

Hormigón - Requisitos generales

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, limos, hormigón y agregados*, 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 y se insertan sólo a título informativo.

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

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 $2\,000\text{ kg/m}^3$ y $2\,800\text{ kg/m}^3$, 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 clases 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

97	
98	NCh1037, <i>Hormigón - Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas</i>
99	
100	NCh1038, <i>Hormigón - Ensayo de tracción por flexión</i>
101	
102	NCh1171/1, <i>Hormigón - Testigo de hormigón endurecido - Parte 1: Extracción y ensayo</i>
103	
104	NCh1171/2, <i>Hormigón - Testigo de hormigón endurecido - Parte 2: Evaluación de resultados de resistencia mecánica</i>
105	
106	
107	NCh1498, <i>Hormigón y mortero - Agua de amasado - Clasificación y requisitos</i>
108	
109	NCh1564, <i>Hormigón - Determinación de la densidad aparente del hormigón fresco</i>
110	
111	NCh1789, <i>Hormigón - Determinación de la uniformidad obtenida en el mezclado del hormigón fresco</i>
112	
113	NCh1934, <i>Hormigón preparado en central hormigonera</i>
114	
115	NCh1998, <i>Hormigón - Evaluación estadística de la resistencia mecánica</i>
116	
117	NCh2182, <i>Hormigón y mortero - Aditivos - Clasificación y requisitos</i>
118	
119	NCh2184, <i>Hormigón y mortero - Métodos de ensayo - Determinación del contenido de aire</i>
120	
121	NCh2185, <i>Hormigón y mortero - Método de ensayo - Determinación de la resistencia a la congelación y el deshielo</i>
122	
123	
124	NCh2262, <i>Hormigón y mortero - Determinación de la permeabilidad al agua - Método de la penetración de agua bajo presión</i>
125	
126	
127	ASTM C1012, <i>Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution</i>
128	
129	
130	ASTM C227, <i>Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)</i>
131	
132	
133	ASTM C685, <i>Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing</i>
134	
135	
136	3 Términos y definiciones
137	
138	Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:
139	
140	3.1
141	adiciones
142	materiales minerales finamente molidos utilizados en el hormigón con el fin de mejorar ciertas propiedades o
143	conferirle propiedades especiales. Las adiciones se pueden considerar como activas o inertes
144	
145	Las adiciones activas son materiales de origen sílico-aluminoso que al entrar en contacto con el hidróxido de
146	calcio, producto de la hidratación del cemento, desarrollan compuestos aglomerantes secundarios
147	
148	Las adiciones inertes son aquellas que aun no teniendo reactividad con el hidróxido de calcio pueden
149	modificar ciertas propiedades del hormigón

150	Nota	Ver Anexo A comentario del Comité respecto a adiciones.
151		
152	3.2	
153	aditivos	
154	materiales activos agregados al hormigón en pequeñas cantidades para modificar alguna de sus propiedades	
155	por acción física, química o físico-química	
156		
157	3.3	
158	agua libre	
159	agua que contiene el hormigón fresco, sin considerar el agua absorbida por los áridos hasta la condición de	
160	saturado superficialmente seco	
161		
162	3.4	
163	agua de carguío	
164	agua que se incorpora al equipo mezclador para la confección del hormigón	
165		
166	3.5	
167	aire atrapado	
168	aire que ingresa al hormigón durante el mezclado, determinado según NCh2184	
169		
170	3.6	
171	aire incorporado	
172	burbujas de aire microscópicas incorporadas intencionadamente al hormigón durante el amasado mediante el	
173	uso de aditivos	
174		
175	3.7	
176	aire total	
177	aire contenido en el hormigón, determinado según NCh2184, que considera el aire atrapado y el aire	
178	incorporado	
179		
180	3.8	
181	ambiente agresivo	
182	ambiente que contiene algunos de los agentes definidos en cláusula 5 en concentraciones tales que puede	
183	afectar la durabilidad del hormigón	
184		
185	3.9	
186	amasada	
187	volumen de hormigón confeccionado de una sola vez	
188		
189	3.10	
190	curado	
191	proceso consistente en mantener un contenido de humedad y temperatura en un hormigón recién colocado de	
192	modo que pueda desarrollar sus propiedades	
193		
194	3.11	
195	desmolde	
196	proceso destinado a retirar el moldaje de una estructura de hormigón	
197		
198	3.12	
199	descimbre	
200	proceso destinado a retirar los elementos de sustentación de las estructuras de hormigón (puntales, alzaprimas,	
201	entre otros)	
202		
203		

- 204 3.13
205 dosificación
206 proporción de los distintos materiales componentes del hormigón, expresada en masa o volumen, que
207 constituyen un volumen determinado de hormigón, generalmente un metro cúbico
208
209 3.14
210 durabilidad
211 capacidad de una estructura o elemento de hormigón de resistir, las condiciones físicas y químicas a las que va
212 a estar expuesta, durante la vida útil para la que fue proyectada
213
214 3.15
215 fisuración plástica
216 fisuración que se produce por efecto de la pérdida de agua por evaporación, en la superficie del hormigón
217 mientras se encuentra en estado plástico
218
219 3.16
220 fracción defectuosa
221 fracción del total del lote de resultados esperados con resistencias menores que un valor especificado,
222 expresado en porcentaje
223
224 3.17
225 hormigón
226 material constituido por la mezcla de cemento, áridos y agua, con o sin la incorporación de aditivos y
227 adiciones, que desarrolla sus propiedades por hidratación del cement
228
229 3.18
230 hormigón reforzado (hormigón armado)
231 hormigón que incorpora refuerzos, preesforzados o no, en una cuantía igual o superior a la mínima establecida
232 en la norma de diseño correspondiente. El grado mínimo de hormigón reforzado es G17, de acuerdo con
233 NCh430
234
235 3.19
236 hormigón simple
237 hormigón sin refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para hormigón reforzado
238
239 3.20
240 junta de hormigonado
241 unión de dos superficies de hormigón dejadas por razones de diseño, de construcción o detenciones inevitables
242 del hormigonado, en las que una de las superficies ha endurecido hasta el punto de impedir la incorporación
243 integral en su masa de un nuevo hormigón fresco
244
245 3.21
246 madurez
247 Concepto que utiliza el principio de que la resistencia que el hormigón alcanza a una determinada edad
248 depende de las temperaturas a las que ha estado sometido durante dicho período
249
250 El grado de madurez se puede calcular con la siguiente fórmula:
251
252
$$M(t) = \sum (T - T_0) \cdot \Delta t$$

253 T: es el promedio de la temperatura en cada intervalo de tiempo;
254 T₀: es la temperatura bajo la cual se asume que la hidratación del cemento se detiene;
255 Δt: es el intervalo de tiempo en horas o días.

256	3.22
257	muestra
258	fracción de hormigón extraída de una amasada de acuerdo con NCh171 para determinar una o más de sus
259	propiedades
260	
261	3.23
262	resistencia especificada
263	resistencia establecida en el proyecto
264	
265	3.24
266	resistencia mecánica
267	tensión máxima que soporta el hormigón (de compresión, de tracción indirecta por flexión, otros). Se expresa
268	en MPa
269	
270	3.25
271	resistencia media requerida para dosificación
272	valor medio de la resistencia mecánica que se necesita alcanzar para satisfacer la resistencia especificada
273	
274	3.26
275	resistencia potencial
276	resistencia determinada mediante muestras extraídas según NCh171, confeccionadas según NCh1017 y
277	ensayadas según NCh1037 o NCh1038 a la edad especificada
278	
279	3.27
280	tiempo de mezclado
281	período de tiempo contado desde el momento en que todos los materiales están en el interior del equipo
282	mezclador hasta el instante en que se inicia la descarga,
283	
284	
285	4 Clasificación del hormigón por resistencia mecánica
286	
287	El hormigón se clasifica en grados ya sea con respecto a la resistencia a compresión o con respecto a la
288	resistencia a tracción por flexión.
289	
290	4.1 Clasificación por resistencia a compresión
291	
292	El hormigón se clasifica según su resistencia especificada a compresión a los 28 días, $f'c$, especificada en
293	probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, según NCh1017 y NCh1037, como se indica
294	en Tabla 1.
295	
296	
297	
298	
299	
300	
301	
302	
303	
304	
305	
306	
307	
308	

309

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.	

310

311

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.

312

313

314

4.2 Clasificación por resistencia a tracción por flexión

315

316

El hormigón se clasifica con respecto a su resistencia especificada a tracción por flexión a los 28 días, ft, 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.

317

318

319

320

321

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

Grado	Resistencia especificada, ft 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.	

322

323

324

5 Requisitos y designación del hormigón

325

326

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

327

5.2 En el caso de hormigón estructural G17 o superior según Tabla 1, la dosis mínima de cemento no puede ser inferior a 240 kg/m^3 .

5.3 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.

5.4 Adicionalmente y de acuerdo a las características de un proyecto específico, la designación según 5.3, 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, protección del hormigón.

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

6.1.3 Los requisitos de durabilidad se establecen en 6.3 y 6.4 de la presente 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 (ver Anexo A).

6.2 Especificación del hormigón por durabilidad

6.2.1 El proyectista estructural debe asignar las clases 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 la clase 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 armado en condiciones ambientales consideradas como no agresivas, se debe utilizar una dosis de cemento mínima de 240 kg/m^3 .

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 SO_4 , 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 las NCh163 y NCh1498, siempre que el contenido máximo de sulfatos en el hormigón no supere 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 $\text{kg Cl}^-/\text{m}^3$ de hormigón
Hormigón armado 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 no supere 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 $\leq 0,6\%$;
- se verifique que la expansión determinada según ASTM C227, con los materiales de la obra, sea menor a $0,05\%$ a 3 meses o menor a $0,10\%$ 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 %	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	$0,10 \leq \text{SO}_4 < 0,20$	$150 \leq \text{SO}_4 < 1\ 500$ Agua de mar
S2	Severa	$0,20 \leq \text{SO}_4 \leq 2,00$	$1\ 500 \leq \text{SO}_4 \leq 10\ 000$
S3	Muy severa	$\text{SO}_4 > 2,00$	$\text{SO}_4 > 10\ 000$

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	≤ 8
S2	0,05 a 6 meses ²	≤ 6
S3	0,05 a 6 meses ²	≤ 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 superior a 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	≤ 40
S2	G30	340	≤ 30
S3	G35	360	≤ 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 siguientes requisitos: 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.

476

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

477

478 6.4.3.2 Cuando se adopten medidas especiales de protección del hormigón tales como la utilización de
 479 materiales de protección de las armaduras, la utilización de refuerzos resistentes a la corrosión, la utilización
 480 de ánodos de sacrificio (protección catódica), o cualquier otra medida protectora del hormigón o de las
 481 armaduras, estas medidas se deben considerar al asignar el grado de exposición.

482

483 6.4.3.3 La Tabla 9 establece los requisitos que debe cumplir el hormigón según el grado de exposición.

484

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

488

489

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	≤ 50
C2-A	G20	300	≤ 40
C2-B	G25	330	≤ 30
C2-C	G35	360	≤ 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 > G17.

490

491 6.4.4 Hormigones de baja permeabilidad

492

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

495

496

497

498

499 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	≤ 40
P2	Hormigón en contacto con agua que requiere baja permeabilidad y existe posibilidad de ataque químico no considerado en subcláusulas anteriores	≤ 20

500
501
502 7 Requisitos de materiales constituyentes

503
504 7.1 Almacenamiento

505
506 El almacenamiento de los materiales constituyentes del hormigón se debe realizar en lugares y depósitos que
507 permitan asegurar que sus características se mantengan dentro de los límites establecidos por las normas
508 respectivas.

509
510 7.2 Cemento

511
512 7.2.1 El cemento debe cumplir con NCh148.

513
514 7.2.2 El fabricante debe indicar el plazo de uso, el que no podrá ser mayor a 3 meses. En el caso de ser
515 necesario extender dicho plazo, se deben realizar los ensayos correspondientes para verificar su conformidad
516 con NCh148.

517
518 7.2.3 No se debe utilizar cemento que presente signos de meteorización. En caso de duda, se deben realizar los
519 ensayos correspondientes para verificar su conformidad con NCh148.

520
521 7.3 Áridos

522
523 7.3.1 Los áridos deben cumplir con lo dispuesto en NCh163 considerando las excepciones establecidas en
524 6.3.1, 6.3.2 y 6.3.3 de la presente norma.

525
526 7.3.2 Los áridos se deben separar en, al menos, dos fracciones, grava y arena, previo a su uso en el hormigón.

527
528 7.3.3 El tamaño máximo nominal debe ser menor o igual que el menor de los valores siguientes:

529
530 a) 1/5 de la menor distancia entre las paredes interiores del moldaje;

531
532 b) 3/4 de la menor distancia libre entre armaduras;

533
534 c) 1/3 del espesor de losas armadas.

535
536 7.3.4 Las limitaciones de tamaño máximo nominal se pueden modificar si se verifica que la docilidad
537 (trabajabilidad) y los métodos de compactación son tales que el hormigón se puede colocar en forma
538 satisfactoria. (Ver Anexo A).

540 7.4 Agua

541
542 El agua de amasado debe cumplir con NCh1498, considerando las excepciones establecidas en 6.3.1 y 6.3.2
543 de la presente norma.

544
545 Nota La norma NCh1498 establece como una de las opciones, la verificación de requisitos por ensayos de
546 comportamiento.

547
548 7.5 Aditivos

549
550 7.5.1 Los aditivos que se usen en la confección del hormigón deben cumplir con NCh2182. En caso que se
551 utilicen aditivos no considerados en la mencionada norma, se deben adoptar las recomendaciones del
552 fabricante y verificar su efecto en el hormigón por medio de mezclas de prueba.

553
554 7.5.2 Si en la fabricación de hormigones se utilizan aditivos cuya base sea cloruro de calcio, el contenido de
555 iones cloruro en el hormigón no debe exceder los límites indicados en 6.3.2.

556
557 7.6 Adiciones

558
559 Las adiciones se deben evaluar mediante hormigones de prueba, verificando las propiedades del hormigón en
560 estado fresco y endurecido. (Ver Anexo A).

561
562 8 Diseño de mezcla

563
564 8.1 Generalidades

565
566 8.1.1 La dosificación de los materiales constituyentes para el hormigón se debe establecer para lograr lo
567 siguiente:

- 568
569 a) la resistencia especificada,
570
571 b) la docilidad elegida según lo indicado en 8.2;
572
573 c) los requisitos de durabilidad, según lo establecido en cláusula 6; y
574
575 d) cualquier otro requisito complementario especificado.

576
577 8.1.2 Cuando varíe el origen de alguno de los materiales constituyentes, se debe revisar su efecto sobre la
578 dosificación.

579
580 8.1.3 Cuando varíe alguna propiedad de los materiales constituyentes que afecte alguno de los requisitos
581 especificados al hormigón, se deben efectuar los ajustes en el diseño de mezcla que sean necesarios.

582
583 8.2 Docilidad

584
585 8.2.1 Para la elección de la docilidad se debe tener en consideración al menos los aspectos siguientes:

- 586
587 a) geometría del elemento a hormigonar;
588
589 b) cuantía, diámetro y disposición de los refuerzos;
590
591 c) métodos y equipos de transporte hasta el sitio de descarga;
592
593 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

8.3.1 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 no supera el 3%.

Nota En Anexo A se entregan comentarios para el diseño de mezclas.

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

9.2.1 Los equipos empleados para la medición de los materiales constituyentes del hormigón deben estar calibrados o verificados con la frecuencia necesaria para asegurar las tolerancias indicadas en Tabla 11.

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

9.3 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 Para los áridos la tolerancia aplica a cada fracción de éstos.	

9.3.2 Se permite la medición en volumen en mezcladores continuos, los que deben cumplir con lo establecido en ASTM C685 (cláusulas 7, 8 y 9). En este caso, las tolerancias de medición son las indicadas en Tabla 11.

Nota ASTM C685 en sus cláusulas 7, 8 y 9 establece los requisitos relevantes para medición en volumen en mezcladores continuos.

9.3.3 No obstante 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 minutos, 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 exceder dos horas, 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 a 30 minutos, 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 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 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 periodo inicial (ver Anexo A).

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 o las medidas se deben definir previas 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 deben 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 a 2MPa se puede iniciar el desmolde. En condiciones normales esta resistencia se alcanza después de 12 horas con temperaturas ambientes mayores a 10°C (a efecto de contabilizar las 12 horas no se deben incorporar los periodos con temperatura menor a 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 C1074, 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 deben 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 superior 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 $\geq 10^\circ \text{C}$
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
<p>Nota 1 Las 12 horas corresponden a temperaturas ambientes mayores a 10°C (a efecto de contabilizar las 12 horas no se deben incorporar los periodos con temperatura menor a 10°C).</p> <p>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.</p> <p>Nota 3 Al momento de retirar los moldajes y antes de proceder al reapuntalamiento, no deben existir sobrecargas de construcción en el elemento.</p>	

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	
Asentamiento de cono	NCh1019	Asentamiento	
		≤ 40 mm	± 10 mm
		40 a 90 mm	± 20 mm
		≥ 100 mm	± 30 mm
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.

1030

Tabla 15 - Frecuencia de muestreo para hormigón fresco

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

1031

1032

1033 18 Trazabilidad del hormigón colocado

1034

1035 Se debe llevar un control que considere al menos la información siguiente:

1036

1037 a) designación del hormigón según 5.3;

1038 b) procedencia del hormigón;

1039 c) número único que identifique la amasada;

1040 d) hora y fecha de confección y colocación del hormigón; y

1041 e) ubicación del hormigón colocado;

1042

1043

1044

1045

1046

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 C618 Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete y ASTM C311 Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natiral Pozzolan for Use in Portland Cement Concrete, ASTM C989M Standard Specification for Slag Cement for use in Concrete and Mortars y ASTM C1240 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 la norma 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

En esta versión de la norma 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.

1100 A.3 Comentario a subcláusula 5.3

1101

1102 Esta designación del hormigón es compatible con la establecida en NCh1934.

1103

1104 A.4 Comentario a subcláusula 6.1.4

1105

1106 La intención de la norma al permitir que el requisito de penetración de agua se asocie al historial de ensayos
1107 previos de hormigones de similares características al especificado, es evitar que dicho ensayo se transforme en
1108 un control rutinario en obra. Es preferible que exista un historial de resultados que se hayan realizado sobre
1109 hormigones de prueba, considerando materiales, dosificación y otros detalles que configuren mezclas de
1110 similares características.

1111

1112 A.5 Comentario a subcláusula 7.3.4

1113

1114 Cuando se trate de hormigones en condiciones especiales, como elementos prefabricados, elementos
1115 densamente armados, elementos laminares o con armaduras muy próximas, losas de pavimentos, albañilerías
1116 armadas, entre otros, el tamaño máximo nominal a utilizar se debería calcular considerando estas condiciones.

1117

1118 A.6 Comentarios a cláusula 8

1119

1120 A.6.1 Generalidades del proceso de diseño de mezclas¹

1121

1122 La dosificación de una mezcla está destinada a satisfacer los requisitos de un hormigón en su estado
1123 endurecido, como son la resistencia especificada en el proyecto y la durabilidad, según el ambiente de
1124 exposición establecido en cláusula 6.

1125

1126 La dosificación también tiene que considerar los materiales a usar y las condiciones de transporte, colocación
1127 y compactación que afecten al hormigón en su estado fresco, especialmente la trabajabilidad y tamaño
1128 máximo del árido.

1129

1130 Además es posible que, en algunos casos, sea necesario considerar aspectos tales como la generación de calor,
1131 retracción, entre otros.

1132

1133 A.6.2 Proceso sugerido para el diseño de un hormigón

1134

1135 La mezcla se diseña para un volumen determinado, usualmente de 1 m³ (1 000 litros). Para lo anterior es de
1136 utilidad el uso de la ecuación siguiente:

1137

$$1138 C + W + u + G + A + F + Ad = 1 \text{ m}^3, \dots\dots\dots (1)$$

1139

1140 en que cada parámetro es el volumen real de cada uno de los componentes que considera el diseño del
1141 hormigón:

1142

- 1143 C: cemento
- 1144 W: agua libre
- 1145 u: aire total
- 1146 G: gravas
- 1147 A: arenas
- 1148 F: adiciones
- 1149 Ad: aditivos

1150

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

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:

$$f_{cr} = f'_c + t * s \quad \dots\dots\dots (2)$$

en que:

f_{cr} : resistencia media requerida (MPa);

f'_c : resistencia especificada (MPa);

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

s: desviación normal que se espera de las resistencias (MPa).

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.

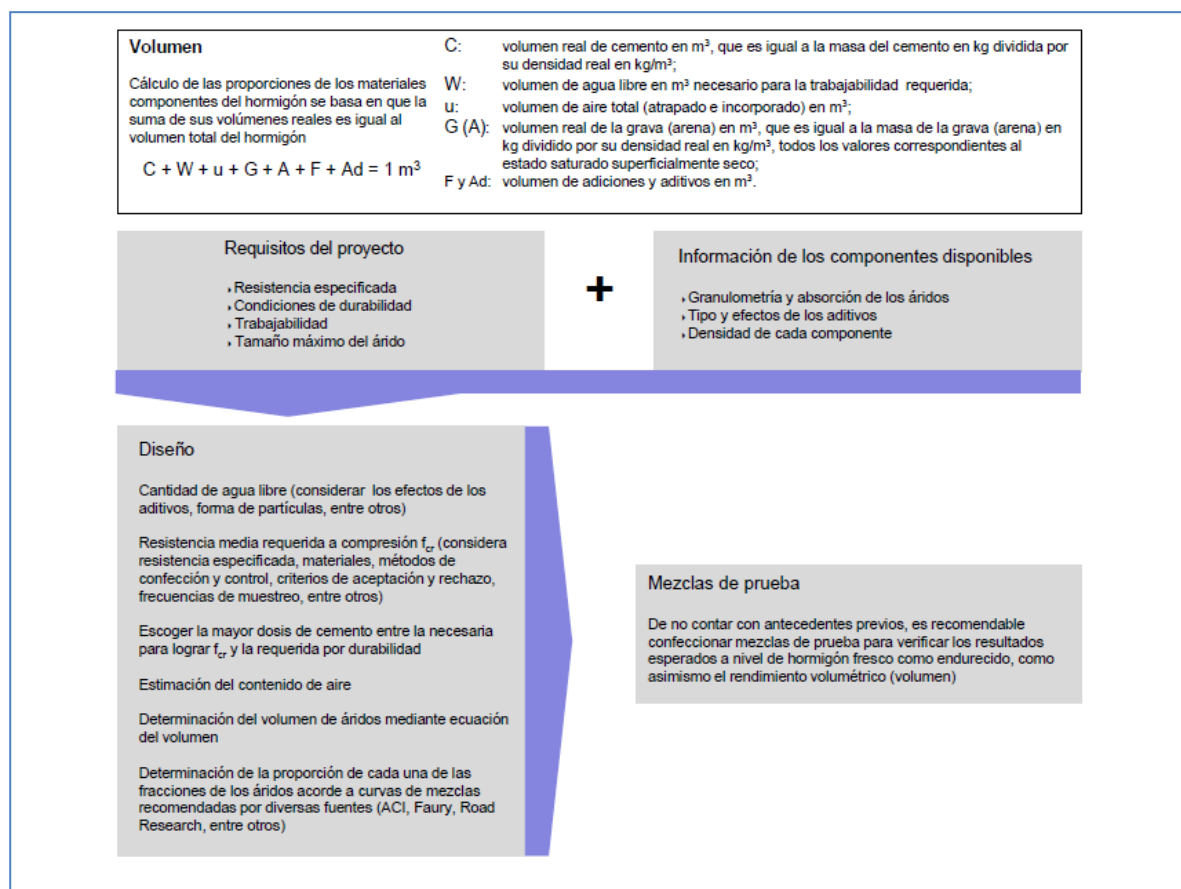
La cantidad de áridos se determina mediante la Ecuación (1).

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 siguiente esquema simplificado:

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



Esquema A.1 - Proceso de diseño de mezclas

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):

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

A.7.3 Precauciones durante la colocación

- Eliminar todo material congelado o restos de hielo, adheridos al hormigón, moldaje, armaduras, entre otros;
- utilizar materiales y equipos adecuados para las protecciones del hormigón;

- 1219 c) proteger especialmente los lugares más expuestos (aristas, salientes, otros); y
- 1220
- 1221 d) considerar protecciones (por ejemplo, carpas envolventes) antes de iniciar la colocación, a excepción de
- 1222 las protecciones que irán en contacto directo con las superficies expuestas del hormigón (por ejemplo,
- 1223 capas protectoras de material aislante térmico).
- 1224
- 1225 A.8 Comentario a subcláusula 11.8.2
- 1226
- 1227 A.8.1 Hormigonado en condiciones de alta evaporación de agua
- 1228
- 1229 A continuación se señalan los procedimientos habituales para prevenir situaciones adversas en el hormigón de
- 1230 acuerdo a las prácticas constructivas actuales.
- 1231
- 1232 A.8.2 Generalidades
- 1233
- 1234 La rápida pérdida del agua de amasado por evaporación y/o la alta temperatura del hormigón fresco al ser
- 1235 vaciado en los moldes, produce alteraciones de las propiedades de éste, entre las que se pueden mencionar las
- 1236 siguientes:
- 1237
- 1238 A.8.2.1 Previo a colocación del hormigón
- 1239
- 1240 a) pérdida de la docilidad requerida; y
- 1241
- 1242 b) en hormigones con aire incorporado, necesidad de aumentar la dosis de aditivo para obtener el contenido
- 1243 de aire requerido.
- 1244
- 1245 A.8.2.2 Hormigón colocado
- 1246
- 1247 a) aceleración del fraguado, disminuyendo el tiempo disponible para las operaciones de transporte,
- 1248 colocación, compactación y terminación;
- 1249
- 1250 b) tendencia a la fisuración; plástica y/o por diferencial térmico en los elementos de hormigón;
- 1251
- 1252 c) disminución de las resistencias mecánicas, aun cuando los resultados a edad temprana puedan resultar
- 1253 mayores; y
- 1254
- 1255 d) disminución de la durabilidad del hormigón.
- 1256
- 1257 Determinación de la tasa de evaporación
- 1258
- 1259 No es posible dar reglas generales para dimensionar los niveles de evaporación admisibles en las superficies
- 1260 de hormigón durante el endurecimiento inicial. Depende del tipo de hormigón y, en especial, de su tendencia a
- 1261 transportar agua exudada hasta la superficie.
- 1262
- 1263 Es conveniente estimar la tasa de evaporación mediante la Ecuación A.1. Cuando la tasa de evaporación
- 1264 estimada sea cercana al valor de 1,0 kg/m²/h aumenta el riesgo de fisuración, por lo que es necesario adoptar
- 1265 medidas. Las especificaciones técnicas pueden establecer un umbral menor para adoptar medidas de
- 1266 protección.
- 1267
- 1268 La acción simultánea de las causas mencionadas en 11.8.2.1 se puede evaluar según una ecuación que
- 1269 relaciona estos factores
- 1270
- 1271
$$E = 5 * [(T_c + 18)^{2,5} - r * (Ta + 18)^{2,5}] * [V + 4]10^{-6} \dots\dots\dots (A.1)$$

1272 en que:

1273

- E : tasa de evaporación de agua, kg/m²/h; 1274
Tc : temperatura del hormigón en la superficie, °C;
Ta : temperatura ambiente, °C;
r : humedad relativa/100;
V : velocidad del viento, km/h.

1275

1276 La velocidad del viento se mide a una distancia aproximada de 0,5 m de la superficie del elemento de
1277 hormigón. La temperatura ambiente y la humedad relativa se miden a una altura aproximada entre 1,0 m y 1,5
1278 m sobre la superficie del hormigón, a la sombra y con exposición al viento.

1279

1280 A.8.3 Precauciones para reducir la tasa de evaporación

1281

1282 A.8.3.1 Algunas alternativas para reducir la tasa de evaporación (entre otras):

1283

1284 a) velocidad de viento: se recomienda el uso de pantallas o barreras;

1285

1286 b) humedad relativa: se recomienda incrementar la humedad relativa por medio de aporte de agua nebulizada
1287 al ambiente;

1288

1289 c) temperatura ambiente en el lugar de hormigonado: se recomienda generar sombra; y

1290

1291 d) temperatura del hormigón fresco: se recomienda reducir su temperatura.

1292

1293 A.8.3.2 Precauciones en la confección del hormigón

1294

1295 Se entregan consideraciones a alguno de los factores que puede influir en la temperatura del hormigón al
1296 término de su proceso de confección.

1297

1298 a) Temperatura de elaboración. Con el fin de estimar la temperatura de confección del hormigón se puede
1299 utilizar la fórmula siguiente:

1300

$$Th = \frac{Cp * (Ta * Ma + Tc * Mc) + Ca * (Tac * Mac + Taa * Maa) - Lf * Mh}{Cp * (Ma + Mc) + Ca * (Mac + Maa) + Ch * Mh}$$

1301

1302 en que:

1303

Th = temperatura estimada del hormigón fresco, °C, aproximando a 0,1°C;

Cp, Ca, Ch = calor específico de los materiales:

Cemento y áridos = 0,22 kcal/kg °C;

Agua, Hielo = 1,00 kcal/kg °C;

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

Ta, Tc, Tac, Taa = temperatura de los áridos, el cemento, el agua total contenida en los áridos y el
agua de amasado agregada, respectivamente, °C;

Ma, Mc, Mac, Maa = 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, kg.

1304 Nota El agua total contenida en los áridos (humedad) corresponde al agua presente en ellos al momento de la confección del
1305 hormigón, para estos efectos se asume que su temperatura es igual a la de los áridos.

1306

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 la fórmula se tiene la expresión y resultado siguientes:

Sin hielo:

$$T_h = \frac{0,22 (30 \times 1800 + 60 \times 340) + 1,00 \times (15 \times 180)}{0,22 (1800 + 340) + 1,00 \times (180)} = 29,3^\circ\text{C}$$

Reemplazando un 25% del agua por hielo:

$$T_h = \frac{0,22 (30 \times 1800 + 60 \times 340) + 1,00 \times (15 \times 135) - 79,7 \times 45}{0,22 (1800 + 340) + 1,00 \times (135 + 45)} = 22,8^\circ\text{C}$$

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;

- 1348 - sombrear;
1349 - recubrir con arpilleras húmedas;
1350 - pintar de blanco;
1351 - otros.
1352
1353 d) Mezclado
1354 Considerar que, habitualmente, en el proceso de mezclado se produce un aumento de temperatura con el
1355 tiempo, por lo que se debería evitar el exceso de mezclado.
1356
1357 A.8.3.3 Precauciones en el transporte, colocación y compactación
1358
1359 Considerar que hay diversas fuentes que pueden influir en la temperatura del hormigón. A continuación se
1360 señalan algunas acciones que se pueden adoptar para mitigar sus efectos.
1361
1362 a) Es preferible que el transporte, colocación y compactación del hormigón sea en forma continua.
1363
1364 b) Es conveniente que los equipos de transporte se protejan de la exposición directa al sol.
1365
1366 c) Es recomendable seleccionar la hora de colocación del hormigón, de modo de disminuir los efectos
1367 negativos sobre el hormigón.
1368
1369 d) Es recomendable disponer de protecciones tales como sombras y cortavientos.
1370
1371 A.8.3.4 Precauciones en la terminación
1372
1373 Durante el proceso de terminación superficial de hormigón y exista el riesgo de altas tasas de evaporación del
1374 hormigón, puede ser necesario adoptar precauciones tales como:
1375
1376 a) Iniciar el proceso de terminación inmediatamente después de la colocación y en el menor tiempo posible.
1377
1378 b) Evitar agregar agua a la superficie del hormigón debido a que esto altera su calidad superficial.
1379
1380 c) Aumentar la humedad relativa del aire mediante nebulizadores, emplear retardantes de evaporación
1381 superficial o cubrir el hormigón provisoriamente con geotextil húmedo, entre otros.
1382
1383 A.8.3.5 Precauciones en el curado
1384
1385 Durante el proceso de curado del hormigón con altas tasas de evaporación de agua, puede ser necesario
1386 adoptar precauciones tales como:
1387
1388 a) aplicar inmediatamente el sistema de curado seleccionado y mantenerlo en forma continua por el tiempo
1389 establecido;
1390
1391 b) adoptar métodos de curado que permitan mantener condiciones de alta humedad en el caso de superficies
1392 del hormigón expuestas al ambiente;
1393
1394 c) proteger las superficies expuestas del hormigón de la circulación del aire y de la radiación solar; y
1395
1396 d) no utilizar agua de curado con una temperatura significativamente más baja que la temperatura del
1397 hormigón.
1398
1399
1400

1401 A.9 Comentario a subcláusula 15.2.3 – Tabla 12

1402

1403 En caso que no haya control de la madurez del hormigón, medidas de protección u otros, puede ser
1404 recomendable agregar un día por cada día que no se obtenga una temperatura media de 10° C.

1405

1406

1407

1408

1409

1410

1411

1412

1413

1414

1415

1416

1417

1418

1419

1420

1421

1422

1423

1424

1425

1426

1427

1428

1429

1430

1431

1432

1433

1434

1435

1436

1437

1438

1439

1440

1441

1442

1443

1444

1445

1446

1447

1448

1449

1450

1451

1452

1453

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 C1202

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 2 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 T259

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.

- 1507 B.2.3 Migración de ion cloruro, según NT BUILD 492 – NordTest
- 1508
- 1509 Hormigón, mortero y material de reparación en base a cemento: Coeficiente de migración de ion cloruro a
- 1510 partir de experimentos de migración no estacionaria
- 1511
- 1512 Alcance y descripción
- 1513
- 1514 Este ensayo se utiliza para determinar el coeficiente de migración de cloruros en el hormigón, mortero o
- 1515 materiales de reparación a base de cemento a partir de experimentos de migración en estado no estacionario.
- 1516
- 1517 Un potencial eléctrico externo se aplica axialmente a través de la muestra que obliga a los iones cloruro
- 1518 concentrados al 10% a migrar a través de la muestra. Dependiendo de la corriente inicial, el ensayo puede
- 1519 durar hasta 96 horas, siendo lo normal 24 h. A esa edad la muestra se parte en dos y se pulveriza una solución
- 1520 de nitrato de plata sobre cada sección fresca. La medición de la profundidad del frente de cloruro de plata
- 1521 permite luego calcular el coeficiente de migración del ion cloruro.
- 1522
- 1523 B.2.4 Resistividad eléctrica del hormigón, según AASHTO TP 95
- 1524
- 1525 Método de ensayo de la resistividad superficial del hormigón como indicador de la capacidad de resistencia a
- 1526 la penetración del ion cloruro
- 1527
- 1528 Alcance y descripción
- 1529
- 1530 Este ensayo, conocido como método Wenner, permite determinar la resistividad eléctrica del hormigón
- 1531 saturado de agua para proporcionar una indicación rápida de su resistencia a la penetración del ion cloruro.
- 1532
- 1533 El método consiste en aplicar, mediante una barra con 4 electrodos en línea, una corriente en los dos
- 1534 electrodos extremos, mide la diferencia de potencial entre los 2 electrodos centrales. La resistividad eléctrica
- 1535 depende de la configuración geométrica de la probeta bajo ensayo y de la distancia entre los electrodos. Es un
- 1536 ensayo no destructivo, siendo importante que el hormigón a ensayar esté saturado de agua.
- 1537
- 1538 B.3 Métodos de ensayos para medir la permeabilidad del hormigón
- 1539
- 1540 B.3.1. Permeabilidad al aire del hormigón, según SIA 262/1 Anexo E
- 1541
- 1542 Estructuras de hormigón – Especificaciones adicionales - Permeabilidad al aire en obra
- 1543
- 1544 Alcance y descripción
- 1545
- 1546 Esta norma define un procedimiento para determinar, mediante un ensayo no destructivo, la permeabilidad al
- 1547 aire del hormigón en obra.
- 1548
- 1549 El ensayo consiste en aplicar vacío sobre la superficie del hormigón mediante una celda de doble cámara
- 1550 concéntrica para luego medir, en un período de 6 minutos, la rapidez con que aumenta la presión en la cámara
- 1551 interior. Con el valor medido se determina la permeabilidad al aire del hormigón. Es importante que el
- 1552 hormigón a ensayar esté superficialmente seco, lo que se comprueba de acuerdo a lo indicado en la norma.
- 1553
- 1554 Nota El ensayo se puede realizar también en laboratorio sobre probetas o testigos de hormigón.
- 1555
- 1556 Esta norma especifica valores límites según el tipo de exposición ambiental de la obra, aplicables a hormigón
- 1557 con edades entre 28 y 90 días.
- 1558
- 1559
- 1560

1561 Anexo C
1562 (informativo)

1563
1564 Bibliografía

- 1565
1566 [1] ACI 318-14, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*
1567
1568 [2] ASTM C1074, *Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method*
1569
1570 [3] ASTM C227, *Standard Test method for potential alkali reactivity of cement-aggregate combination*
1571 (*Mortar-Bar Method*)
1572
1573 [4] ET 003-06; *Tiempo de desmolde de elementos verticales de hormigón armado, Santiago, Chile, 2006.*
1574 (*Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile*)
1575
1576 [5] ET 005-07; *Criterios de aceptación de superficies moldeadas en elementos de hormigón, Santiago, Chile*
1577 2007. (*Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile*)