquina de Los Ángeles	M·MMP·2-02-032
Reactividad Potencial de los Agregados mediante Barras de Mortero	M·MMP·2-02-034
Reactividad Potencial de los Agregados mediante el Método Químico	M·MMP·2-02-035
Reactividad Potencial de los Agregados mediante el Método del Cilindro de Roca	M·MMP·2-02-036
Examen Petrográfico de los Agregados	M·MMP·2-02-037
Efectividad de Aditivos Minerales para Evitar una Expansión Excesiva del Concreto	M·MMP·2-02-038
Resistencia a la Compresión Simple de Cilindros de Concreto	M·MMP·2-02-058
Resistencia del Concreto a Congelación y Deshielo ...	M·MMP·2-02-060

D. REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS

D.1. GRANULOMETRÍA

La granulometría del agregado fino, determinada mediante el procedimiento de prueba indicado en el Manual M·MMP·2-02-020, *Granulometría de Agregados Pétreos*, estará comprendida entre los límites que se indican en la Tabla 1 de esta Norma.

D.2. MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura que corresponda a la granulometría a que se refiere la Fracción anterior, es decir, la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas que se indican en la Tabla 1 de esta Norma, no será menor de dos coma tres (2,3), ni mayor de tres coma uno (3,1), con una tolerancia de variación de dos décimas (0,2) en más o en menos con respecto al valor de módulo de finura empleado en el diseño del proporcionamiento del concreto hidráulico. En caso de que el módulo de finura sobrepase dicha tolerancia, se harán los ajustes necesarios en las proporciones, para compensar las variaciones de composición granulométrica.

TABLA 1.- Límites granulométricos para el agregado fino

Malla		Porcentaje retenido acumulado ^[1]
Abertura mm	Designación	
9,5	3/8"	0
4,75	N°4	0 - 5
2,36	N°8	0 - 20
1,18	N°16	15 - 50
0,6	N°30	40 - 75
0,3	N°50 ^[2]	70 - 90
0,15	N°100 ^[2]	90 - 98

[1] El retenido parcial de la masa total en cualquier malla, no será mayor de 45%

[2] Si los agregados van a ser empleados en concretos con aire incluido y con un contenido de cemento mayor de 250 kg/m³, o en concretos sin aire incluido y con un contenido de cemento mayor de trescientos 300 kg/m³, los porcentajes máximos especificados en esta Tabla para el material retenido acumulado en las mallas N°50 y N°100 se podrán aumentar a 95% y a 100%, respectivamente, así como en el caso en que se use un aditivo mineral que supla las deficiencias en las cantidades de material que pase dichas mallas. Se considera un concreto con aire incluido, el obtenido mediante el empleo de un agente inclusor de aire y con un contenido de aire mayor del 3%

D.3. MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200 (0,075 mm)

El porcentaje del material que pasa la malla N°200 (0,075 mm de abertura) en el agregado fino, determinado mediante el procedimiento de prueba indicado en el Manual M-MMP-2-02-030, *Partículas más Finas que la Malla N°200 (0,075 mm) en los Agregados*, no será mayor que los límites indicados en la Tabla 2. En casos especiales, cuando así lo apruebe la Secretaría, esos límites podrán ser hasta los indicados en la Tabla 3 de esta Norma, según los límites de consistencia del material que pasa la malla N°200.

D.4. CONTENIDO DE SUBSTANCIAS PERJUDICIALES

El contenido en el agregado fino, de terrones de arcilla y partículas deleznales, determinado mediante el procedimiento de prueba indicado en el Manual M-MMP-2-02-031, *Terrones y Partículas Deleznales en los Agregados*, así como el de carbón y lignito, no excederán los límites indicados en la Tabla 2 de esta Norma.

TABLA 2.- Contenido de sustancias perjudiciales en el agregado fino

Sustancias perjudiciales	Contenido máximo respecto a la masa total de la muestra %
Terrones de arcilla y partículas deleznableles	1
Carbón y lignito: <ul style="list-style-type: none"> • En concreto aparente • En concreto de cualquier otra índole 	0,5 1
Materiales finos que pasan la malla N°200 ^[1] : <ul style="list-style-type: none"> • Para concreto sujeto a desgaste • Para concreto de cualquier otra índole 	3 5

[1] En el caso de arenas obtenidas por trituración, si el material que pasa la malla N°200 está formado por el polvo producto de la trituración, exento de arcillas o pizarras, estos límites se podrán aumentar hasta el 5% y 7%, respectivamente

TABLA 3.- Material que pasa la malla N°200 (0,075mm) en el agregado fino para casos especiales

Límite líquido %	Índice plástico %	Contenido máximo respecto a la masa total de la muestra %
hasta 25	Hasta 5	18
	de 5 a 10	14
	de 10 a 15	9
de 26 a 35	Hasta 5	15
	de 5 a 10	11
	de 10 a 15	7
de 36 a 45	Hasta 5	12
	de 5 a 10	9
	de 10 a 15	6
de 46 a 55	Hasta 5	9
	de 5 a 10	7
	de 10 a 15	5

D.5. CONTENIDO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS

El agregado fino no tendrá impurezas orgánicas en cantidad tal que produzcan una coloración más oscura que la de la solución normalizada N° 3, determinada con el método de prueba indicado

en el Manual M-MMP-2-02-026, *Impurezas Orgánicas en Agregados Finos*. Si el agregado fino no cumple con este requisito, se podrá emplear siempre y cuando se demuestre, a juicio de la Secretaría, que la coloración es causada principalmente por la presencia de pequeñas cantidades de carbón mineral, lignito o partículas similares, o que al probarse para determinar el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia del mortero, mediante el procedimiento de prueba indicado en el Manual M-MMP-2-02-004, *Resistencia a la Compresión del Cemento*, la resistencia relativa a la compresión del mortero a siete (7) y veintiocho (28) días, sea mayor de noventa y cinco (95) por ciento.

D.6. REACTIVIDAD CON LOS ÁLCALIS DEL CEMENTO

Si en el examen petrográfico se detectan partículas de sílice reactivo o de carbonato reactivo y el agregado fino se utilizará para la elaboración de concretos que estarán sujetos a la exposición prolongada en atmósfera húmeda o en contacto con suelos húmedos, dicho agregado cumplirá con lo indicado en la Cláusula F. de esta Norma.

D.7. INTEMPERISMO ACELERADO

D.7.1. El agregado fino tendrá una pérdida en la prueba de intemperismo acelerado, en masa, igual a diez (10) por ciento o menor cuando se emplee sulfato de sodio, o de quince (15) por ciento o menor cuando se emplee sulfato de magnesio, realizando la prueba con una muestra que cumpla los requisitos de granulometría indicados en la Fracción D.1. de esta Norma y mediante el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-2-02-028, *Sanidad de los Agregados mediante Sulfato de Sodio o de Magnesio*.

D.7.2. De no cumplir con los requisitos establecidos en el Inciso anterior, el agregado fino sólo podrá ser aceptado cuando un concreto de propiedades comparables, hecho con agregados similares del mismo origen, haya dado servicio satisfactorio a juicio de la Secretaría en condiciones similares de intemperismo o, tratándose de agregados finos de los que no se tengan antecedentes, cuando se obtengan con ellos resultados satisfactorios en concretos sujetos a pruebas de congelación y deshielo, conforme al método descrito en el

Manual M-MMP-2-02-060, *Resistencia del Concreto a Congelación y Deshielo*, verificando que los concretos obtenidos tengan una resistencia superior a la de proyecto.

E. REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS GRUESOS

E.1. GRANULOMETRÍA

E.1.1. La granulometría de los agregados gruesos, determinada mediante el procedimiento de prueba indicado en el Manual M-MMP-2-02-020, *Granulometría de Agregados Pétreos*, estará comprendida entre los límites que se indican en la Tabla 4 de esta Norma, según su tamaño nominal. Para controlar la calidad de producción, puede desarrollarse una granulometría promedio y mantenerse dentro de las tolerancias indicadas en dicha Tabla.

TABLA 4.- Límites granulométricos para agregados gruesos

Malla mm (designación)	Tamaño nominal mm												
	90 a 40	64 a 40	50 a 25	50 a 5	40 a 20	40 a 5	25 a 13	25 a 10	25 a 5	20 a 10	20 a 5	13 a 5	10 a 2,5
	Porcentaje retenido acumulado												
101 (4")	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
89 (3½")	0 - 10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
75 (3")	--	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
63 (2½")	75 - 40	0 - 10	0	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--
50 (2")	--	30 - 65	0 - 10	0 - 5	0	0	--	--	--	--	--	--	--
37,5 (1½")	85 - 100	85 - 100	30 - 65	--	0 - 10	0 - 5	0	0	0	--	--	--	--
25 (1")	--	--	85 - 100	30 - 65	45 - 80	--	0 - 10	0 - 10	0 - 5	0	0	--	--
19 (¾")	95 - 100	95 - 100	--	--	85 - 100	30 - 65	45 - 60	15 - 60	--	0 - 10	0 - 10	0	--
12,5 (½")	--	--	95 - 100	70 - 90	--	--	90 - 100	60 - 90	40 - 75	45 - 60	--	0 - 10	0
9,5 (¾")	--	--	--	--	95 - 100	70 - 90	95 - 100	85 - 100	--	85 - 100	45 - 80	30 - 60	0 - 15
4,75 (Nº4)	--	--	--	95 - 100	--	95 - 100	--	95 - 100	90 - 100	95 - 100	90 - 100	85 - 100	70 - 90
2,36 (Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	95 - 100	--	95 - 100	95 - 100	90 - 100
1,18 (Nº16)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	95 - 100

E.1.2. Cuando se tengan agregados gruesos fuera de los límites establecidos en el Inciso anterior, se les dará algún tratamiento para que cumplan con dichos límites. En el caso de que se acepte que los agregados gruesos no cumplan con

los límites indicados, se ajustará el proporcionamiento del concreto hidráulico para compensar las deficiencias granulométricas, debiéndose demostrar, a juicio de la Secretaría que el concreto fabricado con el nuevo proporcionamiento tiene un comportamiento adecuado.

E.2. MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200 (0,075 mm)

El porcentaje del material que pasa la malla N°200 (0,075 mm de abertura) en el agregado grueso, determinado mediante el procedimiento de prueba indicado en el Manual M-MMP-2-02-030, *Partículas más Finas que la Malla N°200 (0,075 mm) en los Agregados*, será del dos (2) por ciento. Sin embargo, en el caso de agregados triturados, si el material que pasa la malla N°200, está constituido por el polvo producto de la trituración, exento de arcilla o pizarras, el contenido máximo podrá ser hasta de tres (3) por ciento.

E.3. CONTENIDO DE SUBSTANCIAS PERJUDICIALES

El contenido de sustancias perjudiciales en el agregado grueso no será mayor que los límites indicados en la Tabla 5 de esta Norma. De no cumplir con los requisitos establecidos en esa Tabla, el agregado grueso sólo podrá ser aceptado cuando un concreto de propiedades comparables, hecho con agregados similares del mismo origen, haya dado servicio satisfactorio a juicio de la Secretaría en condiciones similares de intemperismo, o tratándose de agregados gruesos de los que no se tengan antecedentes, cuando se obtengan con ellos resultados satisfactorios en concretos sujetos a pruebas de sanidad, desgaste, congelación y deshielo, de acuerdo con los métodos descritos en los Manuales M-MMP-2-02-028, *Sanidad de los Agregados mediante Sulfato de Sodio o de Magnesio*, M-MMP-2-02-032, *Resistencia a la Degradación del Agregado Grueso mediante la Máquina de Los Ángeles*, M-MMP-2-02-060, *Resistencia del Concreto a Congelación y Deshielo*.

E.4. REACTIVIDAD CON LOS ÁLCALIS DEL CEMENTO

Si en el examen petrográfico se detectan partículas de sílice reactivo o de carbonato reactivo y el agregado grueso se utilizará para la elaboración de concretos que estarán sujetos a la exposición prolongada en atmósfera húmeda o en contacto con

suelos húmedos, dicho agregado cumplirá con lo indicado en la Cláusula F. de esta Norma.

TABLA 5.- Contenido de sustancias perjudiciales en el agregado grueso

Substancias perjudiciales	Contenido máximo respecto a la masa total de la muestra %
Terrones de arcilla y partículas deleznableles <ul style="list-style-type: none"> • En concreto no expuesto a la intemperie • En concreto expuesto a la intemperie • En concreto sujeto a exposición frecuente de humedad o a tráfico abrasivo ^[1] • En concreto arquitectónico 	10 5 4 2
Partículas de roca de sílice alterada, con masa específica menor de 2,4 ^[2] <ul style="list-style-type: none"> • En concreto expuesto a la intemperie ^[1] • En concreto sujeto a exposición frecuente de humedad • En concreto arquitectónico 	6 5 3
Suma de los contenidos de terrones de arcilla, partículas deleznableles y de roca de sílice alterada <ul style="list-style-type: none"> • En concreto expuesto a la intemperie • En concreto sujeto a exposición frecuente de humedad • En concreto arquitectónico ^[1] 	8 6 4
Carbón y lignito: <ul style="list-style-type: none"> • En concreto no expuesto a la intemperie • En concreto expuesto a la intemperie 	1 0,5

[1] Para concreto hidráulico en regiones cuya altitud sea mayor de 3 000 m sobre el nivel del mar, este requisito debe reducirse en 1%.

[2] Este requisito es aplicable a materiales que contengan roca de sílice alterada como impureza. La limitación del uso de agregados gruesos que sean predominantemente de roca de sílice, debe basarse en antecedentes de servicio en la región donde se empleen.

E.5. MASA VOLUMÉTRICA

- E.5.1.** Los agregados gruesos de escoria de altos hornos, que cumplan con los requisitos de granulometría para ser utilizados en la elaboración de concreto, tendrán una masa volumétrica varillada no menor de mil ciento veinte (1 120) kilogramos por metro cúbico.
- E.5.2.** Los agregados gruesos de escoria tendrán un coeficiente volumétrico no menor de cero coma quince (0,15), conforme al método de prueba indicado en el Manual M-MMP-2-02-023, *Masa Específica de los Agregados*.

E.6. INTEMPERISMO ACELERADO

- E.6.1.** El agregado grueso que se emplee en un concreto expuesto a la intemperie, tendrá una pérdida máxima en la prueba de intemperismo acelerado, en masa, del doce (12) por ciento, realizando la prueba con sulfato de sodio, en una muestra que cumpla con los requisitos de granulometría indicados en la Fracción E.1. de esta Norma y mediante el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-2-02-028, *Sanidad de los Agregados mediante Sulfato de Sodio o de Magnesio*.
- E.6.2.** De no cumplir con los requisitos establecidos en el Inciso anterior, el agregado grueso sólo podrá ser aceptado cuando un concreto de propiedades comparables, hecho con agregados similares del mismo origen, haya dado servicio satisfactorio a juicio de la Secretaría en condiciones similares de intemperismo, o tratándose de agregados gruesos de los que no se tengan antecedentes, cuando se obtengan con ellos resultados satisfactorios en concretos sujetos a pruebas de congelación y deshielo, de acuerdo con el método descrito en el Manual M-MMP-2-02-060, *Resistencia del Concreto a Congelación y Deshielo*, verificando que los concretos obtenidos tengan una resistencia superior a la de proyecto.

E.7. RESISTENCIA AL DESGASTE

- E.7.1.** Los agregados gruesos probados al desgaste tendrán una pérdida, en masa, del cincuenta (50) por ciento como máximo. Dicha pérdida se determinará en una muestra de agregados cuyo tamaño o tamaños nominales sean lo más semejantes posible a los que se van a utilizar en la

elaboración del concreto, mediante el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-2-02-032, *Resistencia a la Degradación del Agregado Grueso mediante la Máquina de Los Ángeles*. Cuando se empleen varias granulometrías, el límite de pérdida por desgaste se aplicará a cada una.

- E.7.2.** Como excepción, y a juicio de la Secretaría, cuando el concreto se utilice para elementos estructurales que no estén sujetos a la abrasión, los agregados gruesos que tengan una pérdida al desgaste mayor que la indicada en el Inciso anterior, podrán usarse siempre y cuando con dichos agregados se obtenga, como mínimo la resistencia indicada en el proyecto.

F. REACTIVIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

- F.1.** Si en el examen petrográfico de los agregados finos o gruesos se detectan partículas de sílice reactivo, se considerará lo indicado en la Tabla 6 de esta Norma como criterio para la utilización o no de los agregados, para lo que se obtendrá la reactividad potencial de los mismos mediante el método indicado en el Manual M-MMP-2-02-035, *Reactividad Potencial de los Agregados mediante el Método Químico*, verificando experimentalmente la expansión conforme al método de prueba de las barras de mortero indicado en el Manual M-MMP-2-02-034, *Reactividad Potencial de los Agregados mediante Barras de Mortero*. Si dichas pruebas demuestran que los agregados son inocuos, se podrán utilizar en el concreto sin limitaciones, pero si resultan deletéreos, se les someterá a una prueba de expansión mediante mortero hecho con un cemento de alto contenido de álcalis, de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-2-02-034, *Reactividad Potencial de los Agregados mediante Barras de Mortero*. Si la expansión del concreto a seis (6) meses resulta igual a cero coma cero cinco (0,05) por ciento o menor, los agregados podrán ser utilizados sin restricción alguna; si es mayor que ese límite, pero menor de cero coma uno (0,1) por ciento, la utilización de los agregados se restringirá a concretos en condición de servicio seco o usando cemento con bajo contenido de álcalis, según se indica en la Fracción F.3. Si la expansión es igual a cero coma uno (0,1) por ciento o mayor, los agregados sólo podrán ser utilizados en concretos con cemento de muy bajo contenido de álcalis, según se indica en la Fracción antes mencionada. En los dos últimos casos, los agregados también podrán ser utilizados si

al cemento se le agrega una puzolana que inhiba la reacción álcali-sílice, según se indica en la Fracción F.4. de esta Norma.

F.2. Si en el examen petrográfico de los agregados finos o gruesos se detectan partículas de carbonato reactivo, se considerará lo indicado en la Tabla 7 de esta Norma como criterio para la utilización o no de los agregados, para lo que se obtendrá la reactividad potencial de los mismos mediante el método indicado en el Manual M-MMP-2-02-036, *Reactividad Potencial de los Agregados mediante el Método del Cilindro de Roca*. Si la expansión de la roca a tres (3) meses resulta menor de cero coma uno (0,1) por ciento, los agregados podrán ser utilizados sin restricción alguna, pero si es igual a dicho límite o mayor, se les someterá a una prueba de expansión en concreto hecho con un cemento de alto contenido de álcalis, de acuerdo con el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-2-02-034, *Reactividad Potencial de los Agregados mediante Barras de Mortero*. Si la expansión del concreto a seis (6) meses, resulta igual a cero coma cero quince (0,015) por ciento o menor, los agregados podrán ser utilizados sin restricción alguna; si es mayor que este límite pero menor de cero coma cero veinticinco (0,025) por ciento, la utilización de los agregados se restringirá a concretos en condición de servicio seco o usando cemento con bajo contenido de álcalis, según se indica en la Fracción F.3. Si la expansión es igual a cero coma cero veinticinco (0,025) por ciento o mayor, los agregados sólo podrán ser utilizados en concretos con cemento de muy bajo contenido de álcalis, según se indica en la Fracción antes mencionada. En los dos últimos casos, los agregados también podrán ser utilizados si al cemento se le agrega una puzolana que inhiba la reacción álcali-carbonato, según se indica en la Fracción F.5. de esta Norma.

F.3. Como se indica en las Tablas 6 y 7, si los agregados son ligeramente reactivos, se podrán utilizar en un concreto elaborado con cemento de bajo contenido de álcalis, que tenga menos del cero coma seis (0,6) por ciento de dicho componente, pero si son francamente reactivos, sólo se podrán utilizar si el concreto se elabora con un cemento de muy bajo contenido de álcalis, que tenga menos del cero coma cuatro (0,4) por ciento de ese componente, siempre y cuando, en ambos casos, el contenido total de álcalis en la mezcla del concreto no exceda de tres (3) kilogramos por cada metro cúbico de concreto, considerando todos sus componentes. Si esto no se logra, se adicionará un

material que neutralice la reactividad de los agregados, como la puzolana, según se indica en las Fracciones F.4. y F.5. de esta Norma.

TABLA 6.- Criterios de decisión para la utilización o no de agregados cuando presentan reactividad potencial álcali-sílice

Paso	Acción	Resultado	Conclusión
1	Propuesta de suministro (banco)		
2	Examen petrográfico de los agregados	Agregados inocuos: • No contienen sílice reactivo	Dato concluyente: • Uso permitido de los agregados, sin límites por este concepto
		Agregados potencialmente deletéreos: • Contienen sílice reactivo	Dato no concluyente, seguir el paso 3
3	Prueba química a los agregados	Agregados inocuos: • No existe reacción álcali-sílice	Dato concluyente: • Uso permitido de los agregados, sin limitaciones por este concepto
		Agregados deletéreos o potencialmente deletéreos	Dato no concluyente, seguir el paso 4
4	Prueba de expansión en mortero a seis meses	Expansión $\leq 0,05\%$: • Agregados no reactivos	Dato concluyente: • Uso permitido de los agregados, sin limitaciones por este concepto
		$0,05\% < \text{Expansión} < 0,1\%$: • Agregados ligeramente reactivos	Dato dudoso: • Uso restringido de los agregados para concreto en condición seca o con cemento bajo en álcalis ($< 0,6\%$) o puzolana eficaz para inhibir esta reacción
		Expansión $\geq 0,1\%$: • Agregados reactivos	Dato concluyente: • Uso muy restringido de los agregados, sólo con medidas preventivas, cemento muy bajo en álcalis ($< 0,4\%$), o puzolana eficaz, o explotación selectiva del banco o cantera

TABLA 7.- Criterios de decisión para la utilización o no de agregados cuando presentan reactividad potencial álcali-carbonato

Paso	Acción	Resultado	Conclusión
1	Propuesta de suministro (banco)		
2	Examen petrográfico de los agregados	Agregados inocuos: • No contienen carbonato reactivo	Dato concluyente: • Uso permitido de los agregados, sin límites por este concepto
		Agregados potencialmente deletéreos: • Contienen carbonato reactivo	Dato no concluyente, seguir el paso 3
3	Prueba de expansión en cilindros de roca, a tres meses	Expansión < 0,1%: • Agregados no reactivos	Dato concluyente: • Uso permitido de los agregados, sin limitaciones por este concepto
		Expansión ≥ 0,1%: • Agregados potencialmente reactivos	Dato no concluyente, seguir el paso 4
4	Prueba de expansión en concreto a seis meses	Expansión ≤ 0,015% • Agregados no reactivos	Dato concluyente: • Uso permitido de los agregados, sin limitaciones por este concepto
		0,015% < Expansión < 0,025%: • Agregados ligeramente reactivos	Dato dudoso: • Uso restringido de los agregados para concreto en condición seca o con cemento bajo en álcalis (< 0,6%) o puzolana eficaz para inhibir esta reacción
		Expansión ≥ 0,025%: • Agregados reactivos	Dato concluyente: • Uso muy restringido de los agregados, sólo con medidas preventivas, cemento muy bajo en álcalis (< 0,4%), o puzolana eficaz, o explotación selectiva del banco o cantera

F.4. Cuando se requiera utilizar puzolana para inhibir la reacción álcali-silíce de los agregados, se verificará su efectividad mediante pruebas de expansión en mortero hecho con un cemento de alto contenido de álcalis, la puzolana en cuestión y vidrio de borosilicato como agregado, según el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-2-02-038, *Efectividad de Aditivos Minerales*

para Evitar una Expansión Excesiva del Concreto. Sólo se podrá utilizar la puzolana si la expansión del mortero a seis (6) meses resulta menor de cero coma uno (0,1) por ciento.

- F.5.** Cuando se requiera utilizar puzolana para inhibir la reacción álcali-carbonato de los agregados, se verificará su efectividad mediante pruebas de expansión en concreto hecho con los agregados reactivos en cuestión y un cementante compuesto por el cemento de uso con la puzolana propuesta, según el procedimiento indicado en el Manual M-MMP-2-02-038, *Efectividad de Aditivos Minerales para Evitar una Expansión Excesiva del Concreto.* Sólo se podrá utilizar la puzolana si la expansión del concreto a seis (6) meses resulta menor de cero coma cero veinticinco (0,025) por ciento.
- F.6.** Si después de hacer las pruebas a que se refieren las Fracciones F.4 y F.5. de esta Norma, adicionando puzolana con capacidad inhibitoria para evitar el riesgo de una reacción deletérea álcali-agregado, la expansión resulta excesiva, se evaluarán las siguientes opciones:
- F.6.1.** Cambiar la fuente de suministro.
 - F.6.2.** Efectuar una explotación selectiva del banco para desechar el material reactivo.
 - F.6.3.** Utilizar no más del quince (15) por ciento del total de los agregados de material reactivo, mezclándolo perfectamente con otro material con la finalidad de reducir su proporción.
 - F.6.4.** Seleccionar un cemento cuyo contenido de álcalis sea menor que los límites antes indicados, con la intención de producir una expansión tolerable del concreto conforme al método de prueba correspondiente.

G. REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS FRAGMENTOS DE ROCA

Los fragmentos que se utilicen para la elaboración de concreto ciclópeo, estarán limpios, exentos de costras y tendrán una masa máxima de treinta (30) kilogramos.

H. REQUISITOS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS LIGEROS

Los agregados ligeros que se utilicen para elaborar concreto estructural ligero, de baja masa volumétrica y resistencia a la compresión limitada, cumplirán con los siguientes requisitos:

H.1. GRANULOMETRÍA

La granulometría de los agregados ligeros, finos o gruesos, determinada mediante el procedimiento de prueba indicado en el Manual M-MMP-2-02-020, *Granulometría de Agregados Pétreos*, estará comprendida entre los límites que se indican en la Tabla 8 de esta Norma.

H.2. MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura que corresponda a la granulometría a que se refiere la Fracción anterior, no será menor de dos coma tres (2,3) ni mayor de tres coma dos (3,2), con una tolerancia de variación de dos décimas (0,2) en más o en menos con respecto al valor del módulo de finura empleado en el diseño del proporcionamiento del concreto. En el caso de que el módulo de finura sobrepase dicha tolerancia, se harán los ajustes necesarios en las proporciones, para compensar las variaciones de composición granulométrica.

TABLA 8.- Límites granulométricos para agregados ligeros finos y gruesos

Malla		Fino	Grueso				
		Tamaño nominal mm					
Abertura mm	Designación	5 a 0,15	25 a 13	25 a 5	20 a 5	13 a 5	10 a 2,5
Porcentaje retenido							
37,5	1½"	--	0	0	--	--	--
25	1"	--	0 - 5	0 - 5	0	--	--
19	¾"	--	--	--	0 - 10	0	--
12,5	½"	--	90 - 100	40 - 75	--	0 - 10	0
9,5	⅜"	0	--	--	40 - 80	20 - 60	0 - 20
4,75	Nº4	0 - 15	--	90 - 100	90 - 100	80 - 100	60 - 95
2,36	Nº8	--	--	--	--	90 - 100	80 - 100
1,18	Nº16	20 - 60	--	--	--	--	--
0,3	Nº50	65 - 90	--	--	--	--	--
0,15	Nº100	75 - 95	--	--	--	--	--

H.3. CONTENIDO DE SUBSTANCIAS PERJUDICIALES

Los agregados ligeros finos no tendrán más de dos (2) por ciento de partículas deleznable, respecto a la masa seca de los agregados.

H.4. CONTENIDO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS

H.4.1. El agregado ligero fino no tendrá impurezas orgánicas en cantidad tal, que produzcan una coloración más oscura que la de la solución normalizada N° 3, determinada con el método de prueba indicado en el Manual M-MMP-2-02-026, *Impurezas Orgánicas en Agregados Finos*. Si el agregado ligero fino no cumple con este requisito, se podrá emplear, siempre y cuando se demuestre, a juicio de la Secretaría, que la coloración es causada principalmente por la presencia de pequeñas cantidades de materiales que no perjudican al concreto.

H.4.2. En la prueba de manchado, si los resultados quedan en la clasificación de mancha intensa o con grado mayor mediante la prueba visual, los agregados se probarán por el procedimiento químico, debiendo ser el resultado no mayor de uno coma cinco (1,5) miligramos de óxido férrico (Fe_2O_3). Este requisito se establece para definir el grado de manchado que se puede esperar con el uso de agregados ligeros que contengan compuestos de hierro que puedan ocasionar manchas en la superficie del concreto.

H.5. MASA VOLUMÉTRICA

La masa volumétrica seca y suelta de los agregados ligeros, finos, gruesos o mezclados, no será mayor que la indicada en la Tabla 9 de esta Norma. La variación de la masa volumétrica de los diferentes lotes de agregados ligeros, no diferirá en más del diez (10) por ciento del valor fijado en el proyecto.

H.6. PÉRDIDA POR CALCINACIÓN

Los agregados ligeros tendrán una pérdida por calcinación no mayor de cinco (5) por ciento en masa, sin embargo, ciertos agregados procesados pueden ser de carácter hidráulico e

hidratarse parcialmente durante su producción, lo que implica que la calidad del producto no se reduce; otros agregados pueden contener carbonatos inocuos o agua de cristalización que puede contribuir a la pérdida por calcinación, por lo que se tomará en consideración el tipo de material cuando se evalúe en términos de la pérdida por calcinación.

TABLA 9.- Masas volumétricas máximas de los agregados ligeros

Tipo de agregado	Masa volumétrica seca y suelta (máxima) kg/m³
Fino	1 120
Grueso	880
Fino y grueso combinados	1 040

I. ALMACENAMIENTO DE AGREGADOS

Con el propósito de evitar la alteración de las características de los agregados antes de su utilización en la obra, ha de tenerse cuidado en su almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

- I.1.** El agregado se almacenará en tolvas o silos metálicos sin orificios, con superficie interior lisa y limpia, o bien en un sitio específicamente destinado para tal uso. Cuando en dicho sitio no se cuente con un firme, previamente a su utilización se deberá:
 - Remover la materia vegetal y limpiar la superficie.
 - Conformar, nivelar y compactar la superficie dejando una sección transversal uniforme que permita el drenaje.
 - Colocar, compactar y mantener sobre el terreno, una capa de quince (15) centímetros de espesor como mínimo, utilizando el mismo agregado por almacenar, para evitar la contaminación del resto del material que se coloque encima.

- I.2.** Durante el almacenamiento se evitará la circulación de vehículos sobre los montículos de materiales, pero en caso de que esto sea estrictamente necesario, se colocará un camino de tablas para evitar la contaminación del agregado.

- I.3. Los agregados gruesos se almacenarán por separado de los finos. Para evitar que lleguen a mezclarse, los montículos de distintos agregados estarán lo suficientemente alejados uno del otro o separados entre sí por paredes colocadas con tal propósito.
 - I.4. Cuando los agregados no vayan a usarse por un periodo prolongado, es conveniente que se cubran con lonas para protegerlos del clima.
 - I.5. Cuando los agregados se transporten en camiones, cargadores de cucharón de almeja o bandas transportadoras, no se formarán acopios de forma cónica que tengan una altura tal que el agregado se segregue.
 - I.6. Al almacenar los agregados, no se dejarán caer desde una altura tal que el material se segregue.
 - I.7. Los agregados se tomarán de los acopios de almacenamiento en capas lo más horizontales posible.
- J. CRITERIOS PARA ACEPTACIÓN O RECHAZO**
- La aceptación de los agregados por parte de la Secretaría, se hará considerando lo siguiente:
- J.1. El encargado de elaborar el estudio del banco, es el responsable de determinar, a nivel estudio, que el agregado cumpla con las características y los requisitos de calidad indicados en esta Norma, según el tipo de agregado establecido en el proyecto, en muestras obtenidas y preparadas como se establece en el Manual M-MMP-2-02-019, *Muestreo de Agregados Pétreos*, mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.
 - J.2. En el caso de que el Contratista de Obra seleccione el banco, él será el responsable de asegurar que el agregado cumpla con las características y los requisitos de calidad indicados en esta Norma, considerando lo indicado en la Fracción anterior. El Contratista de Obra entregará a la Secretaría un certificado de calidad que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma, expedido por su propio laboratorio o por un laboratorio externo aprobado por la Secretaría.

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-2-02-002/02

- J.3.** Durante el proceso de producción, con objeto de controlar la calidad del agregado en la ejecución de la obra, el Contratista de Obra, por cada cien (100) metros cúbicos o fracción del material de un mismo tipo, extraído del banco, realizará las pruebas necesarias que aseguren que cumple con la granulometría establecida en esta Norma y entregará a la Secretaría los resultados de dichas pruebas. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas y preparadas como se establece en el M-MMP-2-02-019, *Muestreo de Agregados Pétreos* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Será motivo de rechazo por parte de la Secretaría, el incumplimiento de este requisito.
- J.4.** Además de lo señalado en la Fracción anterior, el Contratista de Obra, por cada mil (1 000) metros cúbicos de producción del banco, realizará las pruebas necesarias que aseguren que el agregado cumple con todos los valores establecidos en esta Norma, entregando a la Secretaría los resultados de dichas pruebas. Las pruebas se realizarán en muestras obtenidas y preparadas como se establece en el Manual M-MMP-2-02-019, *Muestreo de Agregados Pétreos* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Será motivo de rechazo por parte de la Secretaría, el incumplimiento de cualquiera de los requisitos establecidos.
- J.5.** En cualquier momento la Secretaría puede verificar que el agregado suministrado cumpla con cualquiera de los requisitos de calidad establecidos en esta Norma, siendo motivo de rechazo el incumplimiento de cualquiera de ellos.

K. BIBLIOGRAFÍA

Norma Mexicana NMX C-111-1988-ONNCCE, *Agregados - Especificaciones*.