

Aridos para morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma anula y reemplaza totalmente a la norma NCh165.Of52, declarada Oficial de la República, por Decreto N°488, de fecha 22 de Febrero de 1952, del Ministerio de Obras Públicas.

La norma NCh165 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización sobre la base de un documento elaborado por el Centro Tecnológico del Hormigón y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Cementos Bío-Bío, Departamento de Control de Calidad	Arnoldo Bucarey C.
Cemento INACESA	Ciro Ríos
Cemento Melón, Depto. Relaciones Técnicas	Guillermo Larraín
Cemento Polpaico, Laboratorios	Claudio Poblete
Concretos Ready Mix S.A., Depto. Técnico	Armando Soto
Dirección de Vialidad, MOP	Patricio Downey
Instituto Nacional de Normalización, INN	Hugo Bascou
SERVIU, Metropolitano, Delegación	Julio Echeverría
Pavimentación Quinta Normal	Luis Guzmán
	Jorge Salgado
	Alfredo Cifuentes
	Jaime Téllez

NCh165

Universidad Católica de Chile, Depto. de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, DICTUC

Universidad Católica de Chile, Depto. de Química Analítica

Universidad de Chile, Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales, IDIEM

Universidad de Concepción, Depto. Estructuras

Universidad del Norte, Laboratorio

Resistencia de Materiales

Universidad Técnica del Estado, Sede La Serena, Depto de Construcción Civil

Universidad Técnica del Estado, Sede Temuco, Depto. de Construcción Civil

Universidad Técnica del Estado, Sede Valdivia, Depto. de Construcción Civil

Universidad Técnica Federico Santa María, Línea de Mediciones y Automatización

Sergio Rojas

Guido Concha

Juan Egaña

Carlos Guzmán

Oscar Serrano

Mario Aguilera

Orlando Fernández

Hernán Arnés

Ricardo Mecklenburg

Esta norma se estudió para uniformar los procedimientos de ensayos destinados a verificar las propiedades granulométricas de los áridos para morteros y hormigones

Esta norma concuerda en parte con AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL ASTM C 136-71 "*Sieve or Screen Analysis of Fine and Coarse Aggregates*".

Los anexos no forman parte del cuerpo de la norma, se insertan sólo a título informativo.

Esta norma ha sido aprobada por el H. Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 29 de Diciembre de 1976.

Esta norma ha sido declarada norma chilena Oficial de la República, por Decreto N°152, de fecha 21 de Febrero de 1977, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Esta norma es una "*reedición sin modificaciones*" de la norma chilena Oficial NCh165.Of77, "*Aridos para morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría*", vigente por Decreto N°152, de fecha 21 de Febrero de 1977, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Aridos para morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría

1 Alcance y campo de aplicación

1.1 Esta norma establece el procedimiento para efectuar el tamizado y determinar la granulometría de los áridos.

1.2 Esta norma se aplica a los áridos de densidad real entre 2 000 y 3 000 kg/m³ que se emplean en la elaboración de morteros y hormigones.

2 Referencias

- NCh163 Aridos para morteros y hormigones - Especificaciones.
NCh164 Aridos para morteros y hormigones - Extracción y preparación de muestras.
NCh1021 Tamices y tamizado - Vocabulario.
NCh1022 Tamices de ensayo de tela de alambre y de plancha perforada - Dimensiones nominales de abertura.
NCh1223 Aridos para morteros y hormigones - Determinación del material fino inferior a 0,080 mm.

3 Terminología

3.1 **granulometría**: distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas (granos) que constituyen un árido, determinada de acuerdo con la presente norma.

3.2 **porcentaje parcial retenido en un tamiz**: porcentaje en masa correspondiente a la fracción directamente retenida en un determinado tamiz.

NCh165

3.3 porcentaje acumulado retenido en un tamiz: porcentaje en masa de todas las partículas (granos) de mayor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como la suma del porcentaje parcial retenido en ese tamiz más todos los porcentajes parciales retenidos en los tamices de mayor abertura.

3.4 porcentaje acumulado que pasa por un tamiz: porcentaje en masa de todas las partículas (granos) de menor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como la diferencia entre el 100% y el porcentaje acumulado retenido en ese tamiz.

3.5 módulo de finura: centésima parte de la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices de la serie preferida, (ver anexo A).

3.6 Otros términos empleados en esta norma aparecen definidos en NCh163 y NCh1021.

4 Resumen del procedimiento

Acondicionar una muestra de ensayo y determinar su masa. Tamizar la muestra y determinar la masa de las fracciones retenidas en cada tamiz.

Determinar los porcentajes parciales retenidos y expresar la granulometría en función de dichos porcentajes.

5 Aparatos

5.1 Balanza

Tendrá una capacidad superior a la masa de la muestra más el recipiente de pesaje, y una precisión igual o superior al 0,1% de la pesada.

5.2 Tamices

5.2.1 Tejidos

Serán de alambre y abertura cuadrada, de acuerdo con NCh1022 y sus tamaños nominales de abertura pertenecerán a las series que se indican en tabla 1 (escogidas de la tabla 1 de NCh1022 serie R 20).

Tabla 1 - Tamices para áridos. Tamaños nominales de abertura

Serie preferida, mm	Serie complementaria, mm
-	125
-	100
80	-
-	63
-	50
40	-
-	31,5
-	25
20	-
-	16
-	12,5
10	-
-	8
-	6,3
5	
2,5	
1,25	
0,630	
0,315	
0,160	

NOTA - Provisoriamente se aceptará el uso de la serie ASTM, con la equivalencia respecto a la serie preferida que se indica:

Preferida, mm	80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,630	0,315	0,160
Provisoria, mm	75	38,1	19	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150

5.2.2 Marcos

5.2.2.1 Los marcos de los tamices serán preferentemente metálicos, y suficientemente rígidos y firmes para fijar y ajustar las telas de alambre, a fin de evitar pérdidas de material durante el tamizado y alteraciones en la abertura de las mallas.

5.2.2.2 Serán preferentemente circulares, con un diámetro de 200 mm para las arenas y un diámetro de 400 mm para las gravas.

NCh165

5.2.2.3 En ensayos de rutina se podrán emplear marcos de otros materiales (madera dura), formas (rectangulares, cuadrados) y dimensiones.

NOTA - Los resultados que se obtienen con tamices cuyos marcos son de forma o tamaño diferentes no son comparables.

5.2.3 Depósito receptor

Cada juego de tamices estará provisto de un depósito que ajuste perfectamente para la recepción del residuo más fino.

5.2.4 Tapa

Cada juego de tamices estará provisto de una tapa que ajuste perfectamente para evitar pérdidas de material. Estará marcado con tres diámetros que formen ángulos de 60° entre sí.

5.3 Estufa

Tendrá circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensayo.

5.4 Herramientas y accesorios

Espátulas, brochas, recipientes para secado, recipientes para pesaje, etc.

6 Extracción de muestras

Las muestras se extraerán y prepararán de acuerdo con NCh164.

NOTA - Las muestras de arenas o áridos mezclados se humedecerán antes de la reducción para evitar segregaciones y pérdidas de polvo.

7 Acondicionamiento de la muestra de ensayo

7.1 Homogeneizar cuidadosamente el total de la muestra de laboratorio en estado húmedo y reducirla por cuarteo, de acuerdo con NCh164, para obtener cuando esté seca, un tamaño de muestra ligeramente superior a los valores que se indican en **8 Tamaño de la muestra de ensayo**.

7.2 No se permitirá hacer la reducción con la muestra de laboratorio en estado seco, ni tampoco reducir a una masa exacta predeterminada.

7.3 Secar la muestra hasta masa constante en estufa a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

8 Tamaño de la muestra de ensayo

8.1 Arenas

8.1.1 Cuando se emplean los tamices de 200 mm de diámetro la muestra de ensayo en estado seco tendrá una masa ligeramente superior a los valores que se indican en tabla 2.

Tabla 2 - Tamaño de la muestra de ensayo de la arena

Característica de la arena		Masa mínima de la muestra, g
Tamiz	% retenido	
5 mm	> 15%	Ver 8.1.2
5 mm	≤ 15%	500
2,5 mm	≤ 5%	100

8.1.2 Cuando una muestra de arena contenga una fracción de grava superior al 15%, el material debe separarse por el tamiz de 5 mm determinando y registrando el porcentaje en masa de ambas fracciones. Las fracciones de arena y grava se tratarán de acuerdo con 8.1 y 8.2 respectivamente.

8.1.3 Los tamaños de muestra indicados en tabla 2 podrán aumentarse proporcionalmente cuando se empleen tamices de mayor tamaño, siempre que se cumpla lo que se establece en 8.1.4.

8.1.4 La masa máxima de la muestra será tal que la fracción retenida en cualquiera de los tamices al terminar la operación de tamizado sea inferior a 0,6 g por cm² de superficie de tamizado. En tamices de 200 mm de diámetro, dicha fracción será inferior a 200 g¹⁾.

8.2 Gravav

8.2.1 Cuando se emplean los tamices de 400 mm de diámetro, la muestra de ensayo en estado seco tendrá una masa ligeramente superior a los valores que se indican en tabla 3.

¹⁾ La limitación de carga sobre un tamiz tiene por objeto efectuar un tamizado eficiente sin forzar las partículas (granos) de árido, ni deformar la malla de tejido de alambre. Cuando exista el riesgo de sobrecargar los tamices se recomienda tomar alguna de las siguientes precauciones:

- introducir tamices intermedios de la serie complementaria;
- fraccionar la muestra de ensayo

Tabla 3 - Tamaño de la muestra de ensayo de la grava

Tamaño máximo absoluto (Da), mm	Masa mínima de la muestra kg
80	32
63	25
50	20
40	16
25	10
20	8
12,5	5
10	4

8.2.2 Cuando una muestra de grava contenga una fracción de arena superior al 15%, el material debe separarse por el tamiz de 5 mm, determinando y registrando el porcentaje en masa de ambas fracciones. Las fracciones de arena y grava se tratarán de acuerdo con 8.1 y 8.2 respectivamente.

8.2.3 Los tamaños de muestra indicados en tabla 3 podrán aumentarse proporcionalmente cuando se empleen tamices de mayor tamaño, siempre que se cumpla lo que se establece en 8.2.4.

8.2.4 La masa máxima de la muestra será tal que la fracción retenida en cualquiera de los tamices al terminar la operación de tamizado pueda distribuirse en una sola capa sobre la malla de tejido de alambre²⁾.

8.3 Aridos mezclados

Proceder de acuerdo con 8.2.2.

²⁾ La limitación de carga sobre un tamiz tiene por objeto efectuar un tamizado eficiente sin forzar las partículas (granos) de árido, ni deformar la malla de tejido de alambre.

Cuando exista el riesgo de sobrecargar los tamices se recomienda tomar alguna de las siguientes precauciones:

- a) introducir tamices intermedios de la serie complementaria;
- b) fraccionar la muestra de ensayo

9 Ensayo

9.1 Preparación de tamices

Se seleccionará un juego de tamices de acuerdo con la especificación correspondiente al material por ensayar. Los tamices estarán dispuestos según aberturas decrecientes, montados sobre el depósito receptor y provistos de su tapa. Todos estos elementos estarán limpios y secos. Los tamaños de abertura de las mallas se verificarán, a lo menos, una vez cada seis meses.

9.2 Tamizado

Se efectuará en dos etapas:

- a) un tamizado inicial que podrá ser manual o mecánico;
- b) un tamizado final que deberá ser manual.

NOTA - Se recomienda efectuar primero un tamizado húmedo por el tamiz de 0,080 mm de acuerdo con NCh1223 y, después, efectuar el tamizado de acuerdo con la presente norma. Para el cálculo de la granulometría se tomará como base 100%, la pesada de la muestra de ensayo en estado seco previa al tamizado húmedo.

9.2.1 Tamizado inicial

- a) Determinar la masa de la muestra de ensayo en estado seco, registrar aproximando a 1 g para arenas y a 10 g para gravas, vaciarla sobre el tamiz superior y cubrir con la tapa;
- b) agitar el conjunto de tamices por un período suficiente para aproximarse a la condición que se establece en 9.2.2 g).

9.2.2 Tamizado final

- a) Retirar el primer tamiz, provisto de depósito y tapa.
- b) Sostenerlo de un costado con una mano, manteniéndolo ligeramente inclinado.
- c) Golpear firmemente el costado libre hacia arriba con la palma de la otra mano a un ritmo de 150 golpes por minuto.
- d) Girar el tamiz cada 25 golpes en 1/6 de vuelta.
- e) Al completar cada ciclo de 150 golpes, pesar separadamente el material retenido sobre el tamiz y el material que pasa, recogido en el depósito.
- f) Trasladar el material que pasa en cada ciclo al tamiz siguiente.

NCh165

- g) Repetir el ciclo en el mismo tamiz con el material retenido hasta que se recoja en el depósito una masa inferior al 1% de la masa retenida, con lo cual se da por terminado el tamizado de esa fracción.
- h) Retirar el tamiz siguiente provisto de depósito y tapa para efectuar con dicho tamiz los ciclos necesarios, y así sucesivamente hasta completar todo los tamices.

NOTA - Si resulta difícil el tamizado manual de gravas con tamices de 400 mm de diámetro, se recomienda efectuar los ciclos en tamices de 200 mm de diámetro, cuidando que el material pueda distribuirse formando una sola capa.

9.3 Pesaje

Determinar la masa final del material retenido en cada tamiz y del material que pasa por el tamiz de menor abertura, recogido en el depósito. Registrar con la aproximación que sea mayor entre 1 g y 0,1% de la pesada.

10 Expresión de resultados

10.1 Sumar y registrar la masa total (100%) de las fracciones retenidas en todos los tamices y en el depósito receptor.

Esta suma no debe diferir de la masa inicial registrada en 9.2.1 en más de 3% para las arenas y de 0,5% para las gravas.

10.2 Cuando no se cumpla con lo especificado en 10.1 se rechazará el ensayo y se efectuará otro con una muestra gemela.

10.3 Calcular el porcentaje parcial retenido en cada tamiz, referido a la masa total de las fracciones retenidas, aproximando al 1%.

10.4 Expresar la granulometría como porcentaje acumulado que pasa indicando como primer resultado el del menor tamiz en que pasa el 100% y como último resultado el del primer tamiz en que el porcentaje sea 0%.

10.5 Adicionalmente la granulometría se podrá expresar de acuerdo con cualquiera de las siguientes formas:

- a) como porcentaje acumulado retenido, indicando como primer resultado el del menor tamiz en que queda retenido un porcentaje igual a 0% y como último resultado el del primer tamiz en que el porcentaje acumulado retenido sea 100%;
- b) como porcentaje parcial retenido.

10.6 Complementar la expresión de la granulometría con el valor del módulo de finura, (ver anexo A) y el tamaño máximo del árido (ver NCh163).

11 Expresión gráfica

La expresión gráfica de la granulometría de un árido se hará en un sistema de coordenadas ortogonales, cuya abscisa a escala logarítmica indica las aberturas nominales y cuya ordenada a escala lineal indica los valores de la granulometría en las formas indicadas en 10.4 y 10.5.

NOTA - Ver anexo B.

USO EXCLUSIVO MINVI

Anexo A (Informativo)

Cálculo del módulo de finura

A.1 Generalidades

A.1.1 El módulo de finura es el valor correspondiente a la centésima parte de la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices de la serie preferida indicada en la tabla 1 de la presente norma.

A.1.2 El módulo de finura de un árido equivale a la superficie que queda sobre la curva granulométrica en un gráfico de coordenadas ortogonales, cuando en la abscisa se llevan a escala logarítmica las aberturas de los tamices y en la ordenada se llevan a escala lineal los porcentajes acumulados que pasan.

A.1.3 La posición de la curva granulométrica refleja el valor que tendrá el módulo de finura: cuanto más se tienda la curva hacia el eje de la abscisa, más grueso es el árido y el módulo de finura más alto, y viceversa si la curva se aleja.

A.1.4 El módulo de finura se puede obtener a partir de las granulometrías acumuladas retenida o la que pasa.

A.2 Ejemplos del procedimiento de cálculo

A.2.1 Módulo de finura de las arenas

En una arena se pueden presentar dos casos:

Caso a) Que en el tamiz de 5 mm quede retenido 0% (ó 100% pasa). Es el caso de las arenas que cumplen con las especificaciones granulométricas.

Caso b) Que en el tamiz de 5 mm quede retenido un cierto porcentaje (o pasa menos del 100%). Es el caso corriente de las arenas nacionales que no cumplen con las especificaciones granulométricas, debido al porcentaje de sobretamaño de 5 mm que contienen.

A.2.1.1 Ejemplo caso a). (Pasa 100% por tamiz de 5 mm).

Según el % acumulado retenido: se suman los porcentajes acumulados retenidos en los tamices: 5 - 2,5 - 1,25 - 0,630 - 0,315 y 0,160 mm y la suma obtenida se divide por 100. Ver columna I de tabla 4.

Según el % acumulado que pasa: se suman los porcentajes acumulados que pasan en los tamices: 5 - 2,5 - 1,25 - 0,630 - 0,315 y 0,160 mm. La suma se divide por 100 y el resultado se resta de 6. (El valor 6 corresponde al número de tamices considerados en la serie). Ver columna II de la tabla 4.

A.2.1.2 Ejemplo caso b). (Pasa menos de 100% por tamiz de 5 mm).

Según el % acumulado que pasa: se suman los porcentajes acumulados que pasan en los tamices: 5 - 2,5 - 1,25 - 0,630 - 0,315 y 0,160 mm. La suma se divide por el % que pasa por el tamiz de 5 mm y el resultado se resta de 6. Ver columna III de tabla 4.

Tabla 4 - Ejemplos de cálculo del módulo de finura de la arena

Serie de tamices mm	Caso a)		Caso b)
	I % acumulado retenido	II % acumulado que pasa	III % acumulado que pasa
12,5	0	100	98
10	0	100	96
5	0	100	88
2,5	15	85	76
1,25	30	70	48
0,630	47	53	34
0,315	82	18	20
0,160	93	7	6
Suma	267	333	272
Cálculo	267/100	6-333/100	6-272/88
Módulo de finura	2,67	2,67	2,91

A.2.1.3 El valor obtenido en la forma indicada es el que se emplea como módulo de finura en algunos métodos de dosificación.

NOTA - El valor 2,91 de la columna III es el módulo de finura que corresponde específicamente a la fracción arena del árido original, ya que el módulo de finura de la granulometría de la muestra original, tomando la serie preferida es de: $8 - 468/100 = 3,32$.

A.2.2 Módulo de finura de las gravas

Para calcular el módulo de finura de una grava se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- la granulometría de una grava se informa generalmente empleando una serie combinada de tamices (preferida y complementaria) desde el menor tamiz que deja pasar el 100% hasta el primer tamiz que deja pasar el 1% ó 0%. Ver columna I de la tabla 5;

NCh165

b) pero para calcular el módulo de finura se debe emplear sólo la serie preferida de tamices desde el menor tamiz que deja pasar el 100% hasta el tamiz de 0,160 mm, aun cuando por él o por alguno de los anteriores pase 0%. Ver columna II y III de la tabla 5.

A.2.2.1 Ejemplos

Según el % acumulado que pasa: se suman los porcentajes acumulados que pasan por los tamices de la serie preferida, indicados en el letra b). La suma se divide por 100 y el resultado se resta del número n de tamices que se hayan considerado (en este ejemplo $n = 10$). Ver columna II de tabla 5.

Según el % acumulado retenido: los porcentajes retenidos se obtienen, previamente, restando a 100 cada % que pasa en los tamices indicados en el letra b). Se suman los porcentajes acumulados retenidos y la suma se divide por 100. Ver columna III de la tabla 5.

Tabla 5 - Ejemplo de cálculo del módulo de finura de la grava

Serie	Combinada		Preferida	
Tamices mm	I % acumulado que pasa	II % acumulado que pasa	III % acumulado retenido	
80		100	0	
63	100			
50	70			
40	30	30	70	
25	12			
20	5	5	95	
12,5	0			
10		0	100	
5		0	100	
2,5		0	100	
1,25		0	100	
0,630		0	100	
0,315		0	100	
0,160		0	100	
Suma		135	865	
Cálculo		$10 - 135/100$	$865/100$	
Módulo de finura		8,65	9,65	

A.2.3 Módulo de finura de un árido mezclado

Para calcular el módulo de finura de un árido mezclado se debe aplicar también la serie preferida de tamices siguiendo las mismas consideraciones indicadas en B.2.2 para una grava en cuanto al primero y último tamiz.

USO EXCLUSIVO MINVA

Anexo B (Informativo)

Gráfico para el trazado de curvas granulométricas

B.1 Generalidades

La representación gráfica del resultado del análisis granulométrico da una visión objetiva de la distribución del tamaño de los granos y sirve para comparar materiales entre sí o con los límites de las bandas granulométricas.

La distribución de granos puede representarse en base a los porcentajes acumulados retenidos, los porcentajes acumulados que pasan o al porcentaje directo que retiene cada tamiz.

El objetivo del presente anexo es dar algunas recomendaciones tendientes a uniformar los gráficos granulométricos y facilitar su construcción y uso.

B.2 Gráfico de coordenadas

B.2.1 Se recomienda trazar la curva granulométrica en un gráfico de coordenadas rectangulares, formado por dos ejes: uno horizontal o eje de las X (abscisa) y otro vertical o eje de las Y (ordenada).

B.3 Construcción del eje de las Y

B.3.1 Marcar en el eje vertical de la izquierda, graduada a escala lineal, puntos que correspondan a los porcentajes acumulados que pasan, a partir de 0%, de abajo hacia arriba.

Se puede tomar cualquiera longitud para este eje y en él se marcarán 10 puntos (0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100), separados a distancias iguales. Por ejemplo, para un eje de 100 mm de longitud, los puntos estarán separados a una distancia de 10 mm entre sí.

B.3.2 Es conveniente, a veces, trazar también el eje vertical del lado derecho y en él marcar, a escala lineal, los porcentajes acumulados retenidos a partir de 0% de arriba hacia abajo, con la misma longitud y distancias entre puntos que el eje de la izquierda.

B.4 Construcción del eje de las X

B.4.1 Marcar en el eje horizontal inferior, graduado a escala logarítmica, puntos que correspondan al logaritmo del valor de la abertura nominal de los tamices, de izquierda a derecha a partir del tamiz 0,160 mm.

B.4.2 Para marcar los puntos a escala logarítmica deberá considerarse si se trata de la serie preferida o la serie complementaria de tamices.

B.4.2.1 Escala para serie principal de tamices

En esta serie se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La abertura en mm de un tamiz cualquiera tiene el doble de abertura que el tamiz inmediatamente inferior y la mitad de abertura que el tamiz inmediatamente superior, ver columna I a) de tabla 6.
- Por lo tanto, estos tamices forman una serie que tiene una relación igual a 2^n . Si se toma como punto de partida el tamiz 0,160 mm, la abertura de los tamices superiores se puede expresar como se indica en la columna II de la tabla 6.
- Para expresar las aberturas indicadas en la columna II en escala logarítmica, ver columna III, tabla 6.

Si se observa esta columna se tiene que los coeficientes del log 2 forman una serie de valores que al multiplicar dicho logaritmo, representan las diferencias logarítmicas entre cualquier tamiz y el de 0,160 mm.

Ejemplo: para el tamiz de 1,25 mm se tiene

$$\log 1,25 - \log 0,160 = (\log 0,160 + 3 \log 2) - (\log 0,160 + \sigma \log 0,160) = 3 \log 2$$

- Esta serie de coeficientes del log 2 constituyen los valores del módulo K anotados en la columna IV de la tabla 6.

Si al log 2 se le da una magnitud en mm se obtienen las distancias de cualquier tamiz con respecto al tamiz 0,160 mm tomado como punto 0.

Si esta magnitud es igual a 1, la distancia en mm para cualquier tamiz corresponde al valor del módulo K para dicho tamiz.

Ejemplo: para el tamiz 1,25 mm $K = -3$, y su distancia hasta el tamiz 0,160 mm es igual a 3 mm.

- Los puntos, para los tamices de la serie preferida, se marcan entonces a distancias iguales según sea la magnitud dada al log 2. Cuando se le da una magnitud igual a 20 mm las distancias están en la columna V de la tabla 6 y en el esquema para gráfico granulométrico hasta tamaño máximo absoluto 80 mm, en figura 1.

B.4.2.2 Escala para serie complementaria de tamices

- Las aberturas de estos tamices ocupan puntos intermedios de la serie preferida, ver columna I b) de la tabla 6.
- Los puntos se marcarán también en el eje de las X, calculando sus distancias a partir del tamiz 0,160 mm tomado como punto 0.

NCh165

- c) El exponente de la potencia 2^n (columna II), o el coeficiente del $\log 2$ (columna III) o el módulo K (columna IV) se obtienen mediante la siguiente relación:

$$K = \log\left(\frac{\text{abertura tamiz } n}{0,160}\right) : \log 2$$

Ejemplo: cálculo para el tamiz $n = 50$ mm.

$$K = \log\left(\frac{50}{0,160}\right) : \log 2 = \log 312,5 : \log 2 = 2,496 : 0,301 = 8,3$$

La distancia del tamiz 50 mm hasta el tamiz 0,160 mm tiene un módulo $K = 8,3$;

- d) Cuando al $\log 2$ de la columna II como en la serie preferida, se le da una magnitud en mm igual a 20 mm, los puntos correspondientes para los tamices complementarios están dados, junto con los de la serie preferida, en la columna V de la tabla 6 y en el esquema del gráfico granulométrico de la figura 1.

Tabla 6 - Escala para la construcción del eje de las X (abscisa)

I Serie tamices, mm		II Relación 2^n con tamiz 0,160	III Logaritmo aberturas	IV Módulo K	V Escala en mm para $\log 2 = 20$ mm
Preferida I a)	Comple- mentaria I b)				
0,160		$0,160 \cdot 2^0$	$\log 0,160 + 0 \quad \log 2$	0	0
0,315		$0,160 \cdot 2^1$	$\log 0,160 + 1 \quad \log 2$	1	20
0,630		$0,160 \cdot 2^2$	$\log 0,160 + 2 \quad \log 2$	2	40
1,25		$0,160 \cdot 2^3$	$\log 0,160 + 3 \quad \log 2$	3	60
2,5		$0,160 \cdot 2^4$	$\log 0,160 + 4 \quad \log 2$	4	80
5		$0,160 \cdot 2^5$	$\log 0,160 + 5 \quad \log 2$	5	100
10		$0,160 \cdot 2^6$	$\log 0,160 + 6 \quad \log 2$	6	120
	12,5	$0,160 \cdot 2^{6,3}$	$\log 0,160 + 6,3 \quad \log 2$	6,3	126
20		$0,160 \cdot 2^7$	$\log 0,160 + 7 \quad \log 2$	7	140
	25	$0,160 \cdot 2^{7,3}$	$\log 0,160 + 7,3 \quad \log 2$	7,3	146
40		$0,160 \cdot 2^8$	$\log 0,160 + 8 \quad \log 2$	8	160
	50	$0,160 \cdot 2^{8,3}$	$\log 0,160 + 8,3 \quad \log 2$	8,3	166
	63	$0,160 \cdot 2^{8,7}$	$\log 0,160 + 8,7 \quad \log 2$	8,7	174
80		$0,160 \cdot 2^9$	$\log 0,160 + 9 \quad \log 2$	9	180

Los tamices indicados en la serie complementaria son los más corrientemente empleados en la granulometría de los áridos gruesos. Si se incluyen otros tamices de esta serie, proceder para el cálculo aplicando la fórmula indicado en B.4.2.2 c).

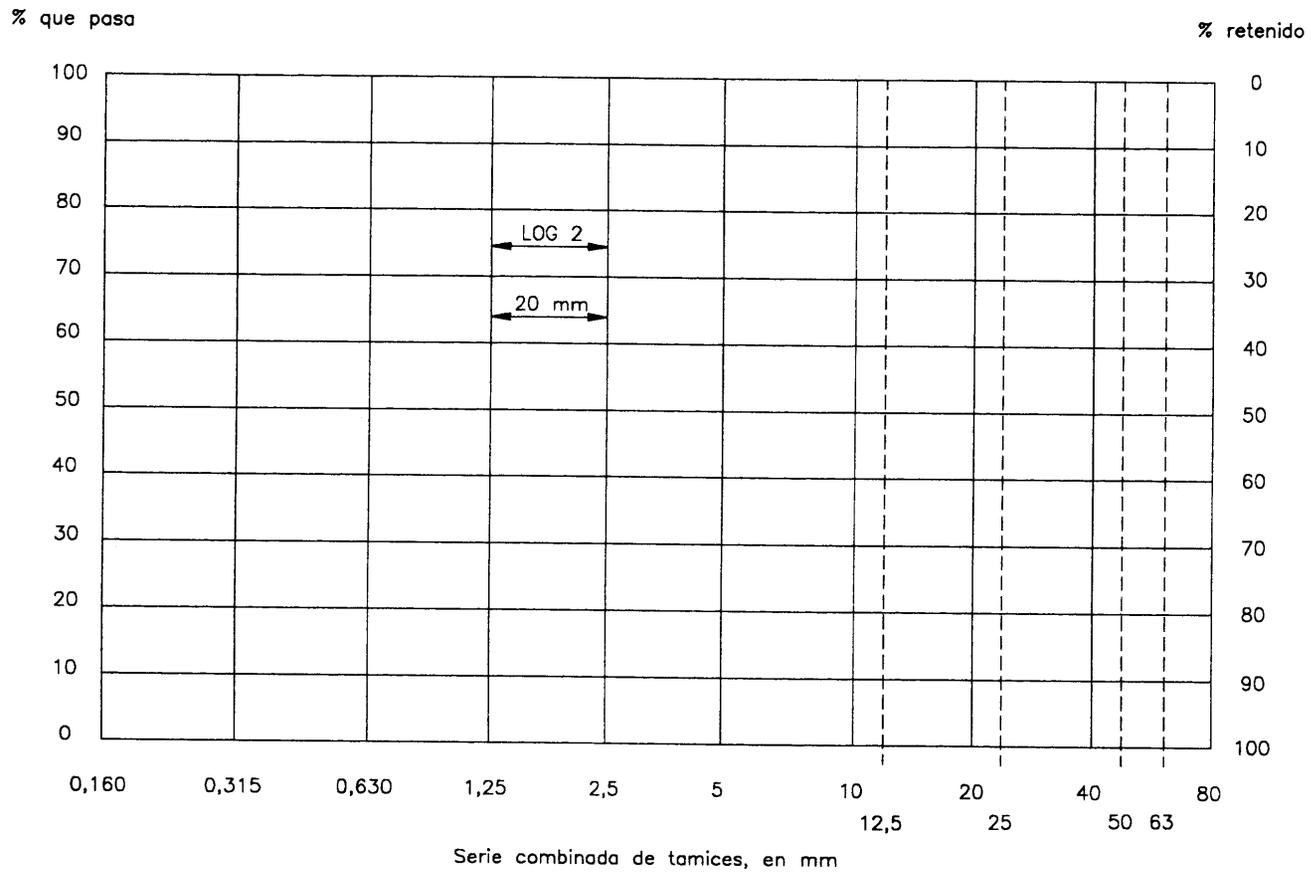


Figura 1 – Gráfico para el trazado de curvas granulométricas

Anexo C (Informativo)

Gráfico de propiedades

C.1 Generalidades

A veces es necesario representar las propiedades y características de los áridos, al variar la composición granulométrica. En esta situación es útil emplear una representación triangular de la composición granulométrica en la que perdiendo parte de la visión de la distribución del tamaño de los granos, es posible comparar las características y propiedades, objetivo final del estudio granulométrico.

La distribución de granos puede representarse en base a los porcentajes de material de tres zonas granulométricas, definidas como **Fino, Medio y Grueso**, en base a las aberturas de los tamices que se establezcan como límite.

C.2 Construcción del gráfico de coordenadas triangular. (Gráfico triaxial).

Se puede representar la distribución granulométrica como un punto interior de un triángulo equilátero, aprovechando la propiedad de que la suma de las distancias de cualquier punto a los lados del triángulo es constante.

Marcar como punto G (100% del grueso) al vértice izquierdo de la base; como punto M (100% del medio) al vértice superior, y como punto F (100% del fino) al vértice derecho de la base.

Dividir cada lado en 100 partes iguales en el sentido de la rotación de los punteros del reloj.

Marcar el porcentaje de gruesos en el lado base, desde F a G.

Marcar el porcentaje de medios en el lado izquierdo, de G a M.

Marcar el porcentaje de finos en el lado derecho, desde M a F.

Ubicar el punto trazando paralelas a los tres ejes de coordenadas anteriormente indicados.

C.3 Límites de los tamaños

Se recomienda en general utilizar igual número de tramos de la serie preferida de tamices, para cada uno de los tipos de áridos F, M y G. En ciertas oportunidades es recomendable usar otra disposición de límites que destaque el problema en estudio, por ejemplo: destacar la influencia de los granos más finos usando pocos tramos granulométricos en F.

C.4 Ejemplo

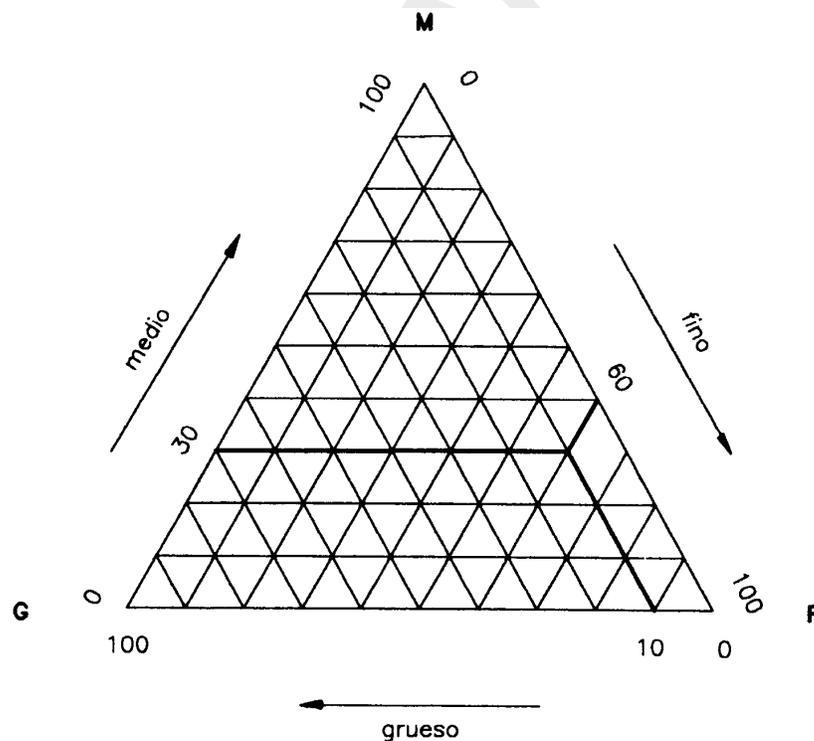
C.4.1 Ubicación del punto granulométrico, (ver figura 2).

Fijar los límites de los tres áridos. Por ejemplo: F es el material que pasa por la malla 0,630 mm; M es el material retenido en 0,630 mm y que pasa por 2,5 mm y G es el material retenido en 2,5 mm.

$$F = 60\% \quad M = 30\% \quad G = 10\% \quad F + M + G = 100\%$$

- trazar una paralela a MF desde el punto $G = 10\%$;
- trazar una paralela a FG desde el punto $M = 30\%$;
- marcar el punto granulométrico en el encuentro de ambas paralelas.

NOTA - Observar que bastan dos coordenadas ya que la suma de las tres es constante = 100%.



Ejemplo de ubicación del punto granulométrico

Figura 2- Esquema de Gráfico de Coordenadas

NCh165

C.4.2 Ubicación de las zonas granulométricas, (ver figura 3).

- trazar dos paralelas al lado MG que marquen los límites del fino;
- trazar dos paralelas al lado MF que marquen los límites del grueso;
- el romboide resultante encierra todos los puntos granulométricos que cumplan con los límites especificados.

NOTA - No es necesaria la tercera coordenada.

Ejemplo.

Límites de la arena preferida en la norma NCh163, en coordenadas triaxiales, con los límites de fino, medio y grueso indicados en C.4.1.

- Fino.** Tamiz 0,630 mm $25\% \leq F \leq 60\%$.
- Grueso.** Tamiz 2,5 mm $0\% \leq G \leq 20\%$.

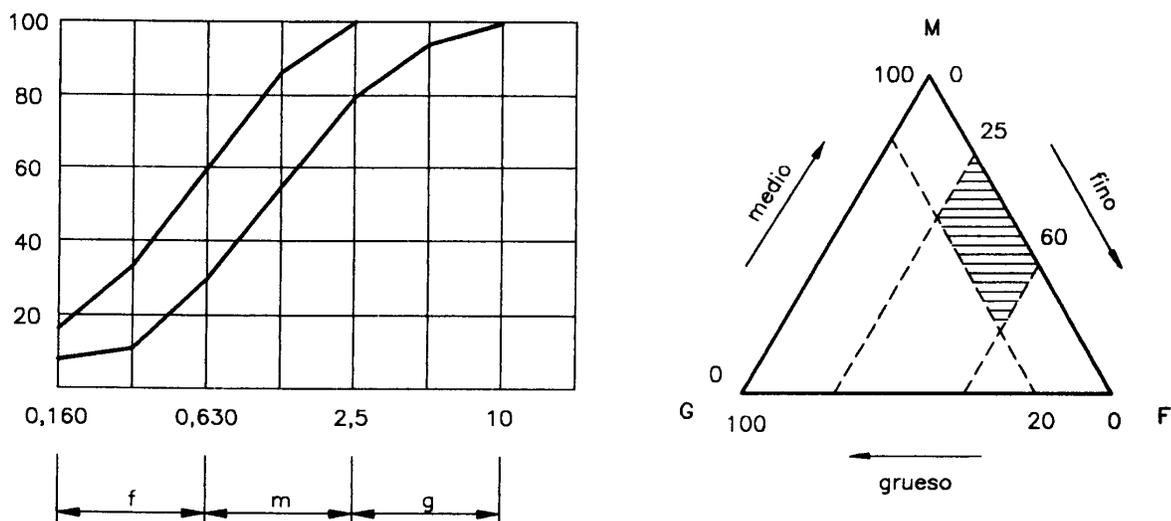


Figura 3 – Transformación a coordenadas triaxiales

C.5 Combinación de áridos

La mezcla de dos áridos en la proporción $m:n$ corresponde a una granulometría ubicada en la recta que une a los dos puntos granulométricos y que divide al trazo en la proporción inversa, $n:m$.

La mezcla de tres áridos da la posibilidad de lograr un punto granulométrico cualquiera del triángulo formado. El procedimiento para mezclar los áridos A, B y C en las proporciones $m:n:\bar{n}$ es el siguiente:

- ubicar el punto P de la recta AB dividiendo en la proporción inversa $n:m$;
- ubicar el punto buscado O en la recta CP, dividiendo en la proporción inversa $\bar{n}:(m+n)$.

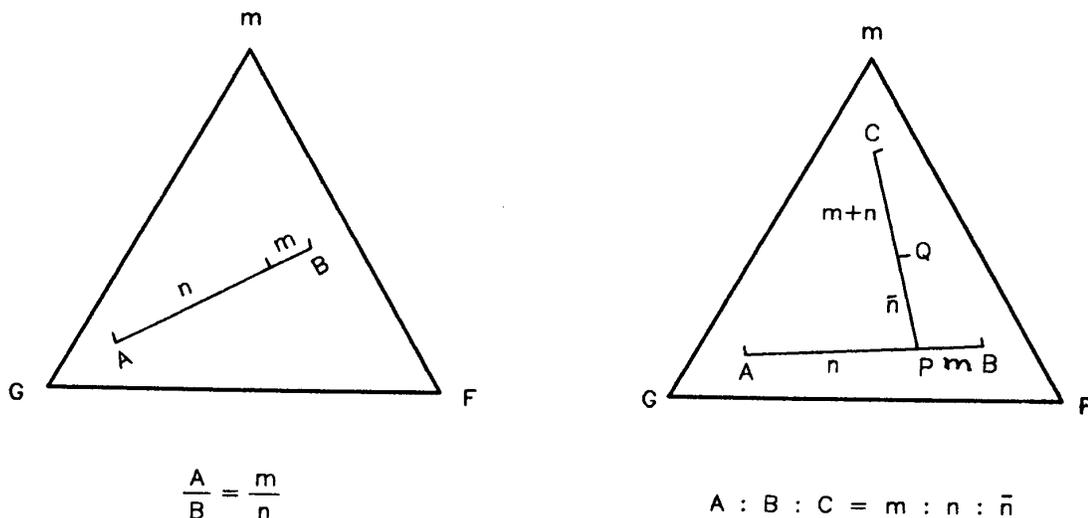


Figura 4 – Mezcla de dos o tres áridos en gráfico triaxial

C.6 Aplicaciones

En cada punto granulométrico se anotará la propiedad controlada, por ejemplo, densidad aparente, módulo de finura, resistencia del mortero u hormigón fabricado con ese árido bajo condiciones determinadas, etc.

Los puntos de iguales características pueden unirse por curvas de igual nivel.

Aridos para morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría

Concrete and mortar aggregates - Sieving and determination of grading

Primera edición : 1977
Reimpresión : 1999

Descriptores: *materiales de construcción, áridos, ensayos, tamizado, granulometría, hormigón*

CIN 91.100.20

COPYRIGHT © 1982 : INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

* Prohibida reproducción y venta *

Dirección : Matías Cousiño N° 64, 6° Piso, Santiago, Chile

Casilla : 995 Santiago 1 - Chile

Teléfonos : + (56 2) 441 0330 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0425

Telefax : + (56 2) 441 0427 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0429

Web : www.inn.cl

Miembro de : ISO (International Organization for Standardization) • COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas)