
NORMA CHILENA

***NCh* 3121/2-2010**

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION • INN-CHILE

Cementos de albañilería - Parte 2: Clasificación y requisitos de los cementos de albañilería fabricados por proceso de mezcla

Masonry cements - Part 2: Classification and requirements for masonry cements by blended process

Primera edición : 2010

CIN

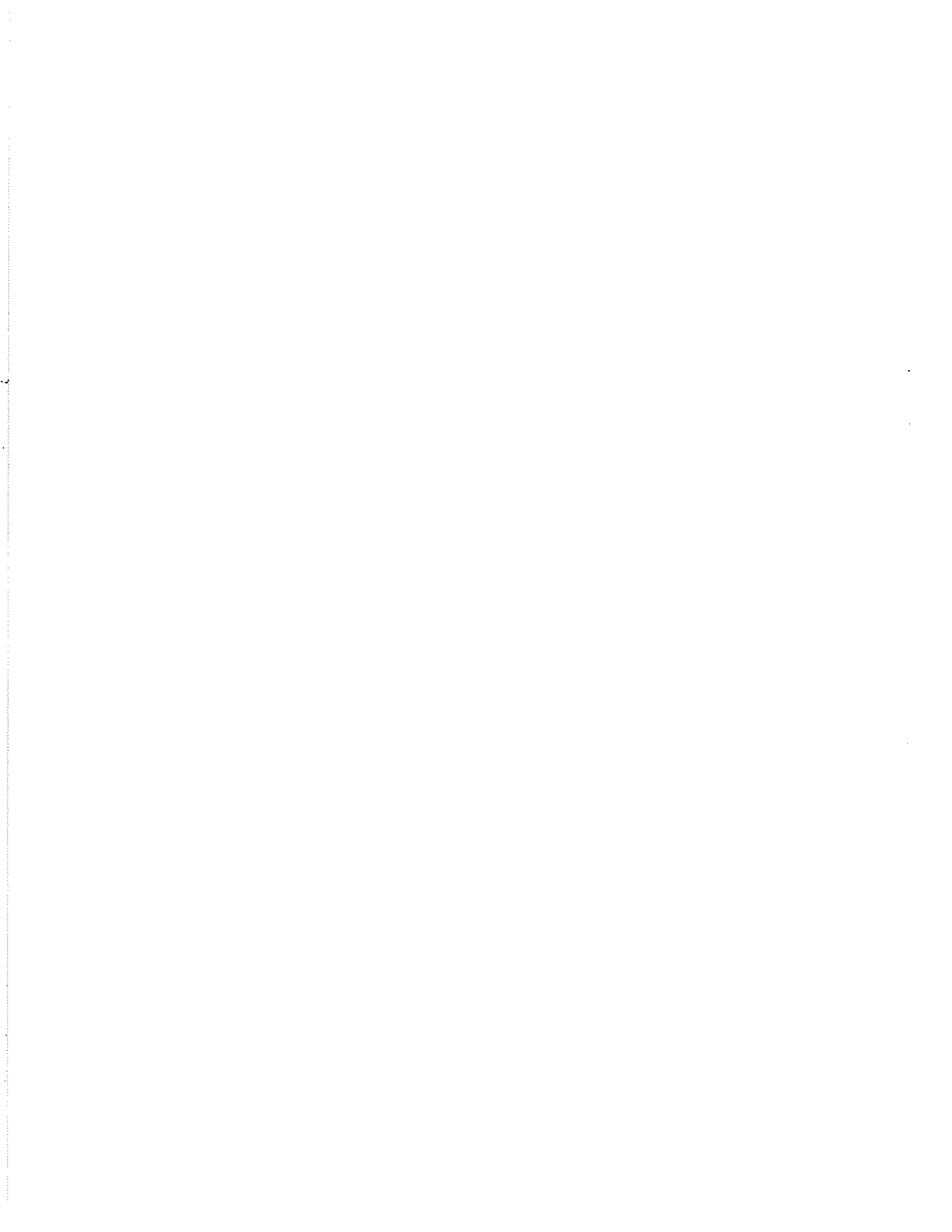
COPYRIGHT © : INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

* Prohibida reproducción y venta *

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

Web : www.inn.cl

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



Cementos de albañilería - Parte 2: Clasificación y requisitos de los cementos de albañilería fabricados por proceso de mezcla

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 se estudió a través del Comité Técnico *Cemento*, para establecer los requisitos de los cementos que se utilicen exclusivamente en la fabricación de morteros.

Esta norma forma parte de un conjunto constituido por las siguientes partes de NCh3121 *Cementos de albañilería*.

- *Parte 1: Clasificación y requisitos de los cementos de albañilería fabricados por molienda conjunta.*
- *Parte 2: Clasificación y requisitos de los cementos de albañilería fabricados por proceso de mezcla.*
- *Parte 3: Métodos de ensayo.*

Por no existir Norma Internacional, en la elaboración de esta norma se han tomado en consideración las normas NCh3121/1-2009 *Cementos de albañilería - Parte 1: Clasificación y requisitos de los cementos de albañilería fabricados por molienda conjunta* y ASTM C 91-05 *Standard Specification for Masonry Cement*, y antecedentes técnicos proporcionados por el Comité.

NCh3121/2

La norma NCh3121/2 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio el Comité estuvo constituido por las organizaciones y personas naturales siguientes:

Cemento Búfalo S.A.	Patricio Matus M.
	Luis Yáñez G.
Cemento Polpaico S.A.	Rafael Cepeda C.
Cementos Bío Bío S.A.	Jorge del Pozo B.
	Sergio Vidal A.
DICTUC S.A.	Miguel Angel González T.
Instituto Nacional de Normalización, INN	M. Cecilia Soto M.
Lafarge Chile S.A.	Héctor Villalobos S.
Universidad de Chile, IDIEM	Gustavo Arriagada S.
	Miguel Figueroa N.

El Anexo A forma parte de la norma.

El Anexo B no forma parte de la norma, se inserta sólo a título informativo.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 24 de septiembre de 2010.

Cementos de albañilería - Parte 2: Clasificación y requisitos de los cementos de albañilería fabricados por proceso de mezcla

1 Alcance y campo de aplicación

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los cementos de albañilería fabricados mediante proceso industrial de mezclado, y que se utilizan para la fabricación de morteros según lo indicado en NCh2256/1.

1.2 Esta norma clasifica a los cementos de albañilería fabricados por proceso de mezcla en tres tipos: N, S y M.

NOTAS

- 1) Esta norma no comprende aspectos de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las medidas de seguridad e higiene y determinar si existen restricciones para su uso.
- 2) Se debe tener presente que las mezclas frescas de cemento hidráulico son cáusticas y una exposición prolongada a estas mezclas puede provocar afecciones a la piel.

2 Referencias normativas

Los documentos siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

NCh147	<i>Cementos - Análisis químico.</i>
NCh148	<i>Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.</i>
NCh159	<i>Cemento - Determinación de la superficie específica por el permeabilímetro según Blaine.</i>
NCh160	<i>Cemento - Agregado tipo A para uso en cementos - Especificaciones.</i>

NCh3121/2

NCh161	<i>Cemento - Pozzolana para uso en cementos - Especificaciones.</i>
NCh162	<i>Cemento - Extracción de muestras.</i>
NCh642.Of1999	<i>Cemento - Envases - Sacos de válvula - Especificaciones.</i>
NCh2256/1	<i>Morteros - Parte 1: Requisitos generales.</i>
NCh2259	<i>Morteros - Determinación de la retentividad - Método de la succión del agua por vacío.</i>
NCh3121/3	<i>Cementos de albañilería - Parte 3: Métodos de ensayo.</i>
ASTM C 25	<i>Standard Test Methods for Chemical Analysis of Limestone, Quicklime, and Hydrated Lime.</i>
ASTM C 266	<i>Test method for time setting of hydraulic cement paste by Gillmore Needles.</i>
ASTM C 430	<i>Test method for fineness of hydraulic cement by the 45 µm (N°325) sieve.</i>
ASTM C 618	<i>Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.</i>
EN 933-9	<i>Test for geometrical properties of aggregates - Part 9: Assessment of fines - Methylene blue test.</i>
EN 13639	<i>Determination of the chloride, carbon dioxide and alkali content of cement.</i>

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma se aplican los términos y definiciones indicados en NCh148 y NCh2256/1 y adicionalmente los siguientes:

3.1 adiciones calcáreas: material de origen sedimentario, constituido fundamentalmente por carbonato cálcico y debe cumplir con 5.1.2

3.2 agregado tipo A: mezcla de sustancias compuestas de un material calcáreo-arcilloso que ha sido calcinado a una temperatura mayor que 900°C y otros materiales a base de óxidos de silicio, aluminio y hierro. El contenido de calcio del agregado, expresado como CaO total, debe fluctuar entre 5% y 30% máximo y debe cumplir con NCh160

3.3 batch: unidad másica de carga de la central de mezclado mayor o igual que 1 t

3.4 cal hidráulica: producto cementicio compuesto de cal hidratada y cantidades apropiadas de compuestos hidráulicos sílico-aluminosos cálcicos que aseguren su endurecimiento bajo agua y que debe cumplir con NCh2256/1

3.5 cal hidratada (cal apagada): cal compuesta principalmente de hidróxido de calcio obtenido de cal viva combinada con agua suficiente para obtener un polvo seco hidratado y que debe cumplir con NCh2256/1

3.6 calidad histórica: variabilidad de las propiedades del cemento de albañilería de acuerdo a esta norma y que es propia de cada productor

3.7 cemento de albañilería: conglomerante hidráulico para uso en morteros de albañilería

3.8 cemento de albañilería fabricado por proceso de mezcla: producto que se obtiene de un proceso de fabricación industrial en una central de mezclado, mediante la mezcla de un cemento que cumpla con 5.1.1, y uno o más de los materiales siguientes: cal hidratada, cal hidráulica, puzolana, cenizas volantes, adiciones calcáreas, escoria básica granulada de alto horno, agregado tipo A. Se pueden introducir aditivos químicos para potenciar una o más propiedades tales como tiempo de fraguado, consistencia, retención de agua, incorporación de aire y durabilidad, en porcentajes no mayor que 2%

3.9 cenizas volantes: residuo finamente dividido que resulta de la combustión de carbón molido o pulverizado y que es transportado por los gases de la combustión y que debe cumplir con ASTM C 618

3.10 central de mezclado: planta industrial en la cual se pesan y mezclan los componentes del cemento de albañilería fabricados por proceso de mezcla

3.11 desviación normal neta (s_c): variación de resultados debido sólo al proceso de fabricación del cemento de albañilería

3.12 escoria básica granulada de alto horno: producto que se obtiene por enfriamiento brusco de la masa fundida no metálica que resulta en el tratamiento de mineral de hierro en un alto horno. Este producto tiene como constituyentes principales silicatos y sílico-aluminatos de calcio y su composición química es tal que cumple con el requisito siguiente:

$$\frac{CaO + MgO + Al_2O_3}{SiO_2} \geq 1,0$$

3.13 lote: cantidad específica de cemento de albañilería ofrecida para inspección en cualquier momento. Un lote puede corresponder a uno o más depósitos de almacenamiento llenados consecutivamente. Un lote puede ser también el contenido de una o más unidades de transporte que representan al cemento de albañilería extraído del mismo depósito de almacenamiento

3.14 puzolana: material sílico-aluminoso que aunque no posee propiedades aglomerantes por sí solo, las desarrolla cuando está finamente dividido y en presencia de agua, por reacción química con hidróxido de calcio a la temperatura ambiente y debe cumplir con NCh161

4 Clasificación

4.1 Los cementos de albañilería se clasifican en tres tipos: N, S y M.

4.2 Los cementos de albañilería deben cumplir los requisitos indicados en cláusula 5.

5 Requisitos

5.1 Materiales

5.1.1 Cemento

Los cementos que sean utilizados para la fabricación de cementos de albañilería mezclados, deben cumplir los requisitos siguientes:

- a) Lo indicado en NCh148. Estos requisitos deben ser certificados.
- b) No debe contener grumos.
- c) Si el cemento certificado ha sido almacenado por más de 90 días desde la fecha de muestreo, se debe volver a certificar el producto.

5.1.2 Adiciones calcáreas

Las adiciones calcáreas agregadas al cemento de albañilería, deben cumplir los requisitos siguientes:

- a) El contenido de carbonato de calcio ($CaCO_3$) debe ser, al menos, de 75% en masa determinado según ASTM C 25.
- b) El contenido de arcilla, determinado por el ensayo de azul de metileno según EN 933-9, debe ser menor o igual que 1,20 g por cada 100 g. Para este ensayo, los carbonatos de calcio deben ser molidos hasta alcanzar una finura expresada como superficie específica, de aproximadamente 5 000 cm^2/g determinado según NCh159.
- c) El contenido total de carbón orgánico, determinado según EN 13639, debe ser menor o igual que 0,50% en masa.

5.1.3 Características de las adiciones

Las adiciones utilizadas en la producción de cementos de albañilería mezclados: cal hidratada, cal hidráulica, puzolana, cenizas volantes, adiciones calcáreas, escoria básica granulada de alto horno, y agregado tipo A deben cumplir, además de lo indicado en cláusula 3, los requisitos siguientes:

- a) Retenido en tamiz de 45 μm (N° 325): máximo 40%.
- b) Pasa en tamiz 150 μm : 100%.
- c) Humedad: máximo 0,7% de terminada por secado en horno a $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$ hasta masa constante.

5.2 Mezclado

El mezclado debe ser un proceso industrial, con control de pesaje de los materiales, que asegure la uniformidad del cemento de albañilería según 5.5, independiente de la composición granulométrica de los materiales utilizados.

5.2.1 Central de mezclado

La central de mezclado que se utilice debe cumplir con los requisitos siguientes:

- Los equipos de mezclado deben ser del tipo mecánico, que aseguren la mezcla íntima de los componentes del cemento de albañilería para cumplir 5.5.1.
- Los equipos de mezclado pueden ser del tipo eje vertical o eje horizontal. El tiempo de mezclado debe ser el necesario para asegurar la uniformidad del cemento de albañilería, ver 5.5.
- Los equipos de mezclado pueden ser del tipo continuo o del tipo discontinuo (batch).

5.3 Requisitos físicos

Los cementos de albañilería deben cumplir con los requisitos físicos indicados en Tabla 1.

Tabla 1 - Requisitos físicos para los cementos de albañilería

Requisitos físicos	Tipo de cemento de albañilería			Norma ensayo
	N	S	M	
Finura, residuo en tamiz de 45 μm (N° 325), máx., %	24	24	24	ASTM C 430
Expansión en autoclave, máx., %	1,0	1,0	1,0	NCh3121/3
Tiempo de fraguado, método de Gillmore:				
Fraguado inicial, minutos, no menor que	120	90	90	ASTM C 266
Fraguado final, minutos, no mayor que	1 000	1 000	1 000	
Resistencia a la compresión (promedio de tres cubos): La resistencia a la compresión del mortero preparado y ensayado de acuerdo con NCh3121/3, debe ser mayor o igual que los valores especificados para las edades indicadas a continuación:				NCh3121/3
7 días, MPa	3,4	9,0	12,4	
28 días, MPa	6,2	14,5	20,0	
Contenido de aire del mortero, preparado y ensayado de acuerdo con NCh3121/3:				NCh3121/3
Volumen mín., %	8	8	8	
Volumen máx., %	21	19	19	
Valor de retención de agua, mín., % del extendido original	70	70	70	NCh2259

5.4 Requisitos químicos

Los cementos de albañilería deben cumplir con los requisitos químicos indicados en Tabla 2.

Tabla 2 - Requisitos químicos para los cementos de albañilería

Requisitos químicos	Tipo de cemento de albañilería			Norma ensayo
	N	S	M	
Contenido de SO_3 máx., %	4,0			NCh147
Contenido de Cl^- máx., %	0,1			EN 13639

5.5 Requisitos de uniformidad

La uniformidad del cemento de albañilería se verifica en dos etapas.

5.5.1 Primera etapa

5.5.1.1 En la etapa inicial de fabricación se verifica, por única vez, la uniformidad del producto según las desviaciones normales netas máximas indicadas en Tabla 3.

Tabla 3 - Requisitos iniciales de uniformidad

Requisito	Desviación normal neta, s_c , máx.
Resistencia mecánica:	
7 días, MPa	3,8
28 días, MPa	5,0
Retentividad, %	3,7
Contenido de aire, %	1,4
Retenido en tamiz 45 μ m, %	1,5

5.5.1.2 La verificación de los requisitos de uniformidad se efectúa sobre 45 muestras extraídas de acuerdo a NCh162. Para cada uno de los requisitos, se debe realizar un ensayo duplicado cada tres de las muestras extraídas.

5.5.1.3 Antes de verificar el cumplimiento de cada uno de los requisitos establecidos en Tabla 3, es necesario verificar que el coeficiente de variación de ensayo, v_c es menor o igual que 5,5%. Cuando v_c sea mayor que 5,5%, la precisión de los datos es cuestionable y los equipos y procedimientos de laboratorio se deben revisar.

5.5.1.4 La determinación de la desviación normal neta y del coeficiente de variación de ensayo, v_c se realiza según lo indicado en Anexo A.

5.5.1.5 En caso que no se cumpla alguno de los requisitos de Tabla 3, se debe repetir el procedimiento de muestreo y ensayo.

5.5.2 Segunda etapa

La segunda etapa corresponde a la verificación de la uniformidad del cemento de albañilería mediante el control de la variabilidad de: resistencias mecánicas a 7 días y 28 días; % de retentividad; % contenido de aire y % retenido en tamiz 45 μm .

5.5.2.1 Niveles de control

A efectos del control de variabilidad del producto, se consideran dos niveles de control: normal y reducido.

5.5.2.1.1 El nivel normal se debe aplicar para determinar la calidad histórica del producto.

5.5.2.1.2 Una vez obtenida la calidad histórica, se puede aplicar el nivel reducido, mientras se mantengan los resultados dentro del rango crítico.

5.5.2.2 Muestras

5.5.2.2.1 Las muestras puntuales destinadas al control de la variabilidad del producto se deben extraer de acuerdo a NCh162.

5.5.2.2.2 El número de muestras a ensayar se determina de acuerdo a lo indicado en Tabla 4.

Tabla 4 - Número de muestras de ensayo

Número de muestras que componen el lote	Número de muestras a ensayar	
	Nivel normal	Nivel reducido
2	2	2
3	3	2
4 a 10	4	2
11 a 20	6	2
Mayor que 20	8	2

5.5.2.3 Calidad histórica

5.5.2.3.1 La calidad histórica se determina sobre resultados que tengan una antigüedad menor a dos años.

5.5.2.3.2 Se debe disponer de, al menos, 40 muestras de ensayos que representen no menos de siete lotes de cemento de albañilería.

5.5.2.3.3 Un par corresponde a dos muestras del mismo lote ordenadas en secuencia numérica. Cuando sea posible, se pueden utilizar varios pares del mismo lote.

NCh3121/2

5.5.2.3.4 El número de muestras pareadas que representan un lote grande se puede reducir de acuerdo a lo siguiente:

- a) De un grupo de muestras de ensayo enumeradas consecutivamente y que representan al lote completo, seleccionar un subgrupo por algún método de azar.
- b) Enumerar secuencialmente el subgrupo y emparejar en el orden de la lista.
- c) Calcular r como la diferencia entre los resultados de cada par, para cada par de resultados de ensayo.
- d) Calcular \bar{r} , como el promedio de los valores r para cada uno de los requisitos.

5.5.2.4 Límite crítico

5.5.2.4.1 El límite crítico, C , para cada uno de los requisitos de variabilidad del producto de los cementos de albañilería, se calcula como se indica en Anexo A.

5.5.2.4.2 Cuando sea necesario recalcular el límite crítico, se debe volver al nivel de control normal hasta restablecer una nueva calidad histórica.

5.5.2.5 Informes

- **Nivel normal:** Cuando los ensayos se realizan en nivel normal, se informa que el cemento de albañilería cumple con lo especificado si cumple los requisitos de uniformidad del producto, e incumplimiento si no alcanza cada uno de los requisitos especificados.
- **Nivel reducido:** Cuando los ensayos se realizan a nivel reducido, informar que el cemento de albañilería cumple lo especificado si el promedio de los resultados está más lejos del límite especificado que del límite crítico.

Si el promedio de uno o más de los requisitos está entre el límite crítico y el límite especificado, se deben ensayar muestras adicionales para ese requisito (un número igual de ensayos al del control normal) y si todos los resultados de los ensayos adicionales cumplen el requisito especificado, informar que el cemento de albañilería cumple la especificación. Informar que el cemento de albañilería no cumple si cualquier resultado no cumple el requisito respectivo.

- **Incumplimiento:** Cuando se informa el incumplimiento de un cemento de albañilería, el informe debe registrar el requisito que no cumple y el límite aplicable.

6 Almacenamiento

El cemento de albañilería se debe almacenar según lo indicado en 7.1.1 i).

7 Rotulación, transporte y envasado

7.1 Rotulación

7.1.1 Los sacos y maxisacos se deben rotular en idioma español y caracteres fácilmente legibles e indelebles que proporcionen la información siguiente:

- a) Nombre, razón social o marca registrada del fabricante de cemento de albañilería.
- b) Tipo de cemento de albañilería.
- c) Peso neto.
- d) Fecha de envasado, en el caso de cemento de albañilería nacional.
- e) Fecha de muestreo y país de origen, en el caso de cemento de albañilería importado.
- f) Vigencia del producto, la que no debe ser mayor que 60 días desde la fecha de envasado.
- g) Organismo de Certificación.
- h) Cumplimiento de esta norma.
- i) Recomendaciones generales de manipulación y almacenamiento.

7.1.2 El envase de cemento de albañilería debe llevar una leyenda de acuerdo a lo indicado en 7.1.3. Esta debe ser en un color contrastante, en relación a los otros textos o gráficas establecidas en 7.1.1 y debe ocupar un espacio mayor que 5% del área principal.

7.1.3 La leyenda indicada en 7.1.2 debe decir:

NO USAR EN HORMIGONES

7.2 Transporte

Los documentos de despacho del cemento de albañilería a granel deben indicar lo siguiente:

- a) Marca.
- b) Nombre del fabricante.
- c) Tipo de cemento de albañilería.
- d) Peso neto transportado.
- e) Vigencia del producto, no mayor que 60 días desde la fecha de despacho.
- f) Leyenda según 7.1.3, con un tamaño mínimo de 5% en relación al tamaño del papel.
- g) Otros, de acuerdo a lo indicado por la Autoridad Competente.

7.3 Envasado

7.3.1 Los sacos de cemento de albañilería deben cumplir con NCh642, a excepción de lo indicado en 4.5 y cláusula 6.

7.3.2 Los sacos de cemento de albañilería pueden tener cualquier capacidad con una tolerancia menor que 3% del peso declarado en el envase.

7.3.3 Los maxisacos¹⁾ utilizados para envasar cemento de albañilería deben garantizar su aislación de la humedad y evitar riesgos de fraguado.

8 Extracción de muestras

La extracción de muestras se debe realizar de acuerdo con NCh162.

9 Inspección y certificación

9.1 Los cementos de albañilería deben ser certificados.

9.2 La certificación de los cementos de albañilería, de acuerdo a lo establecido en esta norma, debe ser otorgada por un Organismo de Certificación de Productos acreditado y los ensayos deben ser realizados por un laboratorio acreditado.

1) Los maxisacos o big bags corresponden a contenedores flexibles intermedios por su denominación en inglés (flexible intermediate bulk container - FIBC).

Anexo A
(Normativo)

Cálculo de la desviación normal neta y el límite crítico

A.1 Primera etapa

La determinación de la desviación normal neta, así como del rango individual, rango promedio, desviación normal total y desviación normal de ensayo se efectúa de acuerdo a lo indicado a continuación.

NOTA - En Anexo B se incluye ejemplo de cálculo.

A.1.1 Determinación del valor promedio, \bar{X} :

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

en que:

n = número de muestras individuales;

$x_1; x_2; \dots x_n$ = resultados individuales, promedio de cada par de ensayo.

A.1.2 Desviación normal total, s_t :

$$s_t = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

A.1.3 Desviación normal de ensayo, s_e :

$$s_e = 0,862\bar{R}$$

en que:

R = rango, diferencia entre los resultados de los pares que conforman la muestra;

\bar{R} = promedio de los rangos individuales R , para los últimos 10 pares de muestras
0,862: coeficiente de rango para pares de ensayo sobre la misma muestra.

Anexo B (Informativo)

Ejemplos de cálculo

B.1 Cálculo de desviación normal de ensayo

B.1.1 En Tabla B.1 se incluye un ejemplo de determinación de la desviación normal de ensayo para la resistencia a 28 días.

Tabla B.1 - Cálculo de la desviación normal de ensayo

Muestra N°	Resistencia 28 días MPa		Promedio 28 días MPa	Rango 28 días MPa	Promedio \bar{R} MPa	s_e MPa	v_e %	s_f	s_c
	Ensayo A	Ensayo B							
04-11-2008	28,9	28,2	28,6	0,7	-	-	-	-	-
06-11-2008	27,6	29,0	28,3	1,4	-	-	-	-	-
10-11-2008	24,1	24,6	24,4	0,5	-	-	-	-	-
12-11-2008	25,6	25,1	25,4	0,5	-	-	-	-	-
14-11-2008	24,6	25,4	25,0	0,8	0,78	0,67	2,56	1,97	1,85
18-11-2008	27,5	29,2	28,4	1,7	0,93	0,80	3,02	1,95	1,77
20-11-2008	27,0	28,0	27,5	1,0	0,94	0,81	3,04	1,80	1,61
24-11-2008	22,6	23,5	23,1	0,9	0,94	0,81	3,07	2,13	1,97
26-11-2008	25,2	26,2	25,7	1,0	0,94	0,81	3,10	2,00	1,83
28-11-2008	30,9	30,9	30,9	0,0	0,85	0,73	2,74	2,39	2,28
02-12-2008	28,2	27,8	28,0	0,4	0,82	0,71	2,64	2,30	2,19
04-12-2008	26,2	28,3	27,3	2,1	0,89	0,77	2,86	2,20	2,06
09-12-2008	24,0	25,4	24,7	1,4	0,98	0,84	3,18	2,19	2,02
11-12-2008	29,2	27,6	28,4	1,6	1,09	0,94	3,54	2,15	1,94
15-12-2008	28,8	29,3	29,1	0,5	1,06	0,91	3,39	2,15	1,95

NOTA - El mismo procedimiento de cálculo se debe aplicar a los otros requisitos establecidos en Tabla 3.

B.1.2 Inicialmente, se ensaya una de tres muestras en duplicado, hasta disponer de, al menos, 15 resultados de ensayo duplicados.

B.1.3 El promedio correspondiente al promedio aritmético de los ensayos A y B y el rango corresponde a la diferencia absoluta entre los ensayos A y B.

B.1.4 El rango promedio se calcula para un mínimo de 15 ensayos duplicados. Posteriormente, se promedian los rangos de los 10 ensayos duplicados más recientes.

B.2 Cálculo del límite crítico y límite de control del rango

En Tabla B.2, se indica un ejemplo de determinación de \bar{r} , d y calidad histórica para la resistencia a los 28 días.

Tabla B.2 - Datos de ensayo

Lote N°	Muestra N°	Resistencia 28 días	Rango MPa
		Promedio de tres probetas MPa	
88	1	28,7	-
	13	31,5	2,78
	17	22,6	-
	21	24,2	1,67
91	1	22,2	-
	5	25,7	3,52
	13	26,5	-
	21	28,1	1,67
98	5	25,5	-
	13	26,3	0,74
	17	28,5	-
	21	30,2	1,67
106	5	28,9	-
	13	26,1	2,78
	17	24,6	-
	21	23,3	1,30
107	4	26,1	-
	8	27,4	1,30
	12	22,8	-
	20	25,3	2,59
111	4	29,8	-
	8	31,3	1,48
	12	28,9	-
	20	30,0	1,11
112	3	31,1	-
	7	26,3	4,81
	15	26,8	-
	19	28,3	1,48

(continúa)

Tabla B.2 - Datos de ensayo (conclusión)

Lote N°	Muestra N°	Resistencia 28 días	Rango MPa
		Promedio de tres probetas MPa	
113	2	25,9	-
	15	24,2	1,67
	20	26,6	-
	24	25,9	0,74
120	1	23,1	-
	6	24,4	1,30
	11	22,6	-
	21	24,4	1,85
123	6	30,2	-
	11	30,7	0,56
	21	28,3	-
	28	29,2	0,93
40			
Cálculo del límite crítico		Cálculo límite de control	
Límite especificado		14,5	
\bar{f}		1,79	
$d = 2,49 \times \bar{f}$		4,44	
Límite crítico		(14,5 + 4,5)	
		19	
$3,267 \times \bar{f}$		5,8	
Límite de control		5,8	

B.3 Gráficos de control

En Figuras B.1 y B.2 se muestran gráficos de calidad histórica y control de rangos de resistencias a 28 días de acuerdo a Tabla B.2.

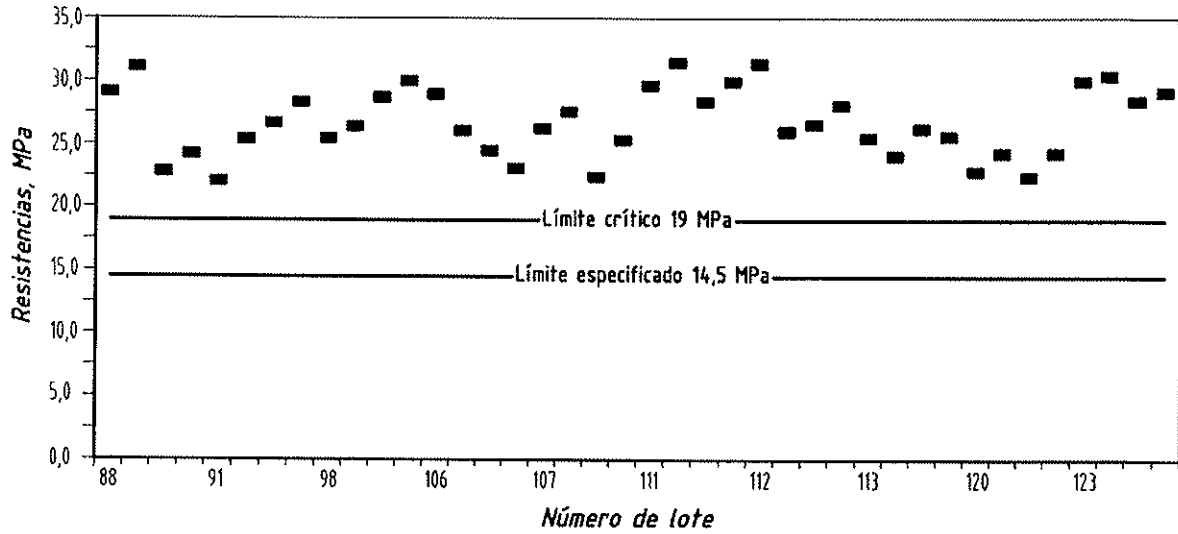


Figura B.1 - Calidad histórica de resistencias a 28 días

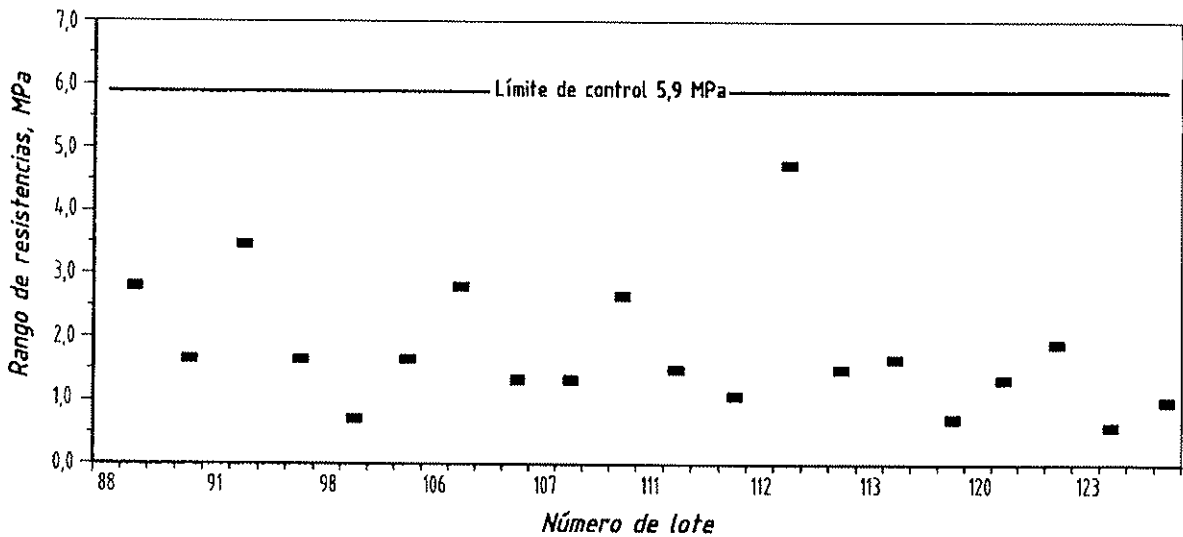


Figura B.2 - Control del rango de resistencias a 28 días

