

NORMA CHILENA

NCh 170

Cuarta edición 2016.05.25

Hormigón — Requisitos generales

Concrete - General requirements

Contenido

Página

Preámbulo	vi
1 Alcance y campo de aplicación	1
2 Referencias normativas	1
3 Términos y definiciones	2
4 Clasificación del hormigón por resistencia mecánica	5
4.1 Clasificación por resistencia a compresión	5
4.2 Clasificación por resistencia a tracción por flexión	6
5 Requisitos y designación del hormigón	7
6 Requisitos por durabilidad del hormigón	7
6.1 Conceptos generales	7
6.2 Especificación del hormigón por durabilidad	7
6.3 Requisitos de durabilidad debido a la acción de agentes internos	8
6.4 Requisitos de durabilidad debido a exposición a agentes externos	9
7 Requisitos de materiales constituyentes	13
7.1 Almacenamiento	13
7.2 Cemento	13
7.3 Áridos	13
7.4 Agua	13
7.5 Aditivos	13
7.6 Adiciones	14
8 Diseño de mezcla	14
8.1 Generalidades	14
8.2 Docilidad	14
8.3 Dosis de cemento	14
8.4 Dosis de áridos	15
8.5 Dosis de aditivos	15
8.6 Contenido de aire	15
8.7 Verificación del volumen diseñado	15
9 Confección del hormigón	15
10 Transporte	17
10.1 Generalidades	17
10.2 Plazos de transporte	17
11 Colocación	18
12 Compactación	20
13 Curado y protección	20
13.1 Generalidades	20
13.2 Métodos y plazos de curado	20
13.3 Protección	21
14 Hormigonado en ambientes agresivos	21

15	Desmolde y descimbre	22
15.1	Generalidades.....	22
15.2	Plazos de desmolde y descimbre	22
16	Ensayos	23
17	Frecuencia de muestreo	24
18	Trazabilidad del hormigón colocado	24

Anexos

Anexo A (informativo) Comentarios	25
A.1 Comentarios a subcláusula 3.1 - Adiciones	25
A.2 Comentario a subcláusula 4.1 - Clasificación por resistencia a compresión	26
A.3 Comentario a subcláusula 5.2 - Designación del hormigón	26
A.4 Comentario a subcláusula 6.1.4	26
A.5 Comentario a subcláusula 7.3.4	26
A.6 Comentarios a cláusula 8 - Diseño de mezcla	26
A.6.1 Generalidades del proceso de diseño de mezcla	26
A.6.2 Proceso sugerido para el diseño de un hormigón	27
A.7 Comentario a subcláusula 11.8.1	29
A.7.1 Hormigonado en tiempo frío	29
A.7.2 Precauciones durante la elaboración	29
A.7.3 Precauciones durante la colocación	29
A.8 Comentario a subcláusula 11.8.2	29
A.8.1 Hormigonado en condiciones de alta evaporación de agua	29
A.8.2 Generalidades.....	29
A.8.3 Precauciones para reducir la tasa de evaporación	30
A.9 Comentario a subcláusula 15.2.3 - Tabla 12 - Plazos mínimos de desmolde y descimbre	33
Anexo B (informativo) Métodos de ensayo complementarios para determinar el comportamiento del hormigón ante la acción de diferentes agentes agresivos	34
B.1 Generalidades.....	34
B.2 Métodos de ensayo para medir la penetración del ion cloruro	34
B.2.1 Ensayo rápido de penetración de ion cloruro, según ASTM C 1202	34
B.2.2 Penetración de ion cloruro, según AASHTO T 259	34
B.2.3 Migración de ion cloruro, según NT BUILD 492 - NordTest	35
B.2.4 Resistividad eléctrica del hormigón, según AASHTO TP 95	35
B.3 Métodos de ensayos para medir la permeabilidad del hormigón	36
B.3.1 Permeabilidad al aire del hormigón, según SIA 262/1, Anexo E	36
Anexo C (informativo) Bibliografía	37

Figuras

Esquema A.1 – Proceso de diseño de mezclas	28
--	----

Tablas

Tabla 1 – Clasificación de los hormigones por resistencia a compresión	6
Tabla 2 – Clasificación de los hormigones por resistencia a tracción por flexión	6
Tabla 3 – Contenido máximo de iones cloruro solubles en el hormigón	8
Tabla 4 – Requisitos del hormigón sometido a la acción de congelación y deshielo	9
Tabla 5 – Grados de exposición por sulfatos	10
Tabla 6 – Requisitos del cemento para el hormigón en contacto con sulfatos	10
Tabla 7 – Requisitos del hormigón en contacto con sulfatos	11
Tabla 8 – Grados exposición que provocan corrosión	11
Tabla 9 – Requisitos del hormigón según grado de exposición	12
Tabla 10 – Requisitos de profundidad de penetración de agua determinada según NCh2262 ..	12
Tabla 11 – Tolerancias para la medición de los materiales	16
Tabla 12 – Plazos mínimos de desmolde y descimbre	23
Tabla 13 – Ensayos de control.....	23
Tabla 14 – Ensayos complementarios	24
Tabla 15 – Frecuencia de muestreo para hormigón fresco	24
Tabla A.1 - Efecto de la disminución de la temperatura de los materiales en el hormigón	32

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 CL035 Materiales de construcción, Subcomité SC01 Cemento, cales, hormigón y áridos, para establecer los requisitos de los hormigones usados en obras de construcción.

Por no existir Norma Internacional específica en la elaboración de esta norma, se ha tomado en consideración la Norma Chilena NCh170:1985 Hormigón - Requisitos generales, su compatibilidad con NCh430 y antecedentes técnicos proporcionados por el Comité Técnico.

Los Anexos A, B y C, no forman parte de la norma, se insertan sólo a título informativo.

Esta norma reemplaza a NCh170:1985 Hormigón - Requisitos generales, y la deja no vigente técnicamente.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 25 de mayo de 2016.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.

Hormigón — Requisitos generales

1 Alcance y campo de aplicación

1.1 Esta norma establece los requisitos generales mínimos que se deben considerar para especificar, confeccionar, transportar, colocar, compactar, curar, proteger, desmoldar y descimbrar hormigones de densidad entre 2 000 kg/m³ y 2 800 kg/m³, usados en hormigón simple y en hormigón reforzado.

1.2 Esta norma clasifica a los hormigones por resistencia a compresión o resistencia a tracción por flexión y establece grados de exposición, y sus requisitos para especificar el hormigón por durabilidad.

1.3 Esta norma no establece requisitos específicos para aquellos hormigones que requieren diseños o tecnologías especiales, para los cuales puede ser necesario modificar y/o complementar una o más de las disposiciones contenidas en esta norma.

1.4 Esta norma no trata asuntos de seguridad, si es que hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de salud y seguridad, y determinar el grado de aplicación de las limitaciones regulatorias previo a su uso.

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).

NCh148, Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.

NCh163, Áridos para morteros y hormigones - Requisitos.

NCh171, Hormigón - Extracción de muestras del hormigón fresco.

NCh430, Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo.

NCh1017, Hormigón - Confección en obra y curado de probetas para ensayos de compresión, tracción por flexión y por hendimiento.

NCh1018, Hormigón - Preparación de mezclas para ensayos en laboratorio.

NCh1019, Hormigón - Determinación de la docilidad - Método del asentamiento del cono de Abrams.

NCh1037, Hormigón - Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas.

NCh1038, Hormigón - Ensayo de tracción por flexión.

NCh1171/1, Hormigón - Testigo de hormigón endurecido - Parte 1: Extracción y ensayo.

NCh1171/2, Hormigón - Testigo de hormigón endurecido - Parte 2: Evaluación de resultados de resistencia mecánica.

NCh1498, Hormigón y mortero - Agua de amasado - Clasificación y requisitos.

NCh1564, Hormigón - Determinación de la densidad aparente del hormigón fresco.

NCh1789, Hormigón - Determinación de la uniformidad obtenida en el mezclado del hormigón fresco.

NCh1934, Hormigón preparado en central hormigonera.

NCh2182, Hormigón y mortero - Aditivos - Clasificación y requisitos.

NCh2184, Hormigón y mortero - Métodos de ensayo - Determinación del contenido de aire.

NCh2185, Hormigón y mortero - Método de ensayo - Determinación de la resistencia a la congelación y el deshielo.

NCh2262, Hormigón y mortero - Determinación de la permeabilidad al agua - Método de la penetración de agua bajo presión.

ASTM C 1012, Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution.

ASTM C 227, Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method).

ASTM C 685, Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing.

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1

adiciones

materiales minerales finamente molidos utilizados en el hormigón con el fin de mejorar ciertas propiedades o conferirle propiedades especiales. Las adiciones se pueden considerar como activas o inertes

- las adiciones activas son materiales de origen sílico-aluminoso que al entrar en contacto con el hidróxido de calcio, producto de la hidratación del cemento, desarrollan compuestos aglomerantes secundarios;
- las adiciones inertes son aquellas que aun no teniendo reactividad con el hidróxido de calcio pueden modificar ciertas propiedades del hormigón.

NOTA En Anexo A se incluyen comentarios del Comité respecto a adiciones.

3.2

aditivos

materiales activos agregados al hormigón en pequeñas cantidades para modificar alguna de sus propiedades por acción física, química o físico-química

3.3

agua libre

agua que contiene el hormigón fresco, sin considerar el agua absorbida por los áridos hasta la condición de saturado superficialmente seco

3.4

agua de carguío

agua que se incorpora al equipo mezclador para la confección del hormigón

3.5

aire atrapado

aire que ingresa al hormigón durante el mezclado, determinado según NCh2184

3.6

aire incorporado

burbujas de aire microscópicas incorporadas intencionadamente al hormigón durante el amasado mediante el uso de aditivos

3.7

aire total

aire contenido en el hormigón, determinado según NCh2184, que considera el aire atrapado y el aire incorporado

3.8

ambiente agresivo

ambiente que contiene algunos de los agentes definidos en cláusula 6 en concentraciones tales que puede afectar la durabilidad del hormigón

3.9

amasada

volumen de hormigón confeccionado de una sola vez

3.10

curado

proceso consistente en mantener un contenido de humedad y temperatura en un hormigón recién colocado de modo que pueda desarrollar sus propiedades

3.11

desmolde

proceso destinado a retirar el moldaje de una estructura de hormigón

3.12

descimbre

proceso destinado a retirar los elementos de sustentación de las estructuras de hormigón (puntales, alzaprimas, entre otros)

3.13

dosificación

proporción de los distintos materiales componentes del hormigón, expresada en masa o volumen, que constituyen un volumen determinado de hormigón, generalmente 1 m³

3.14

durabilidad

capacidad de una estructura o elemento de hormigón de resistir, las condiciones físicas y químicas a las que va a estar expuesta, durante la vida útil para la que fue proyectada

3.15

fisuración plástica

fisuración que se produce por efecto de la pérdida de agua por evaporación, en la superficie del hormigón mientras se encuentra en estado plástico

3.16

fracción defectuosa

fracción del total del lote de resultados esperados con resistencias menores que un valor especificado, expresado en porcentaje

3.17

hormigón

material constituido por la mezcla de cemento, áridos y agua, con o sin la incorporación de aditivos y adiciones, que desarrolla sus propiedades por hidratación del cemento

3.18

hormigón reforzado (hormigón armado)

hormigón que incorpora refuerzos, preesforzados o no, en una cuantía mayor o igual a la mínima establecida en la norma de diseño correspondiente. El grado mínimo de hormigón reforzado es G17, de acuerdo con NCh430

3.19

hormigón simple

hormigón sin refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para hormigón reforzado

3.20

junta de hormigonado

unión de dos superficies de hormigón dejadas por razones de diseño, de construcción o detenciones inevitables del hormigonado, en las que una de las superficies ha endurecido hasta el punto de impedir la incorporación integral en su masa de un nuevo hormigón fresco

3.21

madurez

concepto que utiliza el principio de que la resistencia que el hormigón alcanza a una determinada edad depende de las temperaturas a las que ha estado sometido durante dicho período

El grado de madurez se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$M(t) = (T - T_0) t$$

T = promedio de la temperatura en cada intervalo de tiempo;

T_0 = temperatura bajo la cual se asume que la hidratación del cemento se detiene;

t = intervalo de tiempo, expresado en horas (h) o días.

3.22

muestra

fracción de hormigón extraída de una amasada de acuerdo con NCh171 para determinar una o más de sus propiedades

3.23

resistencia especificada (f_c)

resistencia establecida en el proyecto

3.24

resistencia mecánica

tensión máxima que soporta el hormigón (de compresión, de tracción indirecta por flexión, otros). Se expresa en megapascuales (MPa)

3.25

resistencia media requerida para dosificación

valor medio de la resistencia mecánica que se necesita alcanzar para satisfacer la resistencia especificada

3.26

resistencia potencial

resistencia determinada mediante muestras extraídas según NCh171, confeccionadas según NCh1017 y ensayadas según NCh1037 o NCh1038 a la edad especificada

3.27

tiempo de mezclado

período de tiempo contado desde el momento en que todos los materiales están en el interior del equipo mezclador hasta el instante en que se inicia la descarga

4 Clasificación del hormigón por resistencia mecánica

El hormigón se clasifica en grados ya sea con respecto a la resistencia a compresión o con respecto a la resistencia a tracción por flexión.

4.1 Clasificación por resistencia a compresión

El hormigón se clasifica según su resistencia especificada a compresión a los 28 días, f'_c , determinada en probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, según NCh1017 y NCh1037, como se indica en Tabla 1.

Tabla 1 – Clasificación de los hormigones por resistencia a compresión

Grado	Resistencia especificada, f'_c MPa
G05	5
G10	10
G15	15
G17	17
G20	20
G25	25
G30	30
G35	35
G40	40
G45	45
G50	50
G55	55
G60	60
NOTA Pueden existir grados mayores a los indicados en la presente tabla.	

NOTA En casos excepcionales, en que no se disponga de probetas cilíndricas para realizar el control del hormigón, el proyectista puede autorizar el uso de probetas cúbicas indicando el factor de conversión.

4.2 Clasificación por resistencia a tracción por flexión

El hormigón se clasifica con respecto a su resistencia especificada a tracción por flexión a los 28 días, f_t , medida en probetas prismáticas con $d = 150$ mm de acuerdo con NCh1017, y ensayadas aplicando cargas $P/2$ en los límites del tercio central de la luz de ensayo, de acuerdo con NCh1038, como se indica en Tabla 2.

Tabla 2 – Clasificación de los hormigones por resistencia a tracción por flexión

Grado	Resistencia especificada, f_t MPa
HF 3,0	3,0
HF 3,5	3,5
HF 4,0	4,0
HF 4,5	4,5
HF 5,0	5,0
HF 5,5	5,5
HF 6,0	6,0
NOTA Pueden existir grados mayores a los indicados en la presente tabla.	

5 Requisitos y designación del hormigón

5.1 El hormigón debe cumplir la resistencia especificada de proyecto, los requisitos de durabilidad y los otros requisitos indicados en esta norma.

5.2 La designación del hormigón debe considerar como mínimo los parámetros siguientes:

- a) grado de resistencia mecánica especificada;
- b) fracción defectuosa;
- c) tamaño máximo nominal del árido; y
- d) asentamiento de cono.

5.3 Adicionalmente y de acuerdo a las características de un proyecto específico, la designación según 5.2, se puede complementar con otras características del hormigón.

6 Requisitos por durabilidad del hormigón

6.1 Conceptos generales

6.1.1 La durabilidad del hormigón depende de sus propiedades y de la presencia de agentes internos o externos que generen ataque al elemento estructural.

Un hormigón con una baja permeabilidad incrementa la durabilidad del hormigón y colabora en la protección de las armaduras frente a la corrosión. Lo anterior se puede evaluar por medio de ensayos de desempeño del hormigón realizados en laboratorio y/o terreno.

6.1.2 Para obtener un hormigón durable, resulta necesaria la implementación de medidas adecuadas en el diseño de mezcla, la fabricación, correctas prácticas de colocación, compactación, curado y protección del hormigón.

NOTA El uso de materiales adecuados y una correcta dosificación de ellos no son suficientes para garantizar por sí sólo un hormigón durable.

6.1.3 Los requisitos de durabilidad se establecen en 6.3 y 6.4 de esta norma.

NOTA En Anexo B se incluye información sobre otros ensayos que el proyectista estructural puede considerar en forma complementaria a lo establecido en esta cláusula.

6.1.4 La permeabilidad se puede determinar a partir del historial de ensayos de penetración de agua de hormigones de similares características o mediante hormigones de prueba (en Anexo A se incluyen comentarios del Comité).

6.2 Especificación del hormigón por durabilidad

6.2.1 El proyectista estructural debe asignar los grados de exposición de acuerdo con la severidad de la exposición prevista de los elementos de hormigón para cada grado de exposición de acuerdo a lo establecido por esta norma.

6.2.2 El proyectista estructural debe considerar, al asignar el grado de exposición, si el proyecto considera medidas especiales de protección del elemento estructural.

6.2.3 Cuando se requiera especificar la permeabilidad, la resistencia especificada por el proyectista estructural debe ser congruente con los requisitos de permeabilidad por durabilidad.

6.2.4 Con el fin de proteger a las estructuras de hormigón reforzado en condiciones ambientales consideradas como no agresivas, se debe utilizar una dosis de cemento mínima de 240 kg/m³.

6.3 Requisitos de durabilidad debido a la acción de agentes internos

6.3.1 Contenido máximo de sulfatos

El contenido máximo de sulfatos en el hormigón, expresados como SO₄, debe ser menor o igual que el 2% del peso del cemento y corresponde a la contribución total de los componentes del hormigón, excluyendo el cemento. Se pueden utilizar áridos y agua cuyos contenidos de sulfatos superen los valores máximos establecidos en NCh163 y NCh1498, siempre que el contenido máximo de sulfatos en el hormigón sea menor que lo establecido precedentemente.

6.3.2 Contenido máximo de cloruros

El contenido máximo de iones cloruro solubles (Cl⁻) en el hormigón, aportados por todos sus componentes, son los que se indican en Tabla 3.

Tabla 3 – Contenido máximo de iones cloruro solubles en el hormigón

Tipo de hormigón	Contenido iones cloruro (Cl ⁻) solubles en agua kg Cl ⁻ /m ³ de hormigón
Hormigón reforzado y hormigón en masa que contenga armadura	1,20
Hormigón pretensado	0,25
NOTA Para cuantificar el contenido de iones cloruro, se debe considerar el aporte de todos los constituyentes considerados en 1 m ³ de hormigón.	

Se pueden utilizar áridos y agua cuyos contenidos de cloruros superen los valores máximos establecidos en NCh163 y NCh1498, siempre que el contenido máximo de cloruros en el hormigón sea menor que lo establecido precedentemente.

6.3.3 Reacción árido álcali

Cuando se disponga de áridos clasificados según NCh163 como reactivos o potencialmente reactivos y además el hormigón va a estar expuesto a un ambiente de alta humedad o sumergido, es posible utilizar estos áridos si se cumple alguna de las condiciones siguientes:

- se dispone de información respecto de obras similares, construidas con materiales de la misma fuente, en las cuales no se haya presentado daño como consecuencia de la reacción árido álcali. Los cementos con adiciones utilizados en Chile han demostrado ser altamente eficaces en evitar que se produzcan daños como consecuencia de la reacción árido álcali;
- se utilice un cemento Portland definido según NCh148, cuyo contenido de álcalis solubles en agua, expresado como sodio equivalente, sea $s \leq 0,6\%$;

- se verifique que la expansión determinada según ASTM C 227, con los materiales de la obra, sea menor que 0,05% a 3 meses o menor que 0,10% a 6 meses; o
- se cuente con estudios especiales que permitan su uso.

6.4 Requisitos de durabilidad debido a exposición a agentes externos

6.4.1 Congelación y deshielo

6.4.1.1 Cuando el hormigón va a estar sometido a la acción de ciclos de congelación y deshielo, la resistencia mínima especificada y el contenido total de aire deben cumplir con lo indicado en Tabla 4 de acuerdo al grado de exposición.

Tabla 4 – Requisitos del hormigón sometido a la acción de congelación y deshielo

Grado de exposición		Mínimo grado de resistencia especificado MPa	Aire total %	Tamaño máximo nominal del árido, D _n mm
F0	Hormigón no expuesto a congelación y deshielo	Sin restricción	Sin restricción	Sin restricción
F1	Hormigón expuesto a congelación y deshielo y ocasionalmente expuesto a humedad	G30	6,0 5,0 4,5	10 20 40
F2	Hormigón expuesto a congelación y deshielo y en contacto continuo con humedad	G30	7,5 6,0 5,5	10 20 40
F3	Hormigón expuesto a congelación y deshielo y en contacto continuo con humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	G35	7,5 6,0 5,5	10 20 40

6.4.1.2 La tolerancia en el contenido de aire es de $\pm 1,5\%$. Para hormigones de grado superior a G35, el contenido total de aire indicado en Tabla 4 se puede reducir en un punto porcentual.

6.4.1.3 Independiente del grado de exposición, se puede utilizar hormigones con resistencias y contenidos de aire distintos a los prescritos, si se demuestra mediante ensayos de comportamiento del hormigón que la expansión máxima obtenida no es mayor que 0,05%. Este ensayo se realiza según NCh2185, sobre probetas que tengan 28 días de edad.

6.4.2 Ataque externo de sulfatos

6.4.2.1 Los grados de exposición se indican en Tabla 5.

Tabla 5 – Grados de exposición por sulfatos

Grado		Contenido máximo SO ₄	
		Soluble en el suelo % en peso	Disuelto en agua ppm
S0	No agresivo	< 0,10	< 150
S1	Moderada	0,10 s; SO ₄ < 0,20	150 s; SO ₄ < 1 500 Agua de mar
S2	Severa	0,20 s; SO ₄ s; 2,00	1 500 s; SO ₄ s; 10 000
S3	Muy severa	SO ₄ > 2,00	SO ₄ > 10 000

6.4.2.2 En condiciones de exposición a la acción de sulfatos presentes en el agua o en el suelo, que se encuentra en contacto con el hormigón, se pueden adoptar medidas para aislar y proteger el hormigón de la acción de estos agentes, lo que se debe considerar para determinar el grado de exposición, indicadas en Tabla 5.

6.4.2.3 La Tabla 6, establece los requisitos del cemento según el grado de exposición a que está sometido el hormigón.

Tabla 6 – Requisitos del cemento para el hormigón en contacto con sulfatos

Grado de exposición	Requisitos del cemento ¹⁾	
	Porcentaje de expansión, según ASTM C 1012	Contenido C ₃ A en el cemento %
S0	sin restricción	sin restricción
S1	0,10 a 6 meses	s; 8
S2	0,05 a 6 meses ²⁾	s; 6
S3	0,05 a 6 meses ²⁾	s; 5
1) El cemento utilizado debe cumplir con al menos uno de los dos requisitos indicados según el grado de exposición.		
2) En caso que el cemento no cumpla el requisito de expansión a 6 meses, se puede utilizar siempre que la expansión no sea mayor que 0,10% a un año.		

6.4.2.4 La Tabla 7 establece los requisitos que debe cumplir el hormigón según el grado de exposición.

Para cada grado de exposición, el hormigón debe cumplir con el requisito de resistencia mínima especificada y con uno de los siguientes requisitos: dosis mínima de cemento o profundidad de penetración de agua, lo que debe quedar establecido en la especificación técnica del proyecto.

Tabla 7 – Requisitos del hormigón en contacto con sulfatos

Grado de exposición	Mínimo grado de resistencia especificada	Dosis mínima de cemento kg/m ³	Profundidad de penetración de agua, según NCh2262 mm
S0	G17	-	-
S1	G25	320	s; 40
S2	G30	340	s; 30
S3	G35	360	s; 20
NOTA 1 Para el grado de exposición S0 la dosis mínima de cemento es la establecida en 6.2.4 NOTA 2 Para los grados de exposición S1, S2 y S3 se debe cumplir con el mínimo grado de resistencia especificada y con uno de los requisitos siguientes: dosis mínima de cemento o profundidad de penetración de agua.			

6.4.3 Ataque por agentes externos que provocan corrosión

6.4.3.1 En Tabla 8 se definen los grados de exposición frente a ataque de agentes externos que provocan corrosión de las armaduras.

Tabla 8 – Grados exposición que provocan corrosión

Grado		Agente externo	Exposición en condiciones de servicio
C0	No agresivo	No aplica	Hormigón seco o protegido de la humedad ambiental
C1	Leve	CO ₂	Hormigón húmedo expuesto a altas concentraciones de CO ₂
C2-A	Moderado	Cloruro	Hormigón sumergido completamente en agua que contiene cloruro
C2-B	Severo	Cloruro	Hormigón húmedo expuesto a aire salino
C2-C	Muy severo	Cloruro	Hormigón expuesto a ciclos de humedad y a una fuente externa de cloruro proveniente de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen

6.4.3.2 Cuando se adopten medidas especiales de protección del hormigón tales como la utilización de materiales de protección de las armaduras, la utilización de refuerzos resistentes a la corrosión, la utilización de ánodos de sacrificio (protección catódica), o cualquier otra medida protectora del hormigón o de las armaduras, estas medidas se deben considerar al asignar el grado de exposición.

6.4.3.3 La Tabla 9 establece los requisitos que debe cumplir el hormigón según el grado de exposición.

Para cada grado de exposición, el hormigón debe cumplir con el requisito de resistencia mínima especificada y con uno de los requisitos siguientes: dosis mínima de cemento o profundidad de penetración de agua, lo que debe quedar establecido en la especificación técnica del proyecto.

Tabla 9 – Requisitos del hormigón según grado de exposición

Grado de exposición	Mínimo grado de resistencia especificado MPa	Dosis mínima de cemento kg/m ³	Profundidad de penetración de agua, según NCh2262 mm
C0	G17	-	-
C1	G17	270	s; 50
C2-A	G20	300	s; 40
C2-B	G25	330	s; 30
C2-C	G35	360	s; 20

NOTA 1 Para el grado de exposición C0 la dosis mínima de cemento es la establecida en 6.2.4.

NOTA 2 Para los grados de exposición C1, C2-A, C2-B y C2-C se debe cumplir con el mínimo grado de resistencia especificada y con uno de los siguientes requisitos: dosis mínima de cemento o profundidad de penetración de agua.

NOTA 3 El proyectista estructural puede disminuir en 5 MPa el mínimo grado de resistencia indicado en esta tabla cuando se haya especificado la profundidad de penetración de agua en lugar de la dosis mínima de cemento. En todo caso, el mínimo grado de resistencia debe ser 2: G17.

6.4.4 Hormigones de baja permeabilidad

En estructuras en que se requiere que el hormigón tenga una baja permeabilidad, se debe verificar en probetas moldeadas para tal efecto, que se cumplen los requisitos indicados en Tabla 10.

Tabla 10 – Requisitos de profundidad de penetración de agua determinada según NCh2262

Exposición		Profundidad de penetración de agua mm
Grado	Condición	
P0	Hormigón en ambiente seco o en contacto con agua pero que no requiere baja permeabilidad	Sin restricción
P1	Hormigón en contacto con agua que requiere baja permeabilidad	s; 40
P2	Hormigón en contacto con agua que requiere baja permeabilidad y existe posibilidad de ataque químico no considerado en subcláusulas anteriores	s; 20

7 Requisitos de materiales constituyentes

7.1 Almacenamiento

El almacenamiento de los materiales constituyentes del hormigón se debe realizar en lugares y depósitos que permitan asegurar que sus características se mantengan dentro de los límites establecidos por las normas respectivas.

7.2 Cemento

7.2.1 El cemento debe cumplir con NCh148.

7.2.2 El fabricante debe indicar el plazo de uso, el que no podrá ser mayor que 3 meses. En el caso de ser necesario extender dicho plazo, se deben realizar los ensayos correspondientes para verificar su conformidad con NCh148.

7.2.3 No se debe utilizar cemento que presente signos de meteorización. En caso de duda, se deben realizar los ensayos correspondientes para verificar su conformidad con NCh148.

7.3 Áridos

7.3.1 Los áridos deben cumplir con lo dispuesto en NCh163 considerando las excepciones establecidas en 6.3.1, 6.3.2 y 6.3.3 de esta norma.

7.3.2 Los áridos se deben separar en, al menos, dos fracciones, grava y arena, previo a su uso en el hormigón.

7.3.3 El tamaño máximo nominal debe ser menor o igual que el menor de los valores siguientes:

- a) $\frac{1}{5}$ de la menor distancia entre las paredes interiores del moldaje;
- b) $\frac{3}{4}$ de la menor distancia libre entre armaduras;
- c) $\frac{1}{3}$ del espesor de losas armadas.

7.3.4 Las limitaciones de tamaño máximo nominal se pueden modificar si se verifica que la docilidad (trabajabilidad) y los métodos de compactación son tales que el hormigón se puede colocar en forma satisfactoria. (En Anexo A se incluyen comentarios del Comité).

7.4 Agua

El agua de amasado debe cumplir con NCh1498, considerando las excepciones establecidas en 6.3.1 y 6.3.2 de esta norma.

NOTA La norma NCh1498 establece como una de las opciones, la verificación de requisitos por ensayos de comportamiento.

7.5 Aditivos

7.5.1 Los aditivos que se usen en la confección del hormigón deben cumplir con NCh2182. En caso que se utilicen aditivos no considerados en la mencionada norma, se deben adoptar las recomendaciones del fabricante y verificar su efecto en el hormigón por medio de mezclas de prueba.

7.5.2 Si en la fabricación de hormigones se utilizan aditivos cuya base sea cloruro de calcio, el contenido de iones cloruro en el hormigón no debe exceder los límites indicados en 6.3.2.

7.6 Adiciones

Las adiciones se deben evaluar mediante hormigones de prueba, verificando las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido. (En Anexo A se incluyen comentarios del Comité).

8 Diseño de mezcla

8.1 Generalidades

8.1.1 La dosificación de los materiales constituyentes para el hormigón se debe establecer para lograr lo siguiente:

- a) la resistencia especificada,
- b) la docilidad elegida según lo indicado en 8.2;
- c) los requisitos de durabilidad, según lo establecido en cláusula 6; y
- d) cualquier otro requisito complementario especificado.

8.1.2 Cuando varíe el origen de alguno de los materiales constituyentes, se debe revisar su efecto sobre la dosificación.

8.1.3 Cuando varíe alguna propiedad de los materiales constituyentes que afecte alguno de los requisitos especificados al hormigón, se deben efectuar los ajustes en el diseño de mezcla que sean necesarios.

8.2 Docilidad

8.2.1 Para la elección de la docilidad se debe tener en consideración al menos los aspectos siguientes:

- a) geometría del elemento a hormigonar;
- b) cuantía, diámetro y disposición de los refuerzos;
- c) métodos y equipos de transporte hasta el sitio de descarga;
- d) métodos y equipos de transporte y colocación en obra; y
- e) terminación superficial.

8.2.2 Asimismo, para el diseño del hormigón se deben considerar las condiciones ambientales existentes al momento del hormigonado.

8.3 Dosis de cemento

Adoptar la dosis de cemento que resulte de aplicar lo indicado en cláusulas 5 y 6, o la que se haya especificado, si fuese mayor.

8.4 Dosis de áridos

Considerando las características de los áridos (granulometría, densidades, tipo de áridos, forma, proceso de fabricación, entre otros), emplear las dosis que permitan obtener un árido combinado que confiera al hormigón la compacidad y docilidad adecuadas para las condiciones de la obra.

8.5 Dosis de aditivos

Se deben adoptar las dosis que permitan cumplir los requisitos establecidos para el hormigón considerando las recomendaciones indicadas por el fabricante o los resultados obtenidos por medio de hormigones de prueba.

8.6 Contenido de aire

Para el diseño del hormigón se debe considerar la cantidad de aire atrapado o incorporado.

8.7 Verificación del volumen diseñado

Si se requiere verificar que el volumen de diseño es concordante con el volumen de hormigón confeccionado, se puede determinar éste mediante el cociente entre el peso total de los materiales utilizados y la densidad aparente del hormigón fresco obtenida según NCh1564. Se puede considerar que es razonablemente concordante si la diferencia entre ambos volúmenes es menor que 3%.

NOTA En Anexo A se incluyen comentarios del Comité para el diseño de mezcla.

9 Confección del hormigón

9.1 El proceso de confección del hormigón debe garantizar que los materiales constituyentes sean medidos, mezclados y amasados de modo de lograr un hormigón homogéneo.

9.2 Equipos

9.1.1 Los equipos empleados para la medición de los materiales constituyentes del hormigón se deben calibrar o verificar con la frecuencia necesaria para asegurar las tolerancias indicadas en Tabla 11.

9.1.2 Los equipos de mezclado no se deben cargar por sobre su capacidad nominal de amasado.

9.2 La dosificación se debe corregir considerando la condición de humedad de los áridos.

9.3 Medición de los materiales

9.3.1 La medición de los materiales se debe realizar en masa, salvo el agua y aditivos líquidos, los que pueden ser medidos en volumen, considerando las tolerancias indicadas en Tabla 11.

Tabla 11 – Tolerancias para la medición de los materiales

Material	Tolerancia %
Cemento	± 1
Agua de amasado	± 1
Áridos	± 3
Aditivos	± 3
Adiciones	± 3
NOTA 1 Para los áridos la tolerancia aplica a cada fracción de éstos.	
NOTA 2 La tolerancia del agua de amasado aplica sólo para la parte de ella que se agrega en el carguío inicial.	

9.3.2 Se permite la medición en volumen en mezcladores continuos, los que deben cumplir con lo establecido en ASTM C 685 (ver cláusulas 7, 8 y 9). En este caso, las tolerancias de medición son las indicadas en Tabla 11.

NOTA ASTM C 685 en sus cláusulas 7, 8 y 9 establece los requisitos relevantes para medición en volumen en mezcladores continuos.

9.3.3 Sin embargo, lo establecido en 9.3.2, para hormigón grado G17 o inferior, se pueden medir los materiales en volumen en amasadas individuales, siempre que:

- el cemento sea medido en sacos completos o medios sacos;
- se disponga de equipos que midan con una tolerancia de $\pm 5\%$ el volumen equivalente a la masa especificada en la dosificación;
- se haya determinado la equivalencia con la dosificación en masa y se hagan las correcciones por el esponjamiento de la arena; y
- la dosificación, el método de fabricación y control del hormigón se encuentren estipulados en las especificaciones del proyecto.

9.4 Los aditivos y adiciones se incorporan al hormigón considerando las recomendaciones establecidas por el fabricante.

9.5 Mezclado

9.5.1 El mezclado se debe efectuar con los equipos adecuados y utilizando los procedimientos necesarios para obtener un hormigón homogéneo considerando, entre otros, orden de carguío, velocidad de rotación y tiempo de mezclado.

9.5.2 El tiempo de mezclado debe asegurar la homogeneidad del hormigón.

NOTA El diseñador de la dosificación debería definir el tiempo de mezclado, de modo de asegurar la homogeneidad del hormigón.

9.5.3 En general, la efectividad del equipo de mezclado se debe verificar según lo indicado en NCh1789. Sin embargo, en el caso de hormigón producido en central hormigonera y transportado en camión mezclador se debe aplicar los controles de producción establecidos en NCh1934.

9.6 Ajuste de docilidad

9.6.1 Se permite el ajuste de docilidad mediante la adición de agua o aditivos.

9.6.1.1 En el caso de ajustar la docilidad mediante la adición de agua, este proceso de ajuste se debe realizar una sola vez, en el momento previo al inicio de la descarga, desde el equipo mezclador. Este proceso de ajuste se debe efectuar en un plazo máximo de 15 min, y el equipo de mezclado debe girar el número de revoluciones necesarias para asegurar homogeneidad.

9.6.1.2 En el caso de ajustar la docilidad con aditivos, el diseñador de la dosificación debe indicar el tipo, dosis y modo de empleo del producto a utilizar.

9.6.2 En el caso de hormigones preparados en centrales hormigoneras (hormigón premezclado), para el ajuste de docilidad por adición de agua o aditivos se debe considerar además de 9.6.1, lo indicado en NCh1934.

10 Transporte

10.1 Generalidades

10.1.1 El transporte del hormigón debe mantener la homogeneidad obtenida en el mezclado. Para ello, se deben utilizar los equipos y los procedimientos adecuados.

10.1.2 En el transporte del hormigón se deben adoptar medidas para evitar pérdidas de material, evaporación, segregaciones y contaminaciones.

10.1.3 Los equipos de transporte deben ser estancos, de metal u otro material resistente, no absorbente y químicamente inerte con los componentes del hormigón y deben evitar la segregación o pérdida de material.

10.2 Plazos de transporte

10.2.1 Transporte a la obra

En caso que el transporte se efectúe por medio de camiones agitadores o mezcladores, el tiempo de transporte y entrega, contado desde la hora de carga y hasta la hora de fin de descarga, no debe ser mayor que 2 h, salvo que en el diseño de la mezcla se hayan adoptado medidas técnicas que permitan aumentar dicho plazo.

10.2.2 Transporte en la obra

Cualquiera sea el método de transporte en la obra (bomba, capacho, cinta transportadora, carretilla, entre otros) el volumen de hormigón se debe colocar en un plazo no mayor que 30 min, desde que sale del equipo agitador o mezclador. Este plazo se puede aumentar si en el diseño de mezcla se han adoptado medidas técnicas que lo permitan.

11 Colocación

11.1 Generalidades

La colocación se debe efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para:

- a) mantener la homogeneidad y evitar la segregación del hormigón;
- b) asegurar la continuidad de los elementos estructurales;
- c) mantener las dimensiones y la forma geométrica de los elementos;
- d) evitar desplazamientos y/o deformaciones de las armaduras u otros elementos embebidos;
- e) evitar contaminación con materiales extraños que alteren las propiedades del hormigón;
- f) evitar que las condiciones del sitio de colocación afecten negativamente las propiedades del hormigón; y
- g) colocar el hormigón sobre terreno no congelado y sin hielo superficial.

11.2 Durante la colocación del hormigón se deben adoptar medidas para evitar que éste se contamine con materiales o elementos que puedan afectar sus propiedades, especialmente cuando la colocación se realice en ambientes agresivos.

11.3 La velocidad de vaciado y altura de colocación del hormigón debe ser compatible con la resistencia, la rigidez y sellado del moldaje, considerando la presión que el hormigón ejerce sobre el moldaje.

11.4 El hormigón se debe colocar en franjas o capas de acuerdo al elemento estructural y los equipos seleccionados para efectuar la compactación.

11.5 La altura de caída libre del hormigón, debe ser compatible con el tipo de hormigón empleado, la geometría del elemento a hormigonar, la disposición de armaduras y el procedimiento de colocación del hormigón, asegurando un correcto llenado de modo que no se generen nidos superficiales, visibles u ocultos en los 20 cm inferiores del elemento hormigonado.

NOTA 1 La Especificación Técnica ET 002-05 Altura de Vaciado en Elementos de Hormigón Armado, generada por el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, establece criterios de colocación de hormigón y de evaluación de elementos de hormigón en función de los defectos asociados a la colocación del hormigón.

NOTA 2 Cuando se requiera evaluar sólo el grado de terminación superficial del hormigón se puede utilizar la Especificación Técnica ET-005-07 Criterios de aceptación de superficies moldeadas en elementos de hormigón, generada por el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile.

11.6 En un mismo elemento, no se deben mezclar hormigones frescos confeccionados con distintos cementos.

11.7 Al momento de la colocación del hormigón se deben cumplir las condiciones de temperatura siguientes:

- a) la temperatura del hormigón debe ser menor o igual que 35°C; y
- b) la temperatura del hormigón debe ser mayor o igual que 5°C.

La Especificación Técnica puede considerar otras temperaturas distintas a las establecidas precedentemente.

11.8 Hormigonado en casos especiales de exposición

Además de aplicar todas las indicaciones que sean pertinentes del hormigonado corriente, se aplicarán las disposiciones especiales siguientes:

11.8.1 Hormigonado en tiempo frío

11.8.1.1 Se considera condiciones de hormigonado en tiempo frío cuando, durante los tres días previos al hormigonado, se registre una temperatura media diaria menor que 5°C y la temperatura ambiente sea menor o igual que 10°C por más de 12 h, continuas o acumuladas, en un período de 24 h.

NOTA Se considera que la temperatura media diaria es el promedio entre la máxima y la mínima del día.

11.8.1.2 En condiciones de tiempo frío, al momento de la colocación el hormigón debe tener una temperatura mayor que 5°C.

11.8.1.3 Tanto al momento del hormigonado como durante el período de endurecimiento inicial del hormigón, se deben adoptar medidas para asegurar que la temperatura del hormigón colocado no descienda de 5°C. Para estos efectos, se debe medir la temperatura del hormigón colocado a una profundidad de 5 cm de la superficie expuesta y a una distancia mayor o igual que 5 cm de cualquier borde.

NOTA 1 Cuando la localización de una obra en particular o la época del año en que se va a efectuar el hormigonado indiquen la posibilidad de tiempo frío, es necesario adoptar medidas que permitan mantener la temperatura del hormigón, durante la fabricación, colocación y período inicial (en Anexo A se incluyen comentarios del Comité).

NOTA 2 En Anexo A se entregan algunas recomendaciones para colocación del hormigón en tiempo frío.

11.8.2 Hormigonado en condiciones de alta evaporación de agua

11.8.2.1 Los principales factores que pueden producir condiciones para una alta evaporación de agua en el hormigón son: la temperatura ambiental, humedad relativa del aire, velocidad del viento y la temperatura del hormigón.

NOTA 1 Los efectos y medidas que se pueden adoptar se incluyen en Anexo A.

NOTA 2 En Anexo A se establece una de las metodologías para estimar la tasa de evaporación de agua.

11.8.2.2 Para minimizar la aparición de fisuras a edades tempranas en el hormigón como consecuencia de la alta evaporación de agua, se deben adoptar las medidas de protección indicadas en 13.3.3. La(s) medida(s) se debe(n) definir previa(s) a la colocación del hormigón.

11.9 Juntas de hormigonado

11.9.1 Las juntas de hormigonado se deben ubicar según lo especificado en el proyecto, aplicando los procedimientos y tratamiento establecidos en las especificaciones. Cuando el proyecto estructural no especifique la ubicación de las juntas, la obra debe proponer su ubicación para la aprobación del proyectista estructural.

11.9.2 La junta de hormigonado se debe someter a un tratamiento de manera que, al momento de continuar el hormigonado, esté limpia y libre de lechada.

12 Compactación

La compactación se debe efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para que, manteniendo la homogeneidad del hormigón, se obtenga la máxima compacidad eliminando el exceso de aire atrapado, asegurando que las armaduras queden completamente embebidas en el hormigón y se obtenga la terminación superficial requerida.

13 Curado y protección

13.1 Generalidades

13.1.1 El curado del hormigón tiene como propósito mantener la humedad y las condiciones de temperatura del hormigón, por el período de tiempo que se requiera, para que el hormigón alcance sus propiedades y se debe iniciar tan pronto como las operaciones de colocación del hormigón lo permitan y/o las condiciones ambientales lo hagan necesario.

13.1.2 La protección del hormigón tiene como propósito evitar que el hormigón, a temprana edad, se encuentre expuesto a acciones externas que puedan afectar sus propiedades.

13.2 Métodos y plazos de curado

13.2.1 Existen diversos métodos que se pueden utilizar para realizar el curado de los hormigones, los que se pueden utilizar en forma independiente o combinación de éstos. Entre los métodos existentes se pueden mencionar los siguientes:

- a) agua nebulizada; lloviznas tenues de agua;
- b) compuestos formadores de membranas de curado;
- c) telas y tejidos absorbentes que se mantienen continuamente húmedos;
- d) riegos permanentes;
- e) diques con agua;
- f) estanques y piscinas;
- g) arena u otros recubrimientos similares los que se deben mantener continuamente húmedos; o
- h) cualquier material que evite la pérdida de agua del hormigón sin dañar su superficie.

NOTA Cualquiera sea el sistema de curado empleado, se deberían adoptar medidas para evitar una diferencia brusca de temperatura al hormigón.

13.2.2 Para seleccionar el método de curado, se requiere tener presente, entre otros:

- condiciones climáticas esperadas (temperatura y humedad ambiente);
- agresividad del ambiente;
- geometría del elemento (vertical, horizontal, superficie expuesta, dimensiones, entre otros);

- requisitos de durabilidad y resistencia; y
- requisito de desmolde y materialidad del moldaje.

13.2.3 El plazo de curado del hormigón depende de las condiciones indicadas en 13.2.2, en particular temperatura y humedad. A menos que la especificación establezca algo diferente, se debe adoptar lo indicado a continuación:

- a) a menos que se aplique lo indicado en b) o c) el curado se debe realizar por lo menos durante 7 días;
- b) se permite discontinuar el curado cuando la resistencia real del hormigón sea al menos de un 70% de la resistencia especificada. Para estimar la resistencia real se pueden utilizar métodos como madurez, probetas curadas en condiciones de obra, testigos u otros; y
- c) se permite discontinuar el curado cuando la resistencia potencial del hormigón medida en probetas de laboratorio sea al menos de un 85% de la resistencia especificada.

13.3 Protección

13.3.1 En condiciones de lluvia o granizo se debe proteger la superficie del elemento hormigonado desde el momento de la colocación hasta el inicio del fraguado.

13.3.2 En tiempo frío, el hormigón se debe proteger para mantener las condiciones indicadas en 11.8.1.3.

13.3.3 Cuando las medidas de curado adoptadas hayan sido insuficientes para evitar la fisuración plástica, se deben adoptar medidas especiales adicionales de protección tales como retardantes de evaporación superficial, elementos que den sombra, pantallas que corten el viento, lloviznas que humedezcan el ambiente u otras.

13.3.4 Durante el período de curado, se debe evitar que el hormigón sufra impactos, vibraciones, tránsito de personas, cargas de equipos y/o materiales, entre otros, que puedan dañar el hormigón o el material de curado. Si en dicho período el hormigón alcanza la resistencia suficiente que asegure la adherencia acero-hormigón o es autorizado por el proyectista estructural, el elemento se puede someter a carga, aunque debe continuar su curado por el período definido en 13.2.3 a).

14 Hormigonado en ambientes agresivos

14.1 Durante el período de hormigonado se debe evitar que algún agente agresivo pueda penetrar a la masa de hormigón.

14.2 Los materiales y el procedimiento de curado no deben ser afectados por algún agente agresivo presente.

15 Desmolde y descimbre

15.1 Generalidades

15.1.1 El desmolde y el descimbre se deben realizar sin producir daños en el elemento estructural.

15.1.2 El inicio del desmolde y descimbre depende de la resistencia que tenga el hormigón y de las características de los elementos estructurales.

15.1.3 Cuando el retiro de los moldajes se realice durante el período de curado, las superficies de hormigón que queden expuestas se deben someter a las condiciones de curado que corresponda.

15.2 Plazos de desmolde y descimbre

A menos que en el proyecto estructural se establezca algo diferente, los plazos mínimos de desmolde y descimbre deben ser los indicados en 15.2.1 y 15.2.2.

15.2.1 Paramentos verticales

Los paramentos verticales o con inclinación hasta 30° (muros, costados de vigas y pilares) se pueden desmoldar tan pronto como esta operación no cause daños a la superficie del hormigón.

NOTA 1 Cuando el hormigón colocado alcance una resistencia mayor o igual que 2 MPa se puede iniciar el desmolde. En condiciones normales esta resistencia se alcanza después de 12 h con temperaturas ambientes mayores que 10°C (a efecto de contabilizar las 12 h no se deben incorporar los períodos con temperatura menor que 10°C).

NOTA 2 La estimación de la resistencia del hormigón colocado, se puede realizar mediante mediciones de la madurez del hormigón. Para ello se recomienda tener presente lo establecido en ASTM C 1074, en cuyo caso la temperatura de referencia T_0 (datum) que ella utiliza se puede considerar igual a cero.

15.2.2 Paramentos horizontales

15.2.2.1 Cuando se trate de losas, vigas u otros elementos horizontales se debe considerar separadamente el plazo de desmolde y el de descimbre.

15.2.2.2 A menos que en el proyecto se especifique algo diferente, los moldajes de fondo de vigas y losas se pueden retirar, siempre que el elemento no esté sometido a cargas externas distintas a su peso propio, cuando la resistencia del hormigón colocado sea de, al menos, 13 MPa. Para el retiro de los fondos de vigas o losas, puede ser necesario retirar de los puntales que alzapriman el elemento estructural. En este caso, se debe efectuar un reapuntalamiento (reinstalar los puntales), labor que se debe realizar antes de dos horas o, a lo más, dentro de la misma jornada de trabajo en que fueron retirados.

NOTA Al momento de reapuntalar, los puntales no deberían efectuar sobrepresión a la estructura de hormigón.

15.2.2.3 A menos que en el proyecto se especifique algo diferente, el retiro de los puntales correspondiente a fondos de vigas y losas se puede realizar cuando el hormigón colocado haya alcanzado una resistencia mayor al 75% de la resistencia especificada f'_c , siempre que las cargas de construcción no sean superiores a las cargas de diseño.

15.2.2.4 La resistencia del hormigón colocado se debe estimar preferentemente por medio de métodos de madurez o en su defecto por medio de probetas conservadas en condiciones similares a las del hormigón colocado.

NOTA Para el cálculo de la madurez, ver 15.2.1, Nota 2.

15.2.2.5 Se pueden utilizar métodos alternativos si se demuestra que se obtienen resultados equivalentes a los indicados en 15.2.2.4.

15.2.3 Para el desmolde y descimbre, se pueden considerar alternativamente los plazos establecidos en Tabla 12.

Tabla 12 - Plazos mínimos de desmolde y descimbre

Tipos de elementos y moldajes	Plazo mínimo para desmolde y descimbre
	Temperatura media diaria 2: 10° C
Paramentos verticales de columnas, muros y vigas largas	12 h (ver Nota 1)
Fondos de losas	4 días
Fondos de vigas y puntales de losas	10 días
Puntales de vigas	14 días
NOTA 1 Las 12 h corresponden a temperaturas ambientes mayores que 10°C (a efecto de contabilizar las 12 h no se deben incorporar los períodos con temperatura menor que 10°C). NOTA 2 Si la temperatura ambiente media diaria es menor que 10°C y no se han adoptado medidas especiales de protección, puede ser necesario incrementar los plazos indicados en esta tabla hasta que el hormigón alcance la resistencia requerida. NOTA 3 Al momento de retirar los moldajes y antes de proceder al reapuntalamiento, no deben existir sobrecargas de construcción en el elemento.	

NOTA Al momento de retirar los moldajes, antes de proceder al reapuntalamiento, no deben existir sobrecargas de construcción en el elemento.

16 Ensayos

16.1 Los métodos de ensayo para la determinación de propiedades del hormigón fresco o endurecido y los criterios de aceptación, son los indicados en Tablas 13 y 14.

16.2 La extracción de muestras de hormigón fresco se debe efectuar según NCh171.

16.3 La confección y conservación de probetas para control de resistencia mecánica se debe efectuar según NCh1017.

Tabla 13 - Ensayos de control

Ensayo	Norma de ensayo	Criterios de aceptación	
		mm	
Asentamiento de cono	NCh1019	Asentamiento	Tolerancia
		s; 40	± 10
		40 a 90	± 20
		2: 100	± 30
Resistencia a compresión	NCh1037	Según norma de diseño correspondiente	
Resistencia a tracción por flexión	NCh1038		

16.4 Los resultados individuales de resistencia a compresión o a resistencia a tracción por flexión, corresponden al promedio de la resistencia a 28 días, o a la edad especificada en el proyecto, de al menos dos probetas gemelas confeccionadas a partir de la misma muestra, conservadas según NCh1017 y ensayadas a la misma edad.

Tabla 14 - Ensayos complementarios

Ensayo	Norma de ensayo	Criterios de aceptación
Confección de hormigones de prueba en laboratorio	NCh1018	No aplica
Testigos de hormigón endurecido	NCh1171/1	NCh1171/2
Densidad aparente	NCh1564	$\pm 3\%$
Rendimiento de la amasada	NCh1564	$\pm 3\%$
Contenido de aire	NCh2184	$\pm 1,5\%$

17 Frecuencia de muestreo

La frecuencia de muestreo para control de resistencia mecánica, para cada grado de resistencia especificada, debe ser la indicada en Tabla 15, a menos que la especificación técnica del proyecto establezca un mayor número de muestras por volumen de hormigón.

Tabla 15 - Frecuencia de muestreo para hormigón fresco

Procedencia del hormigón	Volumen de hormigón de la obra m ³	
Confeccionado en obra	> 250	s; 250
Volumen máximo de hormigón por muestra	100	50
Número mínimo de muestras	5	3
De central hormigonera	> 250	s; 250
Volumen máximo de hormigón por muestra	150	75
Número mínimo de muestras	5	3

18 Trazabilidad del hormigón colocado

Se debe llevar un control que considere al menos la información siguiente:

- designación del hormigón según 5.2;
- procedencia del hormigón;
- número único que identifique la amasada;
- hora y fecha de confección y colocación del hormigón; y
- ubicación del hormigón colocado;

Anexo A (informativo)

Comentarios

A.1 Comentarios a subcláusula 3.1 - Adiciones

Entre las adiciones activas más utilizadas, están las puzolanas naturales, puzolanas naturales calcinadas, escorias de alto horno, nanosílice, microsílice y cenizas volantes. Usadas apropiadamente pueden permitir que el hormigón incremente su resistencia mecánica y durabilidad (resistencia al ataque de sulfatos, cloruros y reacción álcali-árido) y mejore su impermeabilidad, lo que se debería evaluar mediante hormigones de prueba y ensayos específicos.

Entre las adiciones inertes más utilizadas están carbonato de calcio finamente molido y pigmentos inorgánicos. Usadas apropiadamente pueden permitir el aumento de la densidad y conferirle características de tipo arquitectónico al hormigón, lo que se debería evaluar mediante hormigones de prueba y ensayos específicos.

En Chile se ha trabajado con la incorporación de adiciones activas dentro del proceso de producción del cemento, el cual posee una regulación conforme a NCh148. Por otra parte el código ACI 318 define el término material cementante como aquel material que tiene propiedades cementantes por sí mismo al ser utilizado en el hormigón, tales como cemento portland, cementos hidráulicos adicionados y cementos expansivos, o dichos materiales combinados con cenizas volantes, otras puzolanas naturales o calcinadas, humo de sílice y escoria granulada de alto horno. Estas adiciones se encuentran reguladas en dicho código por las normas ASTM C 618 Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete y ASTM C 311 Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolan for Use in Portland Cement Concrete, ASTM C 989M Standard Specification for Slag Cement for use in Concrete and Mortars y ASTM C 1240 Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures.

En el caso de Europa la norma EN 206-1 incorpora el término de adición activa para aquellos materiales que mejoran algunas propiedades del hormigón. En este caso se incorpora el concepto de coeficiente K que caracteriza el nivel de actividad de la adición del tipo II. En Europa se regula el uso de ceniza volante únicamente para ser adicionada junto con cemento portland en la confección de hormigón. La normalización de las adiciones se encuentra en la norma EN 450 Cenizas volantes para hormigón o en EN 13263 Humo de Sílice para Hormigón.

En esta revisión de NCh170, no se ha considerado el uso de concepto de material cementante, dado que no existe el marco normativo y regulatorio nacional para caracterizar y controlar su uso. Por lo anteriormente mencionado se hace relevante comenzar el estudio de la normalización de estos materiales constituyentes del hormigón.

A.2 Comentario a subcláusula 4.1 - Clasificación por resistencia a compresión

En esta versión de NCh170 se ha modificado la probeta de referencia para la clasificación y control de los hormigones por resistencia mecánica a compresión. La probeta cilíndrica de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura reemplaza a la probeta cúbica de 200 mm de arista utilizada en la clasificación por resistencia mecánica a compresión establecida en la versión del año 1985.

El objetivo de esta modificación es hacer compatible esta clasificación con la especificación de los hormigones con NCh430 y ACI 318. Por lo anterior, ya no se requiere una tabla de conversión entre ambas resistencias.

A.3 Comentario a subcláusula 5.2 - Designación del hormigón

Esta designación del hormigón es compatible con la establecida en NCh1934.

A.4 Comentario a subcláusula 6.1.4

La intención de la norma al permitir que el requisito de penetración de agua se asocie al historial de ensayos previos de hormigones de similares características al especificado, es evitar que dicho ensayo se transforme en un control rutinario en obra. Es preferible que exista un historial de resultados que se hayan realizado sobre hormigones de prueba, considerando materiales, dosificación y otros detalles que configuren mezclas de similares características.

A.5 Comentario a subcláusula 7.3.4

Cuando se trate de hormigones en condiciones especiales, como elementos prefabricados, elementos densamente armados, elementos laminares o con armaduras muy próximas, losas de pavimentos, albañilerías armadas, entre otros, el tamaño máximo nominal a utilizar se debería calcular considerando estas condiciones.

A.6 Comentarios a cláusula 8 - Diseño de mezcla

A.6.1 Generalidades del proceso de diseño de mezcla¹

La dosificación de una mezcla está destinada a satisfacer los requisitos de un hormigón en su estado endurecido, como son la resistencia especificada en el proyecto y la durabilidad, según el ambiente de exposición establecido en cláusula 6.

La dosificación también tiene que considerar los materiales a usar y las condiciones de transporte, colocación y compactación que afecten al hormigón en su estado fresco, especialmente la trabajabilidad y tamaño máximo del árido.

Además es posible que, en algunos casos, sea necesario considerar aspectos tales como la generación de calor, retracción, entre otros.

¹ El método de diseño utilizado para determinar una dosificación es prerrogativa del profesional responsable de realizarla.

A.6.2 Proceso sugerido para el diseño de un hormigón

La mezcla se diseña para un volumen determinado, usualmente de 1 m^3 (1 000 L). Para lo anterior es de utilidad el uso de la ecuación siguiente:

$$C + W + u + G + A + F + Ad = 1 \text{ m}^3 \quad (\text{A.1})$$

en que; cada parámetro es el volumen real de cada uno de los componentes que considera el diseño del hormigón:

C = cemento;

W = agua libre;

u = aire total;

G = gravas;

A = arenas;

F = adiciones; y

Ad = aditivos.

Para los efectos de la dosificación, los áridos se consideran en estado saturado con superficie seca. Alternativamente se puede expresar la dosificación considerando los áridos en estado seco y las respectivas modificaciones en la cantidad de agua debida a la absorción de los áridos.

Para estimar la cantidad de agua que permita lograr el asentamiento de cono, hay que tener en cuenta el tamaño máximo del árido que se va a utilizar, la forma de las partículas y los efectos que puede tener los aditivos que se vayan a incluir, entre otros factores.

Para estimar la resistencia media que se requiere para cumplir con la resistencia especificada a compresión², es necesario conocer los métodos de control, frecuencia de muestreo y los criterios de aceptación y rechazo del hormigón.

Es común determinar la resistencia media requerida f_{cr} mediante la ecuación siguiente:

$$f_{cr} = f'_c + t \cdot s \quad (\text{A.2})$$

en que:

f_{cr} = resistencia media requerida, expresada en megapascal (MPa);

f'_c = resistencia especificada, expresada en megapascal (MPa);

t = parámetro estadístico que depende de la fracción defectuosa aceptada por el proyecto; y

s = desviación normal que se espera de las resistencias, expresada en megapascal (MPa).

² En caso en que la resistencia especificada sea distinta a la compresión, se pueden utilizar conversiones que correspondan.

Determinada la resistencia media f_{cr} , es factible calcular la dosis de cemento a partir de la dosis de agua estimada anteriormente. La dosis de cemento calculada se compara con la obtenida por las prescritas por durabilidad, escogiéndose la mayor.

La cantidad de áridos se determina mediante Ecuación (A.1).

Para el proporcionamiento de cada uno de los áridos es posible utilizar diversas recomendaciones (ACI, Road Research, Faury, entre otros).

Se sugiere realizar verificaciones del rendimiento volumétrico, del comportamiento del hormigón en estado fresco y de su resistencia mecánica, lo que es posible mediante mezclas de prueba.

Lo anterior es factible de representar en el esquema simplificado siguiente:

Volumen

Cálculo de las proporciones de los materiales componentes del hormigón se basa en que la suma de sus volúmenes reales es igual al volumen total del hormigón

$$C + W + u + G + A + F + Ad = 1 \text{ m}^3$$

C: Volumen real de cemento en m^3 , que es igual a la masa del cemento en kg por su densidad real en kg/m^3 ;

W: Volumen de agua libre en m^3 necesario para la trabajabilidad requerida;

u: Volumen de aire total (atrapado e incorporado) en m^3 ;

G(A): Volumen real de la grava (arena) en m^3 , que es igual a la masa de la grava (arena) en kg dividido por su densidad real en kg/m^3 , todos los valores correspondientes al estado saturado superficialmente seco;

F y Ad: Volumen de adiciones y aditivos en m^3 .

Requisitos del proyecto

- Resistencia especificada
- Condiciones de durabilidad
- Trabajabilidad
- Tamaño máximo del árido

Información de los componentes disponibles

- Granulometría y absorción de los áridos
- Tipo y efecto de los aditivos
- Densidad de cada componente

Diseño

Cantidad de agua libre (considerar los efectos de los aditivos, forma de partículas, entre otros)

Resistencia media requerida a compresión f_{cr} (considera resistencia especificada, materiales, métodos de confección y control, criterios de aceptación y rechazo, frecuencias de muestreo, entre otros)

Escoger la mayor dosis de cemento entre la necesaria para lograr f_{cr} y la requerida por durabilidad

Estimación del contenido de aire

Determinación del volumen de áridos mediante ecuación del volumen

Determinación de la proporción de cada una de las fracciones de los áridos acorde a curvas de mezclas recomendadas por diversas fuentes (ACI, Faury, Road Research, entre otros)

Mezclas de prueba

De no contar con antecedentes previos, es recomendable confeccionar mezclas de prueba para verificar los resultados esperados a nivel de hormigón fresco como endurecido, como asimismo el rendimiento volumétrico (volumen)

A.7 Comentario a subcláusula 11.8.1

A.7.1 Hormigonado en tiempo frío

A continuación se indican algunas de las precauciones habituales para prevenir situaciones adversas en el hormigón de acuerdo a las prácticas constructivas actuales.

A.7.2 Precauciones durante la elaboración

Algunas alternativas para incrementar la temperatura del hormigón (entre otras):

- a) calentamiento del agua (generalmente se utiliza temperaturas del agua menores que 60°C);
- b) calentamiento de los áridos; y
- c) no se debe calentar el cemento.

A.7.3 Precauciones durante la colocación

- a) eliminar todo material congelado o restos de hielo, adheridos al hormigón, moldaje, armaduras, entre otros;
- b) utilizar materiales y equipos adecuados para las protecciones del hormigón;
- c) proteger especialmente los lugares más expuestos (aristas, salientes, otros); y
- d) considerar protecciones (por ejemplo, carpas envolventes) antes de iniciar la colocación, a excepción de las protecciones que irán en contacto directo con las superficies expuestas del hormigón (por ejemplo, capas protectoras de material aislante térmico).

A.8 Comentario a subcláusula 11.8.2

A.8.1 Hormigonado en condiciones de alta evaporación de agua

A continuación se señalan los procedimientos habituales para prevenir situaciones adversas en el hormigón de acuerdo a las prácticas constructivas actuales.

A.8.2 Generalidades

La rápida pérdida del agua de amasado por evaporación y/o la alta temperatura del hormigón fresco al ser vaciado en los moldes, produce alteraciones de las propiedades de éste, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

A.8.2.1 Previo a colocación del hormigón

- a) pérdida de la docilidad requerida; y
- b) en hormigones con aire incorporado, necesidad de aumentar la dosis de aditivo para obtener el contenido de aire requerido.

A.8.2.2 Hormigón colocado

- a) aceleración del fraguado, disminuyendo el tiempo disponible para las operaciones de transporte, colocación, compactación y terminación;
- b) tendencia a la fisuración; plástica y/o por diferencial térmico en los elementos de hormigón;
- c) disminución de las resistencias mecánicas, aun cuando los resultados a edad temprana puedan resultar mayores; y
- d) disminución de la durabilidad del hormigón.

Determinación de la tasa de evaporación

No es posible dar reglas generales para dimensionar los niveles de evaporación admisibles en las superficies de hormigón durante el endurecimiento inicial. Depende del tipo de hormigón y, en especial, de su tendencia a transportar agua exudada hasta la superficie.

Es conveniente estimar la tasa de evaporación mediante Ecuación A.3. Cuando la tasa de evaporación estimada sea cercana al valor de 1,0 kg/m²/h aumenta el riesgo de fisuración, por lo que es necesario adoptar medidas. Las especificaciones técnicas pueden establecer un umbral menor para adoptar medidas de protección.

La acción simultánea de las causas mencionadas en 11.8.2.1 se puede evaluar según una ecuación que relaciona estos factores:

$$E = 5 \left[(T_c + 18)^{2,5} - r (T_a + 18)^{2,5} \right] [V + 4] 10^{-6} \quad (A.3)$$

en que:

E = tasa de evaporación de agua, kg/m²/h;

T_c = temperatura del hormigón en la superficie, expresada en grados Celsius (°C);

T_a = temperatura ambiente, expresada en grados Celsius (°C);

r = humedad relativa/100;

V = velocidad del viento, expresada en kilómetro por hora (km/h).

La velocidad del viento se mide a una distancia aproximada de 0,5 m de la superficie del elemento de hormigón. La temperatura ambiente y la humedad relativa se miden a una altura aproximada entre 1,0 m y 1,5 m sobre la superficie del hormigón, a la sombra y con exposición al viento.

A.8.3 Precauciones para reducir la tasa de evaporación

A.8.3.1 Algunas alternativas para reducir la tasa de evaporación (entre otras):

- a) velocidad de viento: se recomienda el uso de pantallas o barreras;
- b) humedad relativa: se recomienda incrementar la humedad relativa por medio de aporte de agua nebulizada al ambiente;
- c) temperatura ambiente en el lugar de hormigonado: se recomienda generar sombra; y
- d) temperatura del hormigón fresco: se recomienda reducir su temperatura.

A.8.3.2 Precauciones en la confección del hormigón

Se entregan consideraciones a alguno de los factores que puede influir en la temperatura del hormigón al término de su proceso de confección.

a) Temperatura de elaboración

Con el fin de estimar la temperatura de confección del hormigón se puede utilizar la ecuación siguiente:

$$T_h = \frac{C_p (T_a M_a + T_c M_c) + C_a (T_{ac} M_{ac} + T_{aa} M_{aa}) - L_f M_h}{C_p (M_a + M_c) + C_a (M_{ac} + M_{aa}) + C_h M_h} \quad (A.4)$$

en que:

T_h = temperatura estimada del hormigón fresco, expresada en grados Celcius (°C), aproximando a 0,1°C;

C_p, C_a, C_h = calor específico de los materiales:
cemento y áridos = 0,22 kcal/kg °C;

agua, hielo = 1,00 kcal/kg °C;

L_f = calor latente de fusión del hielo = 79,70 kcal/kg;

T_a, T_c, T_{ac}, T_{aa} = temperatura de los áridos, el cemento, el agua total contenida en los áridos y el agua de amasado agregada, respectivamente, expresada en grados Celcius (°C);

M_a, M_c, M_{ac}, M_{aa} = masa de los áridos, cemento, agua total contenida en los áridos, agua de amasado agregada y del hielo en reemplazo del agua de amasado agregado, respectivamente, expresada en kilogramos (kg).

NOTA El agua total contenida en los áridos (humedad) corresponde al agua presente en ellos al momento de la confección del hormigón, para estos efectos se asume que su temperatura es igual a la de los áridos.

Por ejemplo, si se considera un hormigón con 340 kg de cemento, 1 800 kg de áridos (en estado seco) y 180 kg de agua de amasado, y la temperatura del cemento es de 60°C y la de los áridos es de 30°C en tanto que la del agua de amasado es de 15°C y un 25% se reemplaza por hielo. Aplicando estos valores a Ecuación (A.4) se tiene la expresión y resultado siguientes:

Sin hielo:

$$T_h = \frac{0,22 (30 \cdot 1\,800 + 60 \cdot 340) + 1,00 (15 \cdot 180)}{0,22 (1\,800 + 340) + 1,00 (180)} = 29,3^\circ\text{C}$$

Reemplazando un 25% del agua por hielo:

$$T_h = \frac{0,22 (30 \cdot 1\,800 + 60 \cdot 340) + 1,00 (15 \cdot 135) - 79,7 \cdot 45}{0,22 (1\,800 + 340) + 1,00 (135 + 45)} = 22,8^\circ\text{C}$$

b) Enfriamiento de materiales componentes

Cuando se disminuye la temperatura de alguno de los componentes del hormigón, se puede estimar su efecto en la disminución de su temperatura de confección, mediante lo indicado en Tabla A.1.

Tabla A.1 – Efecto de la disminución de la temperatura de los materiales en el hormigón

Material	Disminución de temperatura °C	Disminución de temperatura en el hormigón °C
Cemento	10	1
Agua	4	1
Áridos	2	1
NOTA Valores extraídos de Diseño y Control de Mezclas de Concreto - Portland Cement Association.		

Para disminuir la temperatura, dentro de las posibles medidas se puede sugerir las siguientes:

- i) mantener los acopios de áridos sombreados;
- ii) humedecer los áridos mediante nebulizaciones periódicas;
- iii) utilizar equipos enfriadores para el agua y/o áridos;
- iv) enfriar el agua de amasado agregando hielo triturado o en escamas, asegurando que esté completamente derretido al descargar la hormigonera;
- v) reemplazar no más de un 75% del total del agua de amasado por una masa de hielo equivalente triturado o en escamas;
- vi) otras técnicas.

c) Protección del equipamiento del calor

Todos aquellos equipos que se consideren que tienen influencia en la temperatura de confección del hormigón, se pueden proteger de la exposición directa a fuentes de calor. Entre ellas se pueden contemplar las siguientes:

- enterrar estanques y/o tuberías;
- aislar térmicamente;
- sombreadar;
- recubrir con arpilleras húmedas;
- pintar de blanco;
- otros.

d) Mezclado

Considerar que, habitualmente, en el proceso de mezclado se produce un aumento de temperatura con el tiempo, por lo que se debería evitar el exceso de mezclado.

A.8.3.3 Precauciones en el transporte, colocación y compactación

Considerar que hay diversas fuentes que pueden influir en la temperatura del hormigón. A continuación se señalan algunas acciones que se pueden adoptar para mitigar sus efectos.

- a) Es preferible que el transporte, colocación y compactación del hormigón sea en forma continua.
- b) Es conveniente que los equipos de transporte se protejan de la exposición directa al sol.
- c) Es recomendable seleccionar la hora de colocación del hormigón, de modo de disminuir los efectos negativos sobre el hormigón.
- d) Es recomendable disponer de protecciones tales como sombras y cortavientos.

A.8.3.4 Precauciones en la terminación

Durante el proceso de terminación superficial de hormigón y exista el riesgo de altas tasas de evaporación del hormigón, puede ser necesario adoptar precauciones tales como:

- a) Iniciar el proceso de terminación inmediatamente después de la colocación y en el menor tiempo posible.
- b) Evitar agregar agua a la superficie del hormigón debido a que esto altera su calidad superficial.
- c) Aumentar la humedad relativa del aire mediante nebulizadores, emplear retardantes de evaporación superficial o cubrir el hormigón provisoriamente con geotextil húmedo, entre otros.

A.8.3.5 Precauciones en el curado

Durante el proceso de curado del hormigón con altas tasas de evaporación de agua, puede ser necesario adoptar precauciones tales como:

- a) aplicar inmediatamente el sistema de curado seleccionado y mantenerlo en forma continua por el tiempo establecido;
- b) adoptar métodos de curado que permitan mantener condiciones de alta humedad en el caso de superficies del hormigón expuestas al ambiente;
- c) proteger las superficies expuestas del hormigón de la circulación del aire y de la radiación solar; y
- d) no utilizar agua de curado con una temperatura significativamente más baja que la temperatura del hormigón.

A.9 Comentario a subcláusula 15.2.3 - Tabla 12 - Plazos mínimos de desmolde y descimbre

En caso que no haya control de la madurez del hormigón, medidas de protección u otros, puede ser recomendable agregar un día por cada día que no se obtenga una temperatura media de 10°C.

Anexo B (informativo)

Métodos de ensayo complementarios para determinar el comportamiento del hormigón ante la acción de diferentes agentes agresivos

B.1 Generalidades

Dada la creciente importancia de los temas asociados a la durabilidad del hormigón, es factible que sea necesario considerar, por parte del proyectista especificador de un determinado proyecto, ensayos adicionales y complementarios a los especificados por la presente norma.

B.2 Métodos de ensayo para medir la penetración del ion cloruro

B.2.1 Ensayo rápido de penetración de ion cloruro, según ASTM C 1202

Método de ensayo para una indicación eléctrica de la capacidad de resistencia del hormigón a la penetración del ion cloruro.

Alcance y descripción

Este método de ensayo cubre la determinación de la conductancia eléctrica del hormigón para proporcionar una indicación rápida de su resistencia a la penetración de iones cloruro.

El ensayo mide la migración de cloruros a través del hormigón, midiendo en un tiempo determinado la carga eléctrica que pasa por un cilindro de 50 mm de espesor y de 100 mm de diámetro al aplicar un diferencial de voltaje de 60 V. El cilindro se ubica entre dos soluciones, liberando la solución catódica concentrada de cloruro de sodio al 3%, iones Cl^- que migran a través del hormigón hacia la solución anódica. Se realiza normalmente a la edad de 28 días, y en el caso del uso de adiciones minerales se puede ampliar el plazo a 56 o 90 días. La carga total medida en Coulomb, se relaciona con la resistencia de la muestra a la penetración del ion cloruro.

B.2.2 Penetración de ion cloruro, según AASHTO T 259

Método de ensayo para determinar la resistencia a la penetración del ion cloruro.

Alcance y descripción

Este método cubre la determinación de la resistencia del hormigón a la penetración de iones cloruro. Está diseñado para ser utilizado en la determinación de los efectos de variaciones en las propiedades del hormigón con respecto a la resistencia del hormigón a la penetración de iones cloruro. Las variaciones en el hormigón pueden incluir, pero no se limitan a, cambios en el tipo de cemento y contenido, relación agua/cemento, tipo de agregado y sus proporciones, aditivos, tratamientos, curado y vibrado.

El ensayo simula el mecanismo por el cual los iones cloruro penetran al hormigón. Las probetas de ensayo se extraen desde una loseta de hormigón. Se construye un dique alrededor del perímetro superior de la loseta para mantener la superficie del hormigón con una solución concentrada de cloruro de sodio al 3% durante 90 días. A esa edad se retiran pequeños testigos y mediante la molienda del material contenido en rebanadas de 10 mm, se determina el contenido de cloruros solubles en cada una de ellas. A partir del perfil de cloruros se determina luego el coeficiente de difusión aparente de cloruros.

B.2.3 Migración de ion cloruro, según NT BUILD 492 - NordTest

Hormigón, mortero y material de reparación en base a cemento: Coeficiente de migración de ion cloruro a partir de experimentos de migración no estacionaria.

Alcance y descripción

Este ensayo se utiliza para determinar el coeficiente de migración de cloruros en el hormigón, mortero o materiales de reparación a base de cemento a partir de experimentos de migración en estado no estacionario.

Un potencial eléctrico externo se aplica axialmente a través de la muestra que obliga a los iones cloruro concentrados al 10% a migrar a través de la muestra. Dependiendo de la corriente inicial, el ensayo puede durar hasta 96 h, siendo lo normal 24 h. A esa edad la muestra se parte en dos y se pulveriza una solución de nitrato de plata sobre cada sección fresca. La medición de la profundidad del frente de cloruro de plata permite luego calcular el coeficiente de migración del ion cloruro.

B.2.4 Resistividad eléctrica del hormigón, según AASHTO TP 95

Método de ensayo de la resistividad superficial del hormigón como indicador de la capacidad de resistencia a la penetración del ion cloruro.

Alcance y descripción

Este ensayo, conocido como método Wenner, permite determinar la resistividad eléctrica del hormigón saturado de agua para proporcionar una indicación rápida de su resistencia a la penetración del ion cloruro.

El método consiste en aplicar, mediante una barra con cuatro electrodos en línea, una corriente en los dos electrodos extremos, mide la diferencia de potencial entre los dos electrodos centrales. La resistividad eléctrica depende de la configuración geométrica de la probeta bajo ensayo y de la distancia entre los electrodos. Es un ensayo no destructivo, siendo importante que el hormigón a ensayar esté saturado de agua.

B.3 Métodos de ensayos para medir la permeabilidad del hormigón

B.3.1 Permeabilidad al aire del hormigón, según SIA 262/1, Anexo E

Estructuras de hormigón - Especificaciones adicionales - Permeabilidad al aire en obra.

Alcance y descripción

Esta norma define un procedimiento para determinar, mediante un ensayo no destructivo, la permeabilidad al aire del hormigón en obra.

El ensayo consiste en aplicar vacío sobre la superficie del hormigón mediante una celda de doble cámara concéntrica para luego medir, en un período de 6 min, la rapidez con que aumenta la presión en la cámara interior. Con el valor medido se determina la permeabilidad al aire del hormigón. Es importante que el hormigón a ensayar esté superficialmente seco, lo que se comprueba de acuerdo a lo indicado en la norma.

NOTA El ensayo se puede realizar también en laboratorio sobre probetas o testigos de hormigón.

Esta norma especifica valores límites según el tipo de exposición ambiental de la obra, aplicables a hormigón con edades entre 28 y 90 días.

Anexo C (informativo)

Bibliografía

- [1] ACI 318-14, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.
- [2] ASTM C 1074, Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method.
- [3] ASTM C 227, Standard Test method for potential alkali reactivity of cement-aggregate combination (Mortar-Bar Method).
- [4] ET 003-06, Tiempo de desmolde de elementos verticales de hormigón armado, Santiago, Chile, 2006. (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile).
- [5] ET 005-07, Criterios de aceptación de superficies moldeadas en elementos de hormigón, Santiago, Chile 2007. (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile).