

INDICE

		Página
	Preámbulo	IV
1	Alcance y campo de aplicación	1
2	Referencias	1
3	Definiciones	2
4	Clasificación	3
4.1	Clasificación por resistencia a compresión	3
4.2	Clasificación por resistencia a flexotracción	4
4.3	Requisitos complementarios	4
5	Dosificación	4
5.3	Determinación de la razón agua-cemento	5
5.4	Elección de la docilidad	7
5.5	Dosis de agua	7
5.6	Dosis de cemento	7
5.7	Dosis de aire	8
5.8	Dosis de áridos	8
5.9	Dosis de aditivos	8
5.10	Hormigones no controlados	9
6	Materiales	9
6.2	Cementos	9
6.3	Aridos	9
6.4	Agua	10
6.5	Aditivos y adiciones	10

INDICE

		Página
7	Equipos	10
8	Fabricación	10
8.1	Medición de los materiales	10
8.2	Mezclado del hormigón	11
9	Transporte	11
9.1	Generalidades	11
9.2	Plazo de transporte	12
9.3	Equipos de transporte	12
10	Colocación	13
10.1	Generalidades	13
10.2	Preparación del sitio de colocación	13
10.3	Hormigonado en casos corrientes	13
10.4	Hormigonado en casos especiales	14
10.5	Juntas de hormigonado	15
11	Compactación	16
11.1	Generalidades	16
11.2	Equipos	16
12	Protección y curado	17
12.1	Generalidades	17
12.2	Protección y curado en casos corrientes	17
12.3	Protección y curado en tiempo frío	18

INDICE

		Página
12.4	Protección y curado en tiempo seco, caluroso o en ambiente con viento	19
12.5	Protección y curado en ambiente agresivo	19
13	Desmolde y descimbre	20
13.1	Generalidades	20
13.2	Plazos de desmolde y descimbre	20
14	Ensayos	21
14.1	Ensayos del hormigón fresco	21
14.2	Ensayos del hormigón endurecido	22
	Anexo A - Factores de conversión para probetas de compresión	24
	Anexo B - Elección del grado del hormigón y correspondencia aproximada con norma anterior	27
	Anexo C - Recomendaciones para dosificación del hormigón	29
	Anexo D - Hormigonado con bajas temperaturas	34
	Anexo E - Hormigonado en tiempo seco y caluroso	38
	Anexo F - Hormigonado bajo agua	44
	Anexo G - Recomendaciones para hormigonado en ambientes agresivos	48
	Anexo H - Juntas de hormigonado	50

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.

La norma NCh170 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Cemento Bío-Bío S.A.
Cemento Melón S.A.

Cemento Polpaico
Instituto Nacional de Normalización, INN
Instituto Profesional de Santiago
Ministerio de Obras Públicas, Laboratorio
Nacional de Vialidad
Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU

Municipalidad de Santiago
Universidad de Concepción
Universidad de Chile, Instituto de
Investigaciones y Ensayos de Materiales, IDIEM
Universidad de Valparaíso

Arnoldo Bucarey C.
Hernán Medina
Armando Soto O.
Raúl Muñoz
Patricio Downey
Fernando Yañez U.
M. Cecilia Soto
Fernando Bonhomme C.
Mario Fernández R.
Francisco Osorio M.
Jorge Rojas T.
Jaime Téllez T.
Enrique Schlesinger
Renato Vargas S.

Pablo Carrillo V.
Luis Madariaga V.

Además participaron en varias sesiones las siguientes instituciones y personas:

Cemento Polpaico
 Instituto Profesional de Santiago
 Ministerio de Obras Públicas
 Municipalidad de la Cisterna
 Municipalidad de las Condes
 Particulares

Universidad Católica de Chile, DICTUC

Universidad Católica de Valparaíso
 Universidad de Chile, IDIEM

Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil
 Universidad de la Frontera

Alfredo Cifuentes S.
 Hernán Andrade
 Hugo Hinrichsen
 Germán Díaz R.
 Ana Teresa Salinas A.
 Sergio Rojas I.
 Rafael Fernández N.
 Juan Pablo Covarrubias
 Oscar Parada S.
 M. Isabel Cortez C.
 Ernesto Gómez G.
 Juan Egaña R.
 Luis Rosenberg V.
 Italo Cicarelli

El proyecto de norma consultado públicamente fue preparado por la División de Normas teniendo como referencia un documento elaborado por el Centro Tecnológico del Hormigón, y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Cemento Bío-Bío S.A.
 Cemento Melón S.A., Depto. de Relaciones
 Técnicas
 Cemento Polpaico, Depto. Asesoría Técnica
 Concretos Ready Mix S.A.

Empresa Nacional del Petróleo, ENAP
 Instituto Nacional de Normalización, INN
 Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU,
 Depto. de Desarrollo Urbano
 Ministerio de Vivienda y Urbanismo,
 SERVIU, Valparaíso
 Ministerio de Obras Públicas, Dirección
 de Vialidad
 Ministerio de Obras Públicas,
 Dirección de Obras Portuarias
 Ministerio de Obras Públicas, Servicio
 Nacional de Obras Sanitarias
 Particular
 Universidad de Chile, Instituto de
 Investigaciones y Ensayos de Materiales, IDIEM
 Universidad Técnica del Estado,
 Depto. de Obras Civiles
 Universidad Técnica del Estado, Sede La Serena
 Universidad Técnica del Estado, Sede Temuco
 Universidad Técnica del Estado, Sede Valdivia

Arnoldo Bucarey C.
 Armando Soto O.
 Patricio Downey A.
 Gonzalo Amenábar T.
 Nelson Mackenzie R.
 José Solorza A.
 Alfredo Cifuentes S.
 Jaime Téllez T.
 Archibald Hughes M.
 Luis Guzmán Z.
 Nils Suit A.
 Miguel Valenzuela G.
 José Petit V.
 Sergio Rojas I.
 Juan Egaña R.
 Carmen Norambuena P.
 Ema Silva
 Mario Aguilera L.
 Orlando Fernández M.
 Hernán Arnés V.

NCh170

Esta norma anula y reemplaza a las normas NCh170 y NCh172 declaradas normas chilenas Oficiales de la República, por Decretos N°1657 de fecha 15 de Julio de 1952 y N°2720 de fecha 11 de Diciembre de 1952, del Ministerio de Obras Públicas.

Los anexos A y B forman parte del cuerpo de la norma

Los anexos C, D, E, F, G y H, no forman parte del cuerpo de la norma, se insertan sólo a título informativo.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización en sesión efectuada el 4 de Noviembre de 1985.

Esta norma ha sido declarada norma chilena Oficial de la República, por Decreto N°404, de fecha 3 de Diciembre de 1985, del Ministerio de Obras Públicas, publicado en el Diario Oficial N°32.372, del 15 de Enero de 1986.

Esta norma es una *"reedición sin modificaciones"* de la norma chilena Oficial NCh170.Of85, *"Hormigón - Requisitos generales"*, vigente por Decreto N°404, de fecha 4 de Noviembre de 1985, del Ministerio de Obras Públicas.

Hormigón - Requisitos generales

1 Alcance y Campo de aplicación

1.1 Esta norma establece los requisitos generales mínimos para fabricar, transportar y colocar hormigones de densidad entre 2 000 y 2 800 kg/m³.

1.2 Estos hormigones se podrán usar en obras de hormigón simple, hormigón armado y hormigón pretensado (pre y postensado).

1.3 Se excluyen expresamente del campo de aplicación de esta norma los hormigones especiales.

2 Referencias

NCh30	Unidades SI y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y ciertas otras unidades.
NCh148	Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.
NCh163	Aridos para morteros y hormigones - Requisitos generales.
NCh171	Hormigón - Extracción de muestras del hormigón fresco.
NCh1017	Hormigón - Confección y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y tracción.
NCh1018	Hormigón - Preparación de mezclas de prueba 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.
NCh1170	Hormigón - Ensayo de tracción por hendimiento.
NCh1498	Hormigón - Agua de amasado - Requisitos.
NCh1564	Hormigón - Determinación de la densidad aparente, del rendimiento, del contenido de cemento, del contenido de aire del hormigón fresco.
NCh1934	Hormigón preparado en central hormigonera.

3 Definiciones

3.1 hormigón: material que resulta de la mezcla de agua, arena, grava, cemento, eventualmente aditivos y adiciones, en proporciones adecuadas que, al fraguar y endurecer, adquiere resistencia.

3.2 hormigón especial: material fabricado con algún componente diferente de los usados en hormigón, en conjunto con o en reemplazo de aquellos; y los hormigones de tecnologías especiales, como el preempacado, el proyectado, etc.

3.3 aditivos: materiales activos agregados al hormigón en pequeñas cantidades para modificar alguna de sus propiedades por acción física o química.

3.4 adiciones: materiales sólidos inertes que se agregan al hormigón.

3.5 dosificación: las cantidades de los distintos materiales expresados en masa o volumen que constituyen un determinado volumen de hormigón.

3.6 agua de amasado o agua libre: agua que contiene el hormigón fresco, descontada el agua absorbida por los áridos hasta la condición de saturado superficialmente secos.

3.7 razón agua-cemento: cociente entre la masa de agua libre y de aditivos líquido y la masa de cemento.

3.8 amasada: fracción más pequeña del hormigón fabricado de una sola vez.

3.9 muestra: fracción de hormigón extraída de una amasada de acuerdo con la norma NCh171 para determinar alguna de sus propiedades.

3.10 resultado: valor obtenido del ensayo o del promedio de los ensayos realizados sobre una muestra, que sirve para medir una propiedad del hormigón.

3.11 probetas compañeras: probetas confeccionadas de una misma muestra, conservadas y ensayadas en idénticas condiciones.

3.12 resistencia mecánica: tensión máxima que soporta el hormigón (de compresión, de tracción, de flexión, de hendimiento, etc.). Se expresa en MPa ($1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ kgf/cm}^2$).

3.13 resistencia media requerida o de dosificación, fr: valor medio estimado de los resultados de la resistencia mecánica que se necesita alcanzar para satisfacer la resistencia especificada.

3.14 resistencia media del hormigón, fm: promedio aritmético de los resultados de la resistencia mecánica del hormigón de un mismo grado y edad.

3.15 nivel de confianza: fracción, expresada en porcentaje o en fracción decimal, de resultados iguales o mayores que un valor especificado.

3.16 fracción defectuosa: fracción, expresada en porcentaje o en fracción decimal, de los resultados menores que un valor especificado.

3.17 resistencia especificada; f_c y f_t : a compresión y flexotracción, respectivamente, establecidas en el proyecto sobre probetas normal con un determinado nivel de confianza.

3.18 resistencia característica, f_k : valor calculado estadísticamente a partir de los resultados obtenidos en los ensayos que corresponde a un nivel de confianza determinado, considerando una distribución normal.

3.19 laboratorio oficial: laboratorio de ensaye de materiales idóneo reconocido por la Autoridad Competente.

4 Clasificación

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

4.1 Clasificación por resistencia a compresión

4.1.1 El hormigón se clasifica con respecto a su resistencia especificada a compresión, f_c , medida en probetas cúbicas de 200 mm de arista, de acuerdo con las normas NCh1017 y NCh1037, a la edad de 28 días, como se indica en la tabla 1.

Tabla 1 - Clasificación de los hormigones por resistencia a compresión

Grado	Resistencia especificada, f_c	
	MPa	(kgf/cm ²)
H5	5	(50)
H10	10	(100)
H15	15	(150)
H20	20	(200)
H25	25	(250)
H30	30	(300)
H35	35	(350)
H40	40	(400)
H45	45	(450)
H50	50	(500)

NCh170

4.1.2 Al usarse probetas de forma o dimensiones distintas a la cúbica de 200 mm se deben hacer las conversiones correspondientes usando los factores del anexo A.

4.2 Clasificación por resistencia a flexotracción

El hormigón se clasifica con respecto a su resistencia especificada a flexotracción, f_t , medida a probetas de $d = 150$ mm de acuerdo con NCh1017, y ensayadas de acuerdo con la norma NCh1038, a la edad de 28 días, como se indica en la tabla 2.

Tabla 2 - Clasificación de los hormigones por resistencia a flexotracción

Grados de flexotracción	Resistencia especificada, f_t	
	MPa	(kgf/cm ²)
HF 3	3,0	(30)
HF 3,5	3,5	(35)
HF 4	4,0	(40)
HF 4,5	4,5	(45)
HF 5	5,0	(50)
HF 5,5	5,5	(55)
HF 6	6,0	(60)

4.3 Requisitos complementarios

4.3.1 La exigencia de la resistencia a compresión o de la resistencia a flexotracción se puede complementar con otros requisitos, tales como: resistencia al hendimiento, dosis de cemento, docilidad, tamaño máximo nominal del árido, tipo de aditivo, durabilidad, permeabilidad, resistencia a edad distinta a 28 días, etc.

4.3.2 Tanto el grado del hormigón como su nivel de confianza y los requisitos complementarios se deben establecer claramente en las especificaciones y en los planos de cada proyecto.

NOTA - Ver Anexo B - Elección del grado del hormigón y correspondencia aproximada con norma anterior.

5 Dosificación

5.1 La dosificación que efectivamente se aplique en la obra debe ser tal que el hormigón cumpla la resistencia especificada, la docilidad, la durabilidad y las restantes exigencias complementarios.

5.2 La resistencia media requerida, f_r , para calcular la dosificación y cumplir con el nivel de confianza, debe ser mayor que la resistencia especificada, f_c , en una cantidad tal que

pueda absorber las dispersiones propias de los materiales en uso y de los procedimientos aplicados.

5.3 Determinación de la razón agua-cemento

La razón agua-cemento se puede determinar por condiciones de resistencia o por condiciones de durabilidad, o por ambas.

5.3.1 La determinación de la razón agua-cemento por resistencia se debe hacer por uno de los tres procedimientos siguientes:

Procedimiento 1

Usar registros de ensayos anteriores que demuestren que la dosificación del hormigón propuesta producirá la resistencia media requerida, f_r . En este caso, la razón agua-cemento se establece interpolando entre las resistencias de dos o más registros, si es el caso. Para que los registros sean válidos deben cumplir con las condiciones siguientes:

- a) representar los materiales de la misma procedencia y condiciones similares a las esperadas;
- b) las variaciones de los materiales, condiciones y dosis implícitas en dichos registros deben ser similares a las variaciones existentes en la obra propuesta;
- c) se pueden usar registros que consten de menos de 30 ensayos, pero de no menos de 10 consecutivos, siempre que incluyan un período no inferior a 45 días.

Procedimiento 2

Hacer hormigones de prueba de acuerdo con la norma NCh1018 con tres razones agua-cemento distintas, pero con la misma docilidad exigida por la obra, de modo que se produzcan resistencias dentro de un intervalo que contenga la resistencia media requerida. Para cada mezcla se deben hacer tres probetas que se ensayarán a 28 días. Se determina la razón agua-cemento que corresponde por interpolación.

Procedimiento 3

Determinar la razón agua-cemento a partir de la resistencia media requerida mediante la tabla 3.

Tabla 3 - Razón agua-cemento para resistencia requerida, f_r

Razón agua-cemento en masa	Resistencia media requerida, f_r , MPa	
	Cemento grado corriente	Cemento grado alta resistencia
0,45	34	43
0,50	29	36
0,55	25	31
0,60	21	26
0,65	18	23
0,70	16	20
0,75	14	17
0,80	12	15
0,85	10	13

5.3.2 La determinación de la razón agua-cemento por durabilidad se debe hacer según la tabla 4.

Tabla 4 - Máxima razón agua-cemento en casos de exposición severa

Tipo de estructura	Estructura continua o frecuentemente húmeda o expuesta a hielo-deshielo	Estructuras expuestas a aguas agresivas, en contacto con el suelo o ambientes salinos
Secciones delgadas ($e \leq 20$ cm) y secciones con recubrimiento menor que 2 cm	0,45	0,40
Toda otra estructura	0,50	0,45

5.3.3 En todo caso debe elegirse la menor razón agua-cemento entre la determinada por 5.3.1 y 5.3.2 o la especificada por el proyectista.

5.4 Elección de la docilidad

5.4.1 La docilidad del hormigón en el momento de su colocación, medida por el asentamiento de cono de acuerdo con la norma NCh1019, se debe elegir de acuerdo con la tabla 5.

Tabla 5 - Asentamiento de cono según tipo de estructura

Tipo de estructura	Asentamiento de cono para compactación por vibración, cm
Hormigón armado	4 a 10
Hormigón sin armar	2 a 8
Pavimentos	inferior a 5

5.4.2 En situaciones excepcionales se podrá emplear apisonado manual, en cuyo caso, ambos límites de los valores de la tabla 5 se deben aumentar en 4 cm.

5.4.3 En los casos que se evite la segregación y se asegure la obtención de un hormigón compacto, mediante el uso de aditivos o de tecnologías especiales de transporte y colocación, se podrán emplear docilidades distintas de las indicadas en la tabla 5.

5.5 Dosis de agua

Adoptar la que resulte de las mezclas de prueba para obtener la docilidad elegida para la obra, considerando los áridos en la condición de saturados superficialmente secos. En el caso de procedimiento 3 de 5.3.1 se debe adoptar algún valor proporcionado por la experiencia o por tablas, de manera que se cumpla con la docilidad exigida por la obra.

5.6 Dosis de cemento

5.6.1 Adoptar la dosis de cemento que resulte de aplicar 5.3.3 y 5.5, o la que se haya especificado si fuese mayor.

5.6.2 No obstante lo anterior, en estructuras de hormigón armado se deben respetar las siguientes dosis mínimas de cemento:

- a) hormigón armado protegido de la intemperie : 240 kg/m³;
- b) hormigón armado expuesto a la intemperie : 270 kg/m³.

5.6.3 Además, en obras no controladas deben respetarse dosis mínimas establecidas en 5.10.

5.7 Dosis de aire

Cuando se especifique hormigones con aditivos incorporadores de aire, el porcentaje de aire en el hormigón debe ser el que se indica en la tabla 6, con una tolerancia de ± 1.5 . Para hormigones de grado superior a H35 los contenidos de aire de la tabla se pueden reducir en 1.

Tabla 6 - Contenido de aire

Tamaño máximo nominal del árido en mm	Contenido de aire en %
10	6
12	5,5
20	5
25	4,5
40	4,5
50 ^{*)}	4

^{*)} Al comprobar el contenido de aire en este caso se deberá remover todo el árido cuyo tamaño sea mayor que 38 mm y la determinación se hará en la fracción de tamaño máximo inferior a 38 mm (la tolerancia de $\pm 1,5$ se aplica a esta fracción).

5.8 Dosis de áridos

Considerando las características de los áridos disponibles (granulometría, densidad, textura, etc.), emplear la dosis que proporcione un hormigón de máxima capacidad y una docilidad adecuada para las condiciones de la obra.

Para la determinación de las proporciones entre los áridos se debe tener presente tanto las granulometrías de cada uno de ellos como los áridos combinados.

NOTA - La curva granulométrica del árido combinado se puede confrontar con las recomendadas en el anexo B de la norma NCh163.

5.9 Dosis de aditivos

Se deben adoptar las dosis recomendadas por el fabricante o por los laboratorios oficiales. Estas dosis deben ser adecuadas a las necesidades y condiciones de la obra.

5.10 Hormigones no controlados

5.10.1 En las zonas o en los casos que el hormigón de la obra no pueda ser controlado no se deben emplear dosis de cemento inferiores a las siguientes:

- a) hormigón simple : 170 kg/m³;
- b) hormigón armado de grado menor que H20 : 300 kg/m³.

5.10.2 En ningún caso podrán utilizarse hormigones sin controlar de grado igual o superior a H20.

NOTA - Ver anexo C - Recomendaciones para la dosificación del hormigón.

6 Materiales

6.1 Los materiales constituyentes del hormigón se deben almacenar en lugares y depósitos que permitan asegurar que su calidad se mantiene dentro de los límites establecidos por las normas respectivas.

6.2 Cementos

6.2.1 Los cementos deben cumplir con la norma NCh148.

6.2.2 En el caso de un almacenamiento de más de tres meses, o de exposición a la humedad, o en caso de dudas, se realizarán los ensayos correspondientes para verificar su conformidad con la norma NCh148.

6.2.3 No deben mezclarse cementos de diferentes clases, grados o marcas mientras el hormigón esté fresco.

6.2.4 Cuando se use más de una clase, grado, o marca de cemento en una misma obra se realizará un estudio de dosificación para cada cemento.

6.3 Áridos

6.3.1 Los áridos se deben separar en a lo menos dos fracciones, grava y arena, y deben cumplir con lo dispuesto en la norma NCh163.

6.3.2 Cuando cambien las propiedades o procedencias de los áridos que se estén usando, se debe hacer un nuevo estudio de dosificación.

NCh170

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

- a) un quinto de la menor distancia entre las paredes del molde;
- b) tres cuartos de la menor distancia libre entre armaduras;
- c) un tercio del espesor de losas armadas.

6.3.4 Cuando se trate de hormigones en condiciones especiales, como elementos prefabricados, elementos muy armados, elementos laminares o con armaduras muy próximas, losas de pavimentos, albañilerías armadas, etc., el tamaño máximo nominal a utilizar debe calcularse considerando estas condiciones.

6.3.5 En los elementos con hormigón a la vista se recomienda emplear, para cualquier tipo de árido, un tamaño máximo nominal que sea inferior a 1,5 veces el espesor del recubrimiento, es decir, la distancia entre el moldaje y la armadura más próxima.

6.4 Agua

El agua de amasado, de curado, y para lavado de los áridos debe cumplir con la norma NCh1498.

6.5 Aditivos y adiciones

Los aditivos y adiciones que se usen en obra deben tener un certificado de calidad, extendido por un laboratorio oficial.

7 Equipos

Para la fabricación, transporte, colocación, compactación, curado y control del hormigón, se debe disponer del equipo e instrumental necesarios para obtener un hormigón homogéneo, tanto con respecto a la resistencia como a las exigencias complementarias. Su adecuado funcionamiento y calibración se controlará en obra antes de iniciar las operaciones de hormigonado y, después, en forma periódica.

8 Fabricación

8.1 Medición de los materiales

8.1.1 La medición del cemento se debe hacer por pesaje con una tolerancia de $\pm 1\%$ si es a granel, o empleando sacos completos si es envasado. No obstante, en hormigones de grado igual o inferior a H20 se puede emplear el volumen equivalente a medio saco.

8.1.2 La medición de los áridos se debe hacer por pesaje con una tolerancia de $\pm 3\%$, y corregida según la humedad presente en el material. Todo exceso o defecto de humedad se debe restar o sumar, respectivamente, al agua calculada para el amasado.

8.1.3 No obstante lo anterior, cuando el hormigón sea de grado igual o inferior a H20, se pueden medir los áridos en volumen controlado, siempre que:

- a) Se disponga de equipos regulables que midan con una tolerancia de $\pm 5\%$ el volumen equivalente a la masa especificada en la dosificación.
- b) se haya determinado la equivalencia con la dosificación en masa, y se hagan las correcciones por humedad en la forma indicada en el artículo precedente y por el esponjamiento.

8.1.4 El agua de amasado se debe medir con una tolerancia de $\pm 1\%$, corregida según la condición de humedad de los áridos y la cantidad de aditivo líquido, si se usa.

8.1.5 Los aditivos se incorporarán al hormigón de acuerdo con las recomendaciones y tolerancias establecidas por el fabricante.

8.1.6 Las adiciones se deben medir en masa con una tolerancia de $\pm 3\%$.

8.2 Mezclado del hormigón

8.2.1 El mezclado se debe efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios (carguío, velocidad de rotación, tiempo de mezclado, y mantención) para producir un hormigón homogéneo.

8.2.2 El orden de carguío en el mezclado mecánico debe establecerse de acuerdo con los equipos disponibles. En todo caso parte del agua de amasado se debe cargar en primer lugar.

8.2.3 El tiempo de mezclado, contado desde el momento en que todos los materiales están en el interior de la hormigonera hasta el instante en que se inicia la descarga, debe ser superior a 1 1/2 minutos, salvo que el equipo cuente con dispositivos que aseguren la homogeneidad de la mezcla en un tiempo menor.

8.2.4 El mezclado manual sólo se permite en hormigones de grado H5.

9 Transporte

9.1 Generalidades

9.1.1 El transporte se debe efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para mantener la homogeneidad del hormigón que se obtuvo en el mezclado. En este sentido se deben evitar pérdidas de material, segregaciones y contaminaciones.

9.1.2 En el caso que las inclemencias del clima (sol, viento, lluvia) afecten al hormigón durante el transporte deben usarse protecciones adecuadas.

9.1.3 En el caso de equipos de mezclado y transporte se regirá por la norma NCh1934.

9.2 Plazo de transporte

El hormigón debe ser transportado desde la hormigonera a su lugar de colocación definitiva en un plazo menor que 30 min. Sin embargo, se puede aceptar un plazo mayor siempre que el hormigón mantenga la docilidad especificada sin agregar más agua, ya sea mediante empleo de aditivos u otros métodos eficientes previamente comprobados y que las condiciones ambientales sean favorables.

9.3 Equipos de transporte

9.3.1 Los equipos deben ser estancos, de metal u otro material resistente, no absorbente y químicamente inerte con los componentes del hormigón.

9.3.2 En los ductos abiertos inclinados (canoas, canaletas) se debe mantener un flujo continuo y a velocidad uniforme del hormigón. Para este efecto deben:

- a) Tener una longitud no mayor que 7 m.
- b) Terminar en un buzón que provoque una caída vertical del hormigón en su lugar de colocación.
- c) Respetar las pendientes máximas que se indican en la tabla 7 según el asentamiento de cono.

Tabla 7 - Pendientes de equipos inclinados

Asentamiento de cono cm	Pendiente Vertical: Horizontal
3 a 8	1 : 2
8 a 12	1 : 3

Sin embargo, se pueden adoptar pendientes y longitudes mayores si se colocan accesorios (tolvas, compuertas) en la ubicación necesaria que aseguren un flujo continuo y una velocidad uniforme.

9.3.3 En los ductos cerrados (tuberías) que tengan un flujo continuo en sección llena, no se aplicarán las restricciones de pendientes indicadas en 9.3.2.

10 Colocación

10.1 Generalidades

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

- a) mantener la homogeneidad del hormigón;
- b) asegurar la continuidad o monolitismo de los elementos estructurales;
- c) mantener las dimensiones y la forma geométrica de los elementos a hormigonar;
- d) evitar desplazamientos de deformaciones de las armaduras u otros elementos embebidos.

10.2 Preparación del sitio de colocación

Antes de colocar el hormigón se debe:

- a) Limpiar y mojar cuidadosamente el sitio de colocación, eliminando los elementos sueltos, los restos de lechada de cemento, etc.
- b) Verificar la impermeabilidad de dicho sitio para evitar pérdidas de agua de amasado inclusive las pérdidas por absorción del moldaje.
- c) Aplicar desmoldantes, cuando se necesario, que recubran uniformemente y sin exceso toda la superficie del moldaje, evitando contaminar las armaduras, los elementos embebidos y el hormigón ya colocado.
- d) Preparar las juntas de hormigonado de acuerdo con 10.5.

10.3 Hormigonado en casos corrientes

10.3.1 La altura a que debe llegar el hormigón en su colocación debe estar limitada por la resistencia del moldaje a la presión que sobre él se ejerce.

10.3.2 Colocar el hormigón en capas horizontales de un espesor no mayor que 50 cm cuidando que:

- a) al colocar una capa el hormigón subyacente o contiguo esté aún fresco;
- b) durante el vaciado se eviten segregaciones por escurrimiento;
- c) cada capa pueda ser compactada en toda su altura con el equipo en uso. Cuando se use vibrador de inmersión la capa debe tener una altura inferior a la longitud de la botella.

10.3.3 La altura de caída libre del hormigón, medido desde el punto de vaciado hasta el lugar de depósito definitivo, debe ser la menor posible. En el caso de estructuras verticales (muros, pilares, etc.), esta altura no debe sobrepasar los valores indicados en la tabla 8, según el asentamiento de cono:

Tabla 8 - Altura de caída libre del hormigón

Asentamiento de cono, cm	Altura máxima, m
Inferior a 4	2,0
de 4 a 10	2,5
Superior a 10	2,0

10.3.4 No obstante, se puede usar una mayor altura de caída en los siguientes casos:

- que se remezcle manualmente, si se trata de estructuras abiertas;
- que se emplee tuberías introducidas hasta el fondo de la estructura a hormigonar, las que deben tener un diámetro mayor que cuatro veces el tamaño máximo nominal del árido y no menor que 15 cm.

10.3.5 En el caso de elementos estructurales con fondos inclinados el llenado se debe iniciar desde el punto más bajo formando capas horizontales.

10.3.6 El vaciado de carretillas, volquetes u otros equipos similares de transporte, se debe efectuar en el sentido contrario al avance del hormigonado.

10.3.7 Si fuera necesario ayudar al paso del hormigón a través de las armaduras se debe usar solamente una barra de acero terminada en arco o en espátula, evitando golpear los áridos gruesos o desplazar las armaduras.

10.3.8 En el momento de colocación, deben cumplirse las siguientes condiciones de temperatura:

- la temperatura del hormigón debe ser menor que 35°C en elementos corrientes y menor que 16°C en elementos cuya menor dimensión exceda de 0,80 m;
- la temperatura ambiente debe ser mayor que 5°C.

10.4 Hormigonado en casos especiales

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

10.4.1 Hormigonado en tiempo frío

Cuando en los siete días previos al hormigonado haya uno o más días con temperatura media inferior a 5°C, el hormigón debe tener en el momento de la colocación una temperatura mínima como se indica en la tabla 9.

Tabla 9 - Temperatura de colocación en tiempo frío

Espesor elemento, cm		Temperatura mínima, °C
menor que	30	13
entre	30 - 80	10
mayor que	80	5

NOTA - Ver anexo D - Hormigonado con bajas temperaturas.

10.4.2 Hormigonado en tiempo seco, caluroso o ambiente con viento

Cuando las condiciones ambientales induzcan una evaporación igual o mayor que 1 kg de agua por m² por hora, la temperatura del hormigón en el momento de ser colocado debe ser menor que 30°C en elementos corrientes, y menor que 16°C en elementos cuya menor dimensión exceda de 0,80 m.

NOTA - Ver anexo E - Hormigonado en tiempo seco y caluroso.

10.4.3 Hormigonado bajo agua

El hormigón debe ser colocado en tal forma que no se altere su homogeneidad.

NOTA - Ver Anexo F - Hormigonado bajo agua.

10.4.4 Hormigonado en ambientes agresivos

En ambientes agresivos las aguas de contacto y los suelos de fundación deben ser analizados para clasificar el grado de agresividad, elegir la dosificación, y adoptar las protecciones del hormigón o la aislación del sitio de colocación que sean necesarias.

NOTA - Ver Anexo G - Recomendaciones para hormigonado en ambientes agresivos.

10.5 Juntas de hormigonado

10.5.1 El proyecto debe establecer la ubicación de las juntas de hormigonado. Cualquiera modificación en obra debe ser autorizada por el proyectista.

10.5.2 Cualquier interrupción no prevista del hormigonado debe ser tratada como junta, y se debe proceder como en 10.5.1.

10.5.3 En la preparación y ejecución de la junta se deben adoptar procedimientos que aseguren una unión monolítica del hormigón.

NOTA - Ver anexo H - Juntas de hormigonado.

11 Compactación

11.1 Generalidades

La compactación se debe efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para que, manteniendo la homogeneidad del hormigón, se pueda:

- Obtener la máxima compacidad del hormigón por eliminación de las burbujas de aire arrastradas.
- Rellenar completamente el moldaje sin deformarlo excesivamente y sin producir nidos de piedras.
- Rodear en forma continua las armaduras.
- Obtener la textura superficial especificada.

11.2 Equipos

El equipo debe elegirse según la tabla 10 de acuerdo al asentamiento de cono del hormigón y a las condiciones particulares de la obra.

Tabla 10 - Elección del equipo de compactación

Docilidad	Asentamiento de cono cm	Altura máxima de la capa cm	Equipos *)
Seca	< 2	30	Mecánicos de alta potencia
Plástica	3 - 5	30	Mecánicos corrientes, especiales o sus combinaciones
Blanda	6 - 9	50	Manuales, mecánicos corrientes, especiales o sus combinaciones
Fluida	> - 10	50	Manuales o especiales

*) Los equipos mencionados corresponden a los siguientes:

- equipos mecánicos de alta potencia: vibrador externo, pisón mecánico, pisón de compresión, vibro-compresión, etc.;
- equipos mecánicos corrientes: vibrador de inmersión, vibrador superficial, etc.;
- equipos especiales: equipos de vacío, de centrifugado, etc.;
- equipos manuales: varillas, macetas, paletas, etc.

12 Protección y curado

12.1 Generalidades

La protección y curado del hormigón debe efectuarse durante el período inicial de endurecimiento con los procedimientos y materiales adecuados para:

- a) mantener el hormigón en un ambiente saturado, evitando la pérdida del agua del hormigón;
- b) evitar cambios bruscos de la temperatura del hormigón;
- c) preservar el hormigón de acciones externas como viento, lluvias, nieve, cargas, etc.

12.2 Protección y curado en casos corrientes

12.2.1 Debe iniciarse inmediatamente después de efectuada la operación de terminación de las superficies expuestas. Los materiales para iniciar la protección y curado se pueden elegir entre los siguientes:

- a) compuestos formadores de membranas de curado;
- b) neblina de vapor;
- c) lloviznas tenues de agua;
- d) telas y tejidos absorbentes que no se mantienen continuamente húmedos;
- e) cualquier material, que retenga la humedad sin dañar la superficie del hormigón.

12.2.2 A las 24 h de aplicación de algunos de los materiales señalados en 12.2.1 se debe continuar la protección y curado del hormigón parcialmente endurecido prosiguiendo con el material inicial o bien reemplazándolo por alguno de los procedimientos siguientes:

- a) riesgos permanentes;
- b) diques con agua;
- c) estanques y piscinas;
- d) cámaras de vapor;
- e) arena u otros recubrimientos similares que se mantienen continuamente húmedos.

12.2.3 El período de protección y curado debe ser como mínimo de siete días para hormigón con cemento de grado corriente y de cuatro días con cemento de grado alta resistencia.

12.2.4 En ningún caso durante el período de curado el hormigón debe sufrir cargas, impactos, vibraciones, tránsito de personas, equipos y materiales, etc., que puedan dañar el hormigón o el material de curado.

12.3 Protección y curado en tiempo frío

12.3.1 Cuando la temperatura ambiente sea menor que 5°C, o se prevea que en las próximas 24 h lo sea, se debe aplicar un sistema de protección que permita mantener la temperatura de colocación indicada en 10.4.1 mediante aislantes térmicos, calefacción, etc., durante los plazos que indican las tablas 11 y 12.

Tabla 11 - Plazos de protección en días

Condición del elemento	Plazo para asegurar durabilidad		Plazo para asegurar durabilidad y resistencia	
	Cemento grado		Cemento grado	
	Corriente	Alta resistencia	Corriente	Alta resistencia
Sin carga, no expuesto (fundación bajo tierra)	2	1	2	1
Sin carga, expuesto (represas, pilares macizos)	3	2	3	2
Carga parcial, expuesto (sobrecimientos)	3	2	6	4
Cargado y expuesto (vigas, losas, columnas)	3	2	Aplicar tabla 12	

Tabla 12 - Plazos de protección en elementos cargados y expuestos en días

Temperatura media diaria del ambiente para el periodo de curado, °C	Temperatura del hormigón protegido			
	10 °C		21 °C	
	Cemento grado		Cemento grado	
	Corriente	Alta resistencia	Corriente	Alta resistencia
Sobre 0	6	3	4	3
de 0 a - 4	11	5	8	4
de -5 a - 9	21	16	16	12
menos de - 9	29	26	23	20

12.3.2 Los días o fracciones de días de interrupción de la protección no se contabilizan para el efecto de determinar el plazo de protección.

12.3.3 El plazo de protección para cumplir con la resistencia puede reducirse, cuando probetas especiales de acuerdo con A.2.1 de NCh1017 den resistencias superiores a las indicadas en tabla 13.

Tabla 13 - Resistencia mínima para finalizar los plazos de protección

Temperatura media diaria del ambiente prevista para el período de curado, °C	% de la resistencia especificada
Sobre 0	50
de 0 a - 4	65
de - 5 a - 9	85
menor de - 9	95

12.3.4 Una vez finalizado el plazo de protección se debe iniciar el período de curado con cualquiera de los materiales y por el tiempo indicado en 12.2.

NOTA - Ver anexo D - Hormigonado con bajas temperaturas.

12.4 Protección y curado en tiempo seco, caluroso o en ambiente con viento

12.4.1 Cuando la temperatura ambiente sea mayor que 30°C o existan condiciones de viento que aceleren la evaporación del agua a una velocidad mayor que 1 kg/m² x h, además de aplicar algunos de los materiales de curado indicados en 12.2, se deben colocar sobre las superficies expuestas del hormigón protecciones especiales que den sombra, pantallas que corten el viento, lloviznas que humedezcan el ambiente, etc., desde antes del hormigonado.

12.4.2 El período total de protección y curado debe aumentarse en un 50% con respecto a los casos corrientes.

NOTA - Ver anexo F - Hormigonado en tiempo seco y caluroso.

12.5 Protección y curado en ambiente agresivo

12.5.1 Cuando el hormigón pueda quedar expuesto a la acción de ambientes agresivos tales como sales, aguas salinas, etc., se debe mantener la protección utilizada durante la colocación del hormigón.

12.5.2 Como materiales de curado que se aplican de inmediato, se puede elegir alguno de los indicados en 12.2 siempre que no altere la protección.

12.5.3 El período total de protección y curado debe aumentarse en a lo menos 50% con respecto a los casos corrientes.

NOTA - Ver anexo G - Recomendaciones para hormigonado en ambientes agresivos.

13 Desmolde y descimbre

13.1 Generalidades

13.1.1 El retiro de los moldajes debe realizarse sin producir sacudidas, choques ni destrucción de aristas, esquinas o la superficie del hormigón.

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

13.1.3 En general el descimbre depende de la resistencia que tenga el hormigón y de las características de los elementos estructurales.

13.2 Plazos de desmolde y descimbre

13.2.1 En casos corrientes, los plazos de desmolde y descimbre deben ser mayores o iguales que los indicados en la tabla 14.

Tabla 14 - Plazos mínimos para desmolde y descimbre en casos corrientes, días

Moldajes	Cemento grado	
	Corriente	Alta resistencia
Costados de muros, vigas o elementos no solicitados	2	1
Costados de pilares o elementos solicitados por peso propio o cargas externas	5	3
Fondos, cimbras, puntales y arriostramientos de vigas y losas siempre que no estén cargados	16	10

13.2.2 En casos especiales, cuando la temperatura ambiente sea menor que 5°C, los plazos mínimos indicados en la tabla 14 se deben empezar a contar una vez finalizados los plazos de protección indicados en 12.3.1.

13.2.3 No obstante, los plazos de descimbre pueden disminuirse cuando:

- la resistencia de probetas especiales curadas en las condiciones de la obra haya alcanzado la resistencia especificada f_c cuando la estructura debe soportar cargas de inmediato o se tenga un porcentaje suficiente de f_c cuando sólo sea para efectuar operaciones que no produzcan cargas;
- se disponga de un reapuntalado planificado en tal forma que no existan áreas críticas sin un soporte adecuado;
- el desmolde se haga sin producir deterioros en el hormigón;
- lo autorice el proyectista estructural.

14 Ensayos

14.1 Ensayos del hormigón fresco

14.1.1 Frecuencia de muestreo

Se recomienda establecer la frecuencia mínima de muestreo según la tabla 15, de acuerdo con el volumen de hormigón de la obra y la resistencia especificada.

Tabla 15 - Frecuencia mínima de muestreo

Ensayos	Volumen de hormigón de la obra				
	< 500 m ³		≥ 500 m ³		
	Resistencia especificada, f _c MPa				
	< 15	≥ 15	< 15	15 - 30	> 30
Docilidad (diaria)	1	1	2	3	3
Densidad y rendimiento (mínimo)	1	1	1 cada		
			400 m ³	300 m ³	200 m ³
Contenido de aire ^{*)} (mínimo)	-	2	1 cada		
			-	75 m ³	50 m ³
Uniformidad según NCh1789 (mínima)	1		1 cada 500 m ³		

*) El ensayo de contenido de aire es obligatorio cuando se empleen aditivos incorporadores de aire.

14.1.2 Extracción de muestras

Efectuar de acuerdo con NCh171.

14.1.3 Control de la docilidad mediante el asentamiento de cono

- Efectuar de acuerdo con NCh1019.
- Aceptar la docilidad del hormigón cuando esté dentro de las tolerancias que indica la tabla 16.

Tabla 16 - Tolerancias en el control del asentamiento

Asentamiento de cono, cm	Tolerancia, cm
≤ 2	± 1
3 a 9	± 2
≥ 10	± 3

NCh170

14.1.4 Densidad aparente y rendimiento

- a) Efectuar de acuerdo con NCh1564.
- b) Aceptar como densidad correcta si el valor no se aleja en $\pm 2\%$ de la densidad teórica presupuestada en la dosificación.
- c) Aceptar como rendimiento correcto, si la dosis de cemento calculada no se aleja en $\pm 2\%$ de la establecida en la dosificación.

14.1.5 Contenido de aire

- a) Efectuar de acuerdo con la norma respectiva.
- b) Cuando se usen aditivos incorporadores de aire, aceptar el contenido de aire cuando se cumpla con la Especificación Particular de la Obra con una tolerancia del porcentaje de $\pm 1,5$.

14.1.6 Uniformidad

Efectuar de acuerdo con NCh1789.

14.2 Ensayos del hormigón endurecido

14.2.1 Frecuencia de muestreo

El plan de muestreo y los ensayos de control de calidad del hormigón endurecido se harán conforme con la norma respectiva.

14.2.2 Confección de probetas

- a) Efectuar de acuerdo con NCh1017.
- b) Confeccionar en cada muestra a lo menos dos probetas gemelas para el ensayo a 28 días, o las especificadas para otras edades.

14.2.3 Ensayo de probetas

- a) Resistencia a compresión : efectuar de acuerdo con NCh1037.
- b) Resistencia a tracción por flexión: efectuar de acuerdo con NCh1038.
- c) Resistencia a tracción por hendimiento: efectuar de acuerdo con NCh1170.

14.2.4 Extracción de testigos

Efectuar de acuerdo a NCh1171.

14.2.5 Ensayo de testigos

- a) Resistencia a compresión: efectuar de acuerdo con NCh1037.
- b) Resistencia a tracción por flexión: efectuar de acuerdo con NCh1038.
- c) Resistencia a tracción por hendimiento: efectuar de acuerdo con NCh1170.

USO EXCLUSIVO MINVU

Anexo A

Factores de conversión para probetas de compresión

A.1 Generalidades

Las probetas de hormigón se rompen con diferentes tensiones según sus dimensiones y forma. Es necesario transformar los valores a los de las probetas cúbicas de dimensión básica de 200 mm, ensayada a los 28 días de edad.

Los valores que se recomienda, en general, son los propuestos por la International Organization for Standardization (ISO) en su documento ISO TC 71.69.

A.2 Condiciones de aplicación

A.2.1 Las probetas deben ser confeccionadas y curadas según NCh1017.

A.2.2 Los ensayos deben cumplir con NCh1037.

A.2.3 Al momento del ensayo, todas las probetas deben tener a lo menos 28 días de edad.

A.3 Probetas cúbicas

Las tensiones de rotura por compresión de probetas cúbicas de diferentes dimensiones pueden relacionarse según la siguiente expresión:

$$f_{200} = k_1 f_n$$

en que:

f_{200} = tensión de rotura del cubo de 200 mm;

f_n = tensión de rotura del cubo de n mm;

k_1 = coeficiente indicado en la tabla 17.

Tabla 17 - Factor de conversión para probetas cúbicas de diferentes dimensiones

N mm	100	150	200	250	300
k_1	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10

A.4 Probetas cilíndricas

Las tensiones de rotura por compresión de probetas cilíndricas de diferentes dimensiones y relación $h = 2d$, cumple la expresión:

$$f_{150} = k_2 f_n$$

en que:

f_{150} = tensión de rotura del cilindro $d = 150$ mm;

f_n = tensión de rotura del cilindro $d = n$ mm;

k_2 = coeficiente indicado en la tabla 18.

Tabla 18 - Factor de conversión para probetas cilíndricas de diferente dimensión y relación $h = 2d$

n mm	100	150	200	250	300
k_2	0,98	1,00	1,03	1,05	1,09

A.5 Probetas cúbicas y probetas cilíndricas

Los valores de resistencia a la compresión de cubos de 200 mm y cilindros de 150 mm pueden relacionarse según la fórmula:

$$f_c = k_3 f_{cil}$$

en que:

f_c = resistencia sobre probetas cúbicas;

f_{cil} = resistencia sobre probetas cilíndricas;

k_3 = coeficiente indicado en la tabla 19.

Tabla 19 - Factor de conversión para las probetas preferidas en formas cúbicas y cilíndricas

f_c kgf/cm ²	f_c MPa	k_3	f_{cil} kgf/cm ²	f_{cil} MPa
50	5	1,25	40	4
100	10	1,25	80	8
150	15	1,25	120	12
200	20	1,25	160	16
250	25	1,25	200	20
300	30	1,20	250	25
350	35	1,17	300	30
400	40	1,14	350	35
450	45	1,13	400	40
500	50	1,11	450	45
550	55	1,10	500	50
600	60	1,09	550	55

- a) Se interpolan linealmente los valores de la tabla 19.
- b) De acuerdo con NCh31/3 - ISO 31/3, 1 kgf = 9,806 65. Para los efectos de esta norma se ha considerado:

$$1 \text{ kgf} \approx 10 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf/cm}^2 \approx 0,1 \text{ MPa}$$

Anexo B

Elección del grado del hormigón y correspondencia aproximada con norma anterior

B.1 Introducción

B.1.1 El objetivo de este anexo es:

- sugerir grados de resistencia para los usos más corrientes;
- indicar la correspondencia aproximada entre los grados de hormigón de la presente norma y las clases de hormigón A - B - C - D y E especificadas en la norma NCh170.Of52.

B.2 Elección del grado del hormigón

B.2.1 La elección del grado del hormigón de un proyecto requiere tener en consideración, entre otros, los siguientes factores:

- condiciones de servicio: solicitaciones mecánicas, exposición y situaciones especiales;
- condiciones de armaduras de refuerzo: sin armar, armadura corriente, pretensados;
- tipo de elemento estructural: cimientos, losas, prefabricados, etc.

B.2.2 La tabla 20 es un esquema que puede servir de guía para la elección de grados de resistencia del hormigón.

Tabla 20 - Elección del grado del hormigón

Grados de hormigón	Solicitación y exposición	Elementos estructurales		
		En masa	Armados	Pretensados
H5	Elementos poco solicitados y sin peligro de heladas	Cimientos corridos, emplantillados, etc.	-	-
H10	Elementos poco solicitados y con peligro de heladas	Muros de contención, radieres	-	-
H15 - H20	Elementos medianamente solicitados y con peligro de heladas	Elementos corrientes de la construcción, pavimentos, prefabricados		
H20 - H35	Elementos altamente solicitados con o sin peligro de heladas			
> H35	Elementos altamente solicitados con o sin peligro de heladas	-	Elementos especiales de la construcción, prefabricados en taller	

B.2.3 La elección del grado del hormigón mayor que H35 que demanda altas dosis de cemento, exige entre otras precauciones, la aplicación de sistemas de curado inmediato y más prolongado para contrarrestar los posibles riesgos de fisuraciones por retracción.

B.3 Correspondencia aproximada con la norma del año 1952

B.3.1 La norma NCh170.Of52 clasifica el hormigón, basándose en la resistencia de compresión mínima a 28 días en probeta cúbica, en las clases A - B - C - D - E, sin considerar las dispersiones de fabricación y muestreo, siguiendo un criterio determinístico.

B.3.2 La presente norma establece que el hormigón se clasifique, basándose en la resistencia característica de compresión a 28 días en probetas cúbicas, en grados de H5 a H50, considerando las dispersiones de fabricación y muestreo, conjuntamente con la aceptación de un nivel de confianza, siguiendo un criterio probabilístico.

B.3.3 Para los fines de aceptación del hormigón, ambas clasificaciones no son comparables. Sin embargo, es posible indicar una correspondencia aproximada entre ellas al conocer los resultados obtenidos por la experiencia en el control de las obras nacionales por distintos laboratorio y aplicables a aquellos resultados el criterio probabilístico.

B.3.4 La tabla 21 muestra los valores promedios de resistencias medias (\bar{X}) y desviaciones estándares (σ) que se han registrado en obras nacionales. La última columna de las resistencias características (f_c) a que habrían llegado los hormigones de esas obras considerando niveles de confianza del 80; 90 y 95%.

Tabla 21 - Valores promedios para las clases de hormigón de la norma NCh170.Of52

Clases de hormigón según NCh170.Of52		Valores promedios, kgf/cm ²				
		Resistencia media	Desviación estándar	Resistencia característica f_c para los niveles de confianza indicados		
Designación	Resistencia mínima kgf/cm ²	\bar{X}	σ	80%	90%	95%
A	120	150	30	125	110	100
B	160	190	35	160	145	130
C	180	222	41	190	170	155
D	225	277	48	235	215	200
E	300	346	51	300	280	260

B.3.5 Al considerar las desviaciones estándares y expresar los resultados como resistencias características, se ha considerado que los hormigones estaban cumpliendo en promedio con un nivel de confianza del 80%.

Anexo C (Informativo)

Recomendaciones para dosificación del hormigón

C.0 Introducción

El objetivo de este anexo es recomendar procedimientos para dosificar el hormigón para los fines de cumplir con la resistencia especificada, y para estimar la resistencia media de dosificación, f_r .

C.1 Nivel de confianza

El nivel de confianza, definido en 3.15 de NCh170, se debe establecer de acuerdo con lo prescrito por la norma de hormigón armado, o por la especificación particular de la obra.

C.2 Procedimiento para dosificar

C.2.1 El cálculo de la dosificación para cumplir con la norma debe basarse en la resistencia media de dosificación f_r considerando los materiales disponibles, sea mediante muestras de prueba, relaciones empíricas o tablas.

La resistencia media requerida o de dosificación, f_r , es el valor medio estimado de los resultados de la resistencia mecánica que se necesita alcanzar para satisfacer la resistencia especificada. Para su evaluación ver C.3.

C.2.2 Razón agua/cemento para resistencia media de dosificación

La resistencia de compresión f_r , expresada en rotura de probetas cúbicas de 200 mm de arista y 28 días de edad, permite estimar la proporción agua/cemento en peso y referida a la condición de áridos saturados de superficie seca, mediante los valores de la tabla 3 del cuerpo de la norma.

C.2.3 Proporción de los materiales

C.2.3.1 El 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, según la expresión:

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

en que:

C = volumen real de cemento en m^3 que es igual a la masa del cemento en kg dividido por la densidad real del cemento en kg/m^3 ;

NCh170

- W = volumen de agua de amasado en m³ necesario para la docilidad requerida según tabla 22;
- u = volumen de aire atrapado o intencionalmente incorporado en m³, que puede ser estimado en tabla 23;
- G = volumen real de la grava en m³, que es igual a la masa de la grava en kg dividida por la densidad real de la grava en kg/m³, con ambos valores correspondientes al estado saturado de superficie seca, o al estado seco;
- A = volumen real de la arena en m³, que es igual a la masa de la arena en kg dividida por la densidad real de la arena en kg/m³, con ambos valores correspondientes al estado saturado de superficie seca, o al estado seco.

C.2.3.2 Los aditivos solubles o líquidos se consideran como parte del agua de amasado. Las condiciones tienen el mismo tratamiento que los áridos.

C.2.3.3 La estimación de la cantidad de agua para hormigones con materiales corrientes, considerando los áridos con humedad correspondiente al estado de saturado de superficie seca, puede hacerse según los valores propuestos en la tabla 22.

Tabla 22 - Volumen estimado de agua de amasado (m³)

Tamaño máximo nominal, mm	Docilidad según descenso de cono, cm				
	0 - 2	3 - 5	6 - 9	10 - 15	16
63	0,135	0,145	0,155	0,165	0,170
50	0,145	0,155	0,165	0,175	0,180
40	0,150	0,160	0,170	0,180	0,185
25	0,170	0,180	0,190	0,200	0,205
20	0,175	0,185	0,195	0,205	0,210
12	0,185	0,200	0,210	0,220	0,230
10	0,190	0,205	0,215	0,230	0,240

NOTA - La dosis de agua de amasado estimada tiene que ser ajustada en mezclas de prueba para cumplir con la docilidad requerida para la obra. Para esto, tiene que considerarse los aditivos plastificantes si están especificados, la proporción y la forma de los áridos.

C.2.3.4 La cantidad promedio de aire atrapado o intencionalmente incorporado se estima como sigue:

- a) en hormigones corrientes, el aire atrapado se toma de los valores de la tabla 23.

Tabla 23 - Aire promedio atrapado m³

Tamaño máximo nominal, mm	Volumen medio de aire atrapado, m ³
63	0,003
50	0,005
40	0,010
25	0,015
20	0,020
12	0,025
10	0,030

- b) En hormigones con aditivos incorporadores de aire, el valor promedio del aire intencionalmente incorporado se toma de los valores dados en la tabla 6 del cuerpo de la norma.

C.2.3.5 Para estimar la proporción de los áridos debe atenderse a las prescripciones dadas en 5.8 del cuerpo de la norma.

C.2.4 Mezclas de prueba

C.2.4.1 Es recomendable con la dosificación calculada verificar la calidad y proporción de los materiales empleados. La resistencia de estos hormigones debe ser igual o mayor que la resistencia media de dosificación. Los ensayos deben hacerse en muestras de prueba según NCh1018.

C.2.4.2 Es recomendable que se realicen también mezclas de prueba en la obra con la dosificación calculada empleando los materiales, equipos y personal a usar en la construcción. La resistencia media de estos hormigones debe ser igual o mayor que la resistencia media de dosificación. Los ensayos deben hacerse en muestras según NCh1017.

C.3 Estimación de la resistencia media requerida

C.3.1 La resistencia media del hormigón, tiene que ser mayor que la resistencia especificada en el proyecto, f_c , para absorber la diferencia aleatoria que se origina en las variaciones propias del proceso de fabricación (equipos, materiales, etc.), del muestreo o de los ensayos.

C.3.2 La resistencia media requerida se calcula según la expresión:

$$f_r = f_c + t \cdot s \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

C.3.2.1 Se recomienda adoptar el factor t , expresado en función del nivel de confianza especificado según tabla 24.

Tabla 24 - Factor estadístico t

Nivel de confianza, %	t
95	1,645
90	1,282
85	1,036
80	0,842

C.3.2.2 Se recomienda adoptar el valor s , como sigue:

Procedimiento 1

Cuando se tienen antecedentes del mismo contratista, trabajando en condiciones similares a las de la obra que se inicia, elegir el valor s según tabla 25.

Tabla 25 - Valor estimado

Condiciones previstas para la ejecución de la obra	s MPa	
	$\leq H 15$	$> H 15$
Regulares	8,0	-
Medias	6,0	7,0
Buenas	4,0	5,0
Muy buenas	3,0	4,0

NOTA - Para los efectos de esta recomendación se entiende que las condiciones previstas de ejecución quedan definidas por los siguientes aspectos generales:

Muy buenas: dosificación en peso; laboratorio de faena con personal especializado en la ejecución de los controles mencionados, en forma permanente y sistemática.

Buenas: Dosificación en peso o en volumen controlado y aplicación de los controles mencionados, en forma permanente y sistemática.

Medias: dosificación en volumen controlado, controles de humedad y esponjamiento de áridos, control de asentamiento de cono y control del rendimiento de la dosis de cemento, en forma esporádica.

Regulares: cuando se realiza un control inferior a los mencionados, y sólo en el caso de hormigones de grado $\leq H15$.

Procedimiento 2

Cuando no se disponga de resultados ni de antecedentes del contratista, para cualquier nivel de resistencia especificada del proyecto, adoptar el valor:

$$s \geq 8,0 \text{ MPa}$$

USO EXCLUSIVO MINVU

Anexo D (Informativo)

Hormigonado con bajas temperaturas

D.0 Introducción

D.0.1 Si el hormigón fresco es sometido a temperaturas inferiores a 0°C, sufre en su resistencia mecánica y durabilidad aunque posteriormente se mantenga a temperaturas normales. La expansión del agua al congelarse desintegra el hormigón y la baja temperatura disminuye la reacción química entre el agua y el cemento.

D.0.2 Cuando la localización de una obra en particular o la época del año en que se van a efectuar las etapas de hormigonado indique la posibilidad de bajas temperaturas se deben programar las protecciones necesarias y suficientes con la anticipación requerida en base a las previsiones deducidas del registro de temperaturas.

D.1 Alcance y campo de aplicación

D.1.1 Este anexo establece los procedimientos recomendables para efectuar el hormigonado con bajas temperaturas a fin de obtener un material suficientemente resistente y durable.

D.1.2 Este anexo se aplica cuando en los siete días previos al hormigonado hay uno o más días con temperatura media inferior a 5°C.

NOTAS

- 1) Se recomienda medir la temperatura del aire exterior en el sitio de la construcción y llevar un registro diario de temperaturas máximas y mínimas.
- 2) Para los fines de este anexo, se considera que la temperatura media diario es el promedio entre la máxima y la mínima del día.

D.2 Precauciones durante la elaboración

D.2.1 Temperatura de colocación del hormigón

Se recomienda que la temperatura del hormigón, en el momento de su colocación cumpla con los valores de la tabla 26.

Tabla 26 - Temperatura mínima de colocación del hormigón

Espesor del elemento hormigonado	Inferior a 0,30 m	Entre 0,30 y 0,90 m	Entre 0,90 y 1,80 m	Superior 1,80 m
Temperatura mínima de colocación del hormigón, °C	13	10	7	5

D.2.2 Temperatura de elaboración

Para cumplir con lo establecido en D.2.1, se recomienda que la temperatura del material en el interior de la hormigonera cumpla con los valores indicados en la tabla 27 en el caso de una obra corriente.

Tabla 27 - Temperatura mínima de elaboración del hormigón

Temperatura ambiente, °C	Temperatura de colocación, ° C			
	13	10	7	5
	Temperatura requerida en la hormigonera			
0 a 5	16	13	10	7
- 18 a 0	18	16	13	10
menor que - 18	21	18	16	13

Temperaturas sensiblemente mayores a las señaladas en la tabla 27 no producen una mayor protección del hormigón. El calor se disipa rápidamente y produce rigidización prematura del hormigón, agrietamientos y otros efectos indeseables.

D.2.3 Procedimiento para obtener la temperatura en la hormigonera

a) Calentamiento del agua

Es el método preferido por ser fácil y efectivo. La temperatura del agua debe ser inferior a 60 °C.

Se deben establecer los controles necesarios para obtener temperaturas uniforme en todas las amasadas.

b) Calentamiento de los áridos

En caso de temperatura ambiente muy baja, puede ser necesario completar el procedimiento a) con el calentamiento del árido fino o inclusive el calentamiento de todos los áridos.

Los áridos se deben calentar con vapor de agua y se prohíbe el uso de calor seco. Se procurará obtener una temperatura uniforme de la amasada inferior a 40°C.

La hormigonera se debe cargar con el agua y los áridos. El cemento se debe vaciar posteriormente, cuando haya una temperatura mayor o uniforme dentro de la hormigonera, conforme a los señalado en la tabla 27.

c) Otros

Se aceptarán otros procedimientos que produzcan efectos similares a los que se obtienen en a) y b).

D.2.4 Hormigones expuestos a ciclos de congelación y deshielo

En los hormigones expuestos a ciclos de congelación y deshielo se deben emplear aditivos incorporadores de aire.

D.3 Precauciones en la preparación del sitio de colocación

Además de cumplir con lo prescrito en el cuerpo de la norma, se debe eliminar todo material congelado o restos de hielo, adheridos al hormigón, moldaje, armaduras, etc. Se deben colocar las protecciones necesarias para evitar la formación de hielo, entrada de nieve y facilitar la calefacción del ambiente.

D.4 Protecciones

D.4.1 Generalidades

Las protecciones del hormigón se deben efectuar con los materiales y equipos adecuados y los procedimientos necesarios para mantener todo el volumen del hormigón a una temperatura uniforme que cumpla con tabla 26.

Se debe proteger especialmente los lugares más expuestos (aristas, salientes, etc.).

En general las protecciones deben aplicarse antes de iniciar la colocación. Sólo se exceptúan las protecciones que irán en contacto directo con las superficies expuestas del hormigón. Estas protecciones se deben colocar a medida que las superficies expuestas vayan siendo terminadas.

D.4.2 Procedimientos

a) Aislación térmica

Una adecuada aislación térmica, permite aprovechar el calor desarrollado en la hidratación del cemento. Es necesario colocar capas protectoras de material aislante térmico en contacto directo con el hormigón y de un espesor adecuado a las condiciones de temperatura ambiente. Es importante que la protección mantenga su calidad aislante en presencia de humedad. Para este efecto se usan telas (mantas o frazadas industriales, esteras) o láminas de materiales aislantes térmicos, que envuelvan las superficies expuestas y los moldajes por todas sus caras.

En caso de temperaturas muy bajas, presencia de nieve y/o viento será necesario recurrir además al uso de estructuras provisionarias (madera, lonas, placas de yeso) con la estabilidad adecuada para soportar las sollicitaciones correspondientes.

b) Calefacción

El espacio bajo las estructuras provisionarias de protección indicadas en a), podrá calefaccionarse por calor húmedo cuyos generadores se ubican en el interior.

Se prohíbe el uso de fogatas, estufas y similares en el interior que producen concentración del calor y gases carbónicos.

D.4.3 Período de protección

D.4.3.1 Debe cumplirse con los plazos especificados en el cuerpo de la norma.

D.4.3.2 En elementos cargados, especialmente en el caso de elementos soportantes esbeltos (losas, vigas, pilares), se recomienda determinar los plazos de protección en base a controles de resistencia. Al efecto, para cada etapa de hormigonado se deben confeccionar a lo menos seis probetas especiales de acuerdo con A.2.1 de NCh1017, y establecer un plan de ensayos para trazar la curva edad-resistencia correspondiente.

D.4.3.3 Cuando de acuerdo con la curva se cumplan las resistencias mínimas indicadas en la tabla 13 del cuerpo de la norma, se puede autorizar el retiro de protecciones.

D.5 Desmolde

Los plazos de desmolde deben cumplir con 13.2.2 del cuerpo de la norma.

USO EXCLUSIVO

Anexo E (Informativo)

Hormigonado en tiempo seco y caluroso

E.0 Introducción

E.0.1 Las rápidas pérdidas del agua de amasado por evaporación y/o la alta temperatura del hormigón fresco al ser vaciado en los moldes producen alteraciones de las propiedades del hormigón fresco y, posteriormente, hormigón endurecido. Los efectos principales pueden ser los siguientes:

- a) necesidad de aumentar la dosis de agua para alcanzar la docilidad requerida;
- b) en hormigones con aire incorporado, necesidad de aumentar la dosis de aditivo para obtener el contenido de aire requerido;
- c) aceleración del fraguado, disminuyendo el tiempo disponible para las operaciones de transporte, colocación, compactación y terminación;
- d) tendencia a la fisuración y/o deformación de los elementos de hormigón;
- e) disminución de las resistencias mecánicas, aún cuando los resultados a edad temprana puedan resultar mayores;
- f) disminución de la durabilidad del hormigón.

E.0.2 Las causas más comunes de estas alteraciones pueden ser:

- a) alta temperatura ambiente;
- b) baja humedad relativa del ambiente;
- c) alta temperatura del hormigón;
- d) alta velocidad del viento en contacto con el hormigón;
- e) proporciones entre el volumen del hormigón y las superficies la disipación de calor.

La acción simultánea de las causas a); b); c) y d) indicadas, se pueden evaluar mediante el gráfico de la figura 1.

El conocimiento de los procesos y de sus causas permite dar oportunas soluciones en obra, aunque hay oportunidades en que resulta más económico postergar el período de hormigonado.

E.1 Alcance y campo de aplicación

E.1.1 Este anexo establece recomendaciones prácticas a seguir durante el hormigonado cuando se produzca una situación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa, alta temperatura del hormigón, fuertes vientos o combinación de estos factores que pueda inducir una evaporación igual o mayor que 1 kg de agua por m² por hora. Esta situación es previsible cuando la temperatura ambiente a la sombra es igual o superior a 35°C.

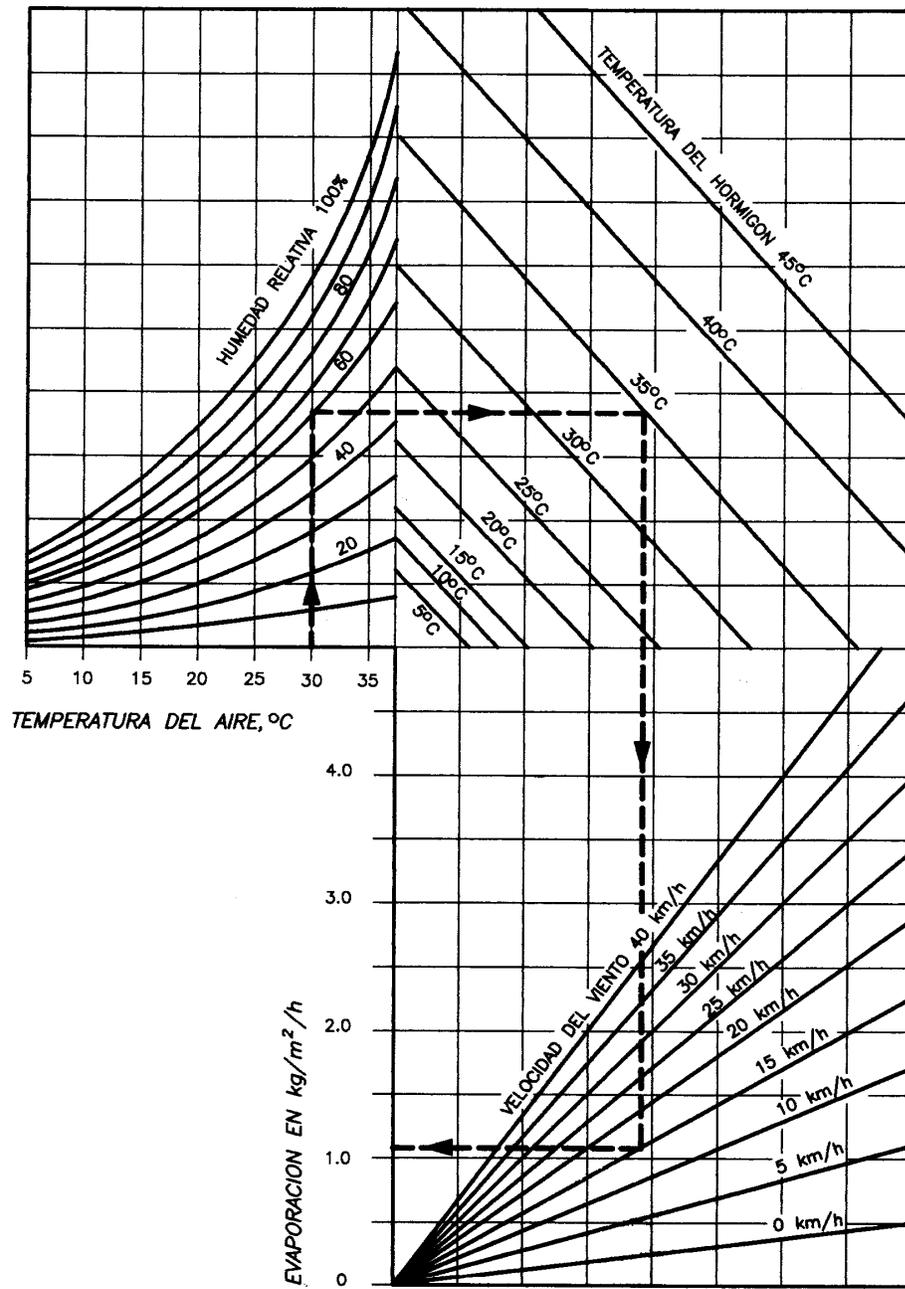


Figura 1 - Efecto de la temperatura del aire y del hormigón, la humedad relativa y la velocidad del viento sobre la evaporación en el hormigón

E.1.2 Estas recomendaciones adquieren mayor importancia cuando se hormigonan pavimentos, losas, paneles prefabricados y elementos laminares similares; en elemento masivos (elementos cuya menor dimensión es igual o superior a 0,80 mm) y en elementos estructurales de deformaciones restringidas, en los que el enfriamiento estacional puede originar agrietamiento a largo plazo.

E.1.3 Se excluye el caso de altas temperaturas en curados húmedos especiales (por ejemplo: curado al vapor).

E.2 Precauciones durante la elaboración

E.2.1 Temperatura de colocación del hormigón

- a) Para el hormigonado de elementos corrientes se recomienda que la temperatura del hormigón en el momento de colocación no exceda de 30°C. Un valor más preciso puede obtenerse del gráfico de la figura 1.
- b) Para hormigonado de elementos masivos en los cuales además de los factores señalados en E.1.1 comienza a incidir el calor de hidratación del cemento, se recomienda que la temperatura del hormigón en el momento de colocación no exceda de 16°C. Es recomendable en estos casos establecer en las Especificaciones Particulares de la Obra algunas medidas especiales como:
 - empleo de cementos con bajo calor de hidratación (menor que 70 cal/g a siete días).
 - limitar la dosis de cemento.

E.2.2 Temperatura de elaboración

Para cumplir con E.2.1 la temperatura del hormigón a la salida de hormigonera debe estar entre 10°C y 16°C para elementos corrientes y entre 5°C y 10°C para elementos masivos.

Temperaturas sensiblemente inferiores a las indicadas no producen una mayor protección del hormigón. Una diferencia muy grande entre la temperatura del hormigón y la del ambiente puede producir efectos indeseables.

E.2.3 Procedimientos para obtener la temperatura en la hormigonera

E.2.3.1 Cada componente contribuye a la temperatura del hormigón fresco en relación con su propia temperatura, su calor específico y su proporción en la mezcla.

E.2.3.2 La temperatura del hormigón fresco a la salida de la hormigonera se puede calcular con:

$$T_h = \frac{0,22 (T_a M_a + T_c M_c) + T_{al} + T_{aa} M_{aa}}{0,22 (M_a + M_c) + M_{al} + M_{aa}}$$

en que:

- T_h = temperatura estimada del hormigón fresco, °C;
- $T_a, T_c, T_{al}; T_{aa}$ = temperatura de los áridos, el cemento, el agua libre de los áridos y el agua de amasado agregada, respectivamente, °C;
- $M_a; M_c; M_{al}, M_{aa}$ = masas de los áridos, el cemento, el agua libre de los áridos y el agua de amasado agregada respectivamente, kg.

Por ejemplo, si consideramos un hormigón con 340 kg de cemento, 1 800 kg de áridos (sin agua libre) y 180 kg de agua de amasado, y la temperatura del cemento y los áridos es de 30° en tanto que la del agua de amasado es de 15°C, aplicando estos valores a la fórmula tendremos la expresión y resultado siguientes:

$$T_h = \frac{0,22 (30 \times 1800 + 30 \times 340) + 15 \times 180}{0,22 (1800 + 340) + 180} = 25,85 \text{ °C}$$

E.2.3.3 El procedimiento más fácil y efectivo es enfriar el agua de amasado. Al efecto se recomienda:

- a) Proteger estanques y tuberías de la exposición directa al sol: enterrar, aislar térmicamente, sombrear, recubrir con arpilleras humedad, pintar de blanco, etc.
- b) Agregar hielo triturado o en escamas al agua de amasado, asegurándose que esté completamente derretido al descargar la hormigonera. Es necesario substituir aproximadamente 5 kg de agua por igual cantidad de hielo para bajar en 1°C la temperatura de 1 m³ de hormigón.

E.2.3.4 Los acopios de áridos deben mantenerse húmedos mediante rociados periódicos, ya que la evaporación es un proceso efectivo de enfriamiento, especialmente cuando la humedad relativa es baja.

E.2.4 Mezclado

E.2.4.1 Debe evitarse el mezclado prolongado, ya que esta operación genera calor, aún en bajas velocidades del mezclador. Si la demora es inevitable, el efecto puede disminuirse deteniendo la hormigonera y agitando intermitentemente.

E.2.4.2 Las hormigoneras pueden protegerse de la exposición directa al sol mediante sombras, recubriéndose con arpilleras húmedas o pintándolas de blanco.

E.3 Precauciones en la preparación del sitio de colocación

E.3.1 Los moldajes, armaduras, sub-bases y toda otra superficie o elemento que vaya a quedar en contacto con el hormigón fresco deben ser rociados con agua fría antes de colocar el hormigón, evitando formar pozas de agua.

NCh170

E.3.2 En todos los casos el sitio de colocación debe estar provisto con abundante abastecimiento de agua, mangueras y nebulizadores.

E.3.3 Es recomendable disponer de protecciones tales como sombras y cortavientos.

E.4 Precauciones en el transporte, colocación y compactación

E.4.1 Se recomienda restringir las operaciones de hormigonado a aquellas horas en que las condiciones de temperatura, humedad relativa y viento sean las menos desfavorables.

E.4.2 Los equipos de transporte pueden protegerse de la exposición directa al sol mediante sombras, recubriéndolos con arpilleras húmedas o pintándolos de blanco.

E.4.3 A fin de evitar retrasos que implican pérdidas de docilidad y aumento de la temperatura, debe disponerse del personal y equipo necesarios para:

- a) transportar el hormigón inmediatamente de elaborado;
- b) colocar y compactar el hormigón en forma continua y tan rápida como sea posible.

E.4.4 Debe tenerse especial cuidado para evitar las juntas frías. Al efecto la colocación en muros puede requerir capas de menor espesor para asegurar la continuidad con la capa subyacente.

E.5 Precauciones en la terminación

E.5.1 La terminación debe efectuarse inmediatamente y en el menor tiempo posible mientras la mezcla obedezca a la operación con las herramientas o equipos de terminación disponibles.

E.5.2 En tiempo caluroso y seco se prohíbe agregar agua o mezcla fina de terminación.

E.5.3 El secado superficial rápido genera grietas de retracción plástica. Este agrietamiento puede evitarse aumentando la humedad relativa del aire mediante nebulizadores o cubriendo el hormigón provisoriamente con arpilleras húmedas.

Cuando aparezcan grietas superficiales durante la etapa plástica del hormigón se deben eliminar mediante replatachado o revibrado.

E.6 Precauciones en el curado

E.6.1 La protección y el curado en tiempo caluroso y seco adquieren mayor relevancia. Por esta razón el curado debe aplicarse inmediatamente y continuarse en forma ininterrumpida.

E.6.2 Curado de superficies moldeadas

E.6.2.1 Los moldajes no pueden considerarse un sustituto satisfactorio del curado en tiempo caluroso. Deben soltarse tan pronto como sea posible sin dañar el hormigón y

entonces regar las superficies expuestas de modo que el agua corra dentro de los moldajes. Los moldajes de madera deben rociarse con agua mientras estén colocados, ya que de otro modo absorberán parte del agua de amasado.

E.6.2.2 Al retirar los moldajes, las superficies descubiertas deben recubrirse con protecciones húmedas (por ejemplo: arpilleras). Al finalizar el curado se deben dejar estas protecciones sin mojar durante varios días a fin de que el hormigón seque lentamente.

E.6.3 Curado de superficies expuestas

E.6.3.1 El curado de superficies expuestas debe comenzar tan pronto como estén terminadas y continuarse por lo menos 24 h. Durante este tiempo caluroso y seco es preferible el curado húmedo continuo, especialmente durante las primeras horas. Si no se continúa con el curado húmedo después de 24 h, las superficies expuestas del hormigón deben protegerse de la circulación del aire y de la radiación solar aplicando papel de curado o láminas de plástico reflectantes mientras las superficies aún están húmedas.

E.6.3.2 También pueden aplicarse compuestos de curado pigmentados de blanco. Es preferible aplicar estos compuestos en tiempo caluroso y seco después de 24 h de curado húmedo. Si esto no es posible, el compuesto debe aplicarse inmediatamente después de la terminación de la superficie expuesta del hormigón, cuando aún esté húmeda.

E.6.4 Agua de curado

En el hormigón endurecido y, en particular, en grandes superficies expuestas, el agua de curado no debe estar excesivamente más fría que el hormigón a fin de minimizar las grietas causadas por tensiones debidas a cambios de temperatura.

E.7 Aditivos

Los aditivos deben ensayarse antes de iniciar la construcción en mezclas de prueba con los materiales y bajo las condiciones particulares de la obra, incluida la temperatura, a fin de determinar su compatibilidad con los componentes básicos del hormigón y su capacidad para producir bajo dichas condiciones un hormigón de las propiedades requeridas.

Anexo F
(Informativo)

Hormigonado bajo agua

F.0 Generalidades

Las estructuras de hormigón que durante su servicio queden total o parcialmente sumergidas en agua, tales como obras marítimas (muelles, varaderos, etc.), obras fluviales (puentes, tajamares, vertederos, etc.), y obras en general con niveles ubicados bajo la napa de agua subterránea (fundaciones, subterráneos, etc.), presentan dificultades para su ejecución.

En general, las alternativas para enfrentar esta situación son: hormigonar bajo agua; desecar el lugar para hormigonar en seco, o prefabricar la estructura en seco para instalarla posteriormente en el lugar definitivo.

F.1 Alcance y campo de aplicación

F.1.1 El presente anexo entrega las recomendaciones generales a seguir cuando se ejecute una faena de hormigonado bajo agua.

F.1.2 Es posible efectuar el hormigonado bajo agua cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- a) la velocidad de la corriente debe ser inferior a 3 m/min;
- b) la temperatura del agua debe ser superior a 5°C durante la colocación y el curado.

F.2 Dosificación

F.2.1 Además de lo indicado en el capítulo 5 del cuerpo de la norma, la dosificación debe ser compatible con el método de colocación adoptado.

F.2.2 En general, los hormigones deben ser dosificados de modo que sean aptos para colocarse sin recurrir a métodos de compactación. Al efecto deben ser fluidos sin sufrir segregaciones, recomendándose un asentamiento de cono mayor que 15 cm.

F.2.3 Es imprescindible que la dosificación sea verificada en hormigones de prueba y que además se efectúen experiencias previas de colocación con los procedimientos y equipos adoptados.

F.2.4 Componentes de la dosificación

F.2.4.1 Cemento

En general, deben emplearse dosis de cemento superiores a las usadas en condiciones normales, con un mínimo de 400 kg de cemento por m³ de hormigón elaborado.

F.2.4.2 Grava

La grava debe tener un tamaño máximo nominal compatible con el método de colocación que se adopte.

F.2.4.3 Arena

En general, se requieren dosis de arena superiores a las empleadas en hormigones corrientes.

F.2.4.4 Aditivos

Es recomendable emplear aditivos incorporadores de aire, aditivos plastificantes, u otros que se estimen adecuados.

F.3 Métodos de colocación

Existen varios métodos para colocar hormigones bajo agua, que se emplean dependiendo de las características particulares de aplicación. A continuación se enumeran los métodos más conocidos.

F.3.1 Tubo tolva

a) Equipos

Se usa un tubo cuyo extremo superior está conectado a una tolva sobre la cual se vierten las amasadas de hormigón fresco. El tubo debe tener un diámetro a lo menos igual a ocho veces el tamaño máximo nominal del árido, y no menor de 15 cm.

En general, los tubos son de acero, pero también pueden ser de goma, siendo conveniente usar uniones estancas.

La suspensión del tubo debe permitir un movimiento libre de la boca de descarga, tanto en dirección horizontal como vertical.

b) Procedimiento

El extremo inferior del tubo se taponea antes de sumergirlo hasta su posición de trabajo. Enseguida se llena el tubo con hormigón, de modo que el peso de material expulse al tapón, y el hormigón empiece a fluir hacia su lugar de colocación.

NCh170

El tubo debe mantenerse constantemente lleno de hormigón hasta el fondo de la tolva como mínimo. Cuando se vierte una amasada en la tolva, debe inducirse el flujo del hormigón levantando levemente la boca de descarga del tubo, pero manteniéndola siempre dentro del hormigón ya depositado.

c) Requisitos especiales

Normalmente se usa un tamaño máximo de áridos de 20 mm, pudiendo usarse hasta 40 mm en grandes amasadas con tubos de diámetro adecuado. En cualquier caso debe evitarse el uso de áridos de forma alargada.

F.3.2 Baldes

a) Equipos

Este método requiere el uso de baldes especiales provistos de un sistema de vaciado por el fondo, accionado hidráulicamente o mediante aire comprimido.

Es conveniente usar baldes de la mayor capacidad posible, no inferior a 2 m³.

Es necesario contar con una grúa u otro elemento similar, que permita bajar los baldes en forma controlada.

b) Procedimiento

El balde debe dejarse completamente lleno de hormigón y en forma muy lenta no debiendo ser abierto hasta que esté apoyado sobre la superficie en que debe ser vaciado.

La descarga debe ser hecha en la forma más cuidadosa posible, levantando el balde lentamente después que ha sido abierto. Antes de colocar una nueva capa de hormigón, la anterior debe estar endurecida.

F.3.3 Inyección

a) Equipos

En este método debe disponerse de un equipo de bombeo, un sistema de cañerías y eventualmente algún sistema de moldajes.

b) Procedimiento

Se coloca previamente los áridos de mayores dimensiones, ocupando un volumen confinado por moldajes, bordes de zanjas, o elementos estructurales colocados con anterioridad. Dentro de este volumen se deja inserto el sistema de cañerías por el que se bombea el mortero, el que fluye por entre los intersticios de los áridos ya colocados.

El sistema de cañerías se instala antes de la colocación de los áridos, y en lo posible se fija a los moldajes o a cualquier otro elemento adecuado para este fin. Es común utilizar para esto parrillas con barras de acero para hormigón armado. La inyección del mortero debe realizarse desde los puntos más bajos hacia arriba.

El bombeo puede efectuarse a través de un tubo flexible, y si el sistema de cañerías no ha sido fijado a otros elementos, puede retirarse a medida que se realiza la inyección.

Este sistema se aplica ventajosamente cuando se necesita dejar sistemas complejos de elementos insertos en la masa de hormigón, puesto que su ubicación prácticamente no se altera.

c) Requisitos especiales

La mezcla debe tener un fraguado retardado, para lo cual debe recurrirse al uso de aditivos.

El tamaño máximo nominal del árido deberá limitarse en función de los equipos de bombeo empleados.

F.3.4 Hormigón en sacos

a) Equipos

Este sistema requiere el uso de equipos corrientes de hormigonado, y de algún elemento que permita bajar los sacos de su lugar de colocación (grúa, huinche, etc.).

b) Procedimiento

El hormigón se introduce en sacos de arpillera o yute, los que son depositados en el fondo mediante una grúa u otro elemento similar. En determinados casos puede requerirse el apoyo de buzos para ayudar a la colocación.

Una manera de proceder consiste en llenar los sacos hasta la mitad con la mezcla amasada sin agua. De esta forma el cemento se hidrata lentamente, permitiendo un mayor tiempo para la colocación.

Otro procedimiento es el de llenar los sacos hasta los dos tercios de su capacidad con hormigón fresco, con una consistencia que permita la manipulación de éstos, los que una vez cerrados se bajan rápidamente hasta su ubicación definitiva.

El método de hormigonado en sacos tiene sus principales aplicaciones en la construcción de muros submarinos, bases de apoyo para elementos prefabricados, y protección de taludes submarinos. Sirve además para cubrir cañerías submarinas colocadas sobre el fondo, cuando no han sido dotadas de un revestimiento de lastre.

Anexo G (Informativo)

Recomendaciones para hormigonado en ambientes agresivos

G.0 El objetivo de este anexo es dar algunas recomendaciones especiales para ambientes agresivos que complementen lo dispuesto en 5.3.2; 10.4.4 y 5.7 de la norma.

G.1 La protección del hormigón contra el ataque de los sulfatos, o de otros elementos de carácter químico o similar, se logra fundamentalmente con una excelente calidad de su fabricación, alta densidad, homogeneidad, con una baja razón agua-cemento, y con el empleo de cementos adecuados. En este sentido, el aire incorporado es beneficioso, por cuanto permite reducir la razón agua-cemento mencionada.

G.2 Al hormigón sometido a ciclos de hielo y deshielo, o expuesto al contacto con agua o gases húmedos o a la acción de sustancias químicas descongelantes, se le debe incorporar aire en la cantidad especificada en 5.7 de la norma. En el caso de exposición severa, los valores indicados en la tabla 6 se pueden aumentar en una unidad porcentual.

G.3 El hormigón que deba ser impermeable, o vaya a estar expuesto a ciclos de hielo-deshielo, debe dosificarse de acuerdo con lo especificado en 5.3.2 de la norma.

G.4 La dosificación del hormigón que vaya a estar expuesto al contacto con soluciones que contienen sulfatos, debe ceñirse a los requisitos de la tabla 28.

Tabla 28 - Requisitos para hormigón expuesto a soluciones que contienen sulfatos

Exposición al sulfato	Sulfato soluble en agua (SO ₄) en el suelo, porcentaje por peso	Sulfato (SO ₄) en agua mg/l	Hormigón con áridos de peso normal
			Razón máxima de agua-cemento, por peso ^{*)}
Despreciable	0,00 - 0,10	0 - 150	-
Moderada †	0,10 - 0,20	150 - 1 500	0,50
Severa	0,20 - 2,00	1 500 - 10 000	0,45
Muy severa	Más de 2,00	Más de 10 000	0,40

*) Puede ser necesario usar una razón agua-cemento menor o una mayor resistencia para obtener la impermeabilidad del hormigón o como protección contra la corrosión de los elementos empotrados o congelamiento y deshielo.

† Agua de mar.

G.5 No debe usarse cloruro de calcio en la fabricación de hormigones que vayan a estar severa o muy severamente expuestos a soluciones que contienen sulfatos, tal como se establece en la tabla 28.

G.6 Para la protección contra los efectos de la corrosión, la concentración máxima de ión cloruro soluble en agua presente en el hormigón, a la edad de 28 días, proveniente del agua, los áridos, del cemento o de los aditivos, no debe exceder los límites de la tabla 29.

Tabla 29 -Contenido máximo de ion cloruro como protección contra la corrosión

Tipo de elemento	Contenido máximo de ion cloruro (Cl^-) soluble en agua en el hormigón, $kg\ Cl^-/m^3$
Hormigón pretensado	0,25
Hormigón armado	1,20

G.7 Cuando el hormigón armado vaya a estar expuesto a sales descongelantes, agua salobre, agua de mar, o a neblina proveniente de estas fuentes, su dosificación debe atenerse a lo establecido en 5.3.2 de la norma, y a las protecciones superficiales especificadas en la norma NCh430.

Anexo H (Informativo)

Juntas de hormigonado

H.0 Introducción

La estabilidad de una estructura está condicionada, además de la calidad del hormigón (resistencia, impermeabilidad, etc.) al monolitismo o continuidad permanente que debe tener todo elemento en sí y su unión con los otros elementos que conforman la estructura.

Para este efecto, las operaciones del hormigonado deben proyectarse para evitar la formación de separaciones entre secciones y cuando ellas se produzcan deben tratarse de acuerdo a las recomendaciones que se dan en el presente anexo. El no cumplimiento de ellas o la ejecución incorrecta dan origen a un punto débil de la estructura, quedando vulnerable a los ataques químicos, a las filtraciones, a los mismos, etc.

H.1 Definición

H.1.1 Juntas de hormigonado

Se entiende por junta de hormigonado, a la unión que se debe realizar durante el hormigonado para mantener la continuidad monolítica de dos secciones contiguas cuando se ha producido una interrupción que supera el período plástico del hormigón.

H.1.2 Juntas de proyecto

Se entiende por juntas de proyecto las separaciones permanentes que se deben dejar deliberadamente entre secciones de una estructura, ya sea para dilatación, contracción, u otras causas.

H.2 Alcance y campo de aplicación

H.2.1 Estas recomendaciones son aplicables a cualquier junta de hormigonado, sean:

- a) **Las predeterminadas**, fijadas según las exigencias del cálculo estructural, la estética y las condiciones de ejecución. Estas juntas corresponden a las previstas para finalizar el hormigonado de algún elemento o para terminar una jornada de trabajo.
- b) **Las imprevistas**, provocadas por eventuales e insubsanables desperfectos en maquinarias o equipos o por cambios no previsibles en el clima.

H.2.2 En los casos imprevistos el constructor debe agotar todos los medios tratando de llegar a las juntas predeterminadas. Cuando ello no sea posible, debe:

- a) dar aviso de inmediato al proyectista;
- b) registrar en el libro de obras las causales y motivos de la interrupción;
- c) aplicar estrictamente las presentes recomendaciones.

H.2.3 Quedan fuera del alcance de este anexo las juntas de proyectos.

H.3 Ubicación de las juntas de hormigonado

H.3.1 Las juntas de hormigonado se ubican, en general, perpendicularmente a las tensiones principales de compresión y en las zonas en que las tensiones de tracción o de corte son nulas o las menores posibles.

H.3.2 En muros y pilares

La junta de trabajo debe ser horizontal y ubicarse 0,2 ó 0,3 m más abajo del nivel inferior de los elementos horizontales o inclinados en que éstos se apoyan. Ver figuras 2 y 3.

H.3.3 En losas y vigas

Las juntas de hormigonado deben ubicarse aproximadamente a una distancia de un cuarto de la luz, pasado el apoyo, y su dirección inclinada a 45°. Ver figura 4.

H.3.4 En vano de muros

La junta de hormigonado debe ser horizontal y quedar mínimo 0,1 m más abajo del nivel superior del vano. Ver figura 5.

H.3.5 En cruces y encuentro de vigas

La junta debe ubicarse en la viga que se hormigonará posteriormente, a una distancia igual al doble del ancho de la viga que se está hormigonando. Ver figura 6.

H.4 Ejecución de las juntas de hormigonado

H.4.1 Formación de la junta

El hormigonado de la capa o zona final que da origen a una junta de hormigonado debe ser realizado teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) el hormigón debe ser colocado con el menor asentamiento de cono que sea posible;
- b) la compactación debe realizarse hasta el extremo final;
- c) la superficie de terminación debe ser lo más regular posible, evitando los excesos de lechada y mortero en los casos de juntas de corte horizontal.

H.4.2 Preparación de la junta

H.4.2.1 Tratamiento de juntas de hormigón joven.

Una junta de hormigón joven se realiza cuando se une el nuevo hormigón con una capa de hormigón que tiene entre 4 y 12 horas de colocación, o de 12 a 24 horas si se ha trabajado con algún aditivo retardador de fraguado.

La preparación de esta junta consiste en someter a la superficie de unión al siguiente tratamiento:

- a) raspar, escobillar o picar para eliminar la capa de lechada o de mortero relativamente blando;
- b) lavar con chorro de agua a presión;
- c) Aplicar alguno de los procedimientos indicados para la continuación del hormigonado en H.4.3.

H.4.2.2 Tratamiento de juntas de hormigón envejecido

El tratamiento de preparación de la junta es el siguiente:

- a) picar la capa superficial endurecida y, si fuera necesario, completar el tratamiento con chorro de arena a presión;
- b) lavar con chorro de agua a presión y mantener saturada la superficie de contacto durante 24 horas suspendiendo el mojado la noche anterior al día en que se reinicia el hormigonado;
- c) aplicar alguno de los procedimientos indicados para la continuación del hormigonado en H.4.3.

H.4.2.3 Tratamiento de la junta con epóxico

- a) dar el tratamiento de preparación de limpieza y lavado de la junta según H.4.2.1 ó H.4.2.2, según corresponda;
- b) recubrir con algún adhesivo epóxico aprobado, siguiendo las recomendaciones del fabricante y las instrucciones del proyectista;
- c) aplicar alguno de los procedimientos indicados para la continuación del hormigonado en H.4.3.

H.4.3 Continuación del hormigonado

Sobre las superficies preparadas de acuerdo con H.4.2.1; H.4.2.2 ó H.4.2.3 se prosigue el hormigonado aplicando previamente cualquiera de las siguientes capas de base:

H.4.3.1 Capa de mortero

- a) extender una capa de mortero plástico seco de espesor 1 a 2 cm en juntas horizontales y, al menos, de 20 mm en juntas verticales;

La composición del mortero debe ser la misma que tiene el mortero del hormigón a usar.

- b) colocar la primera capa del nuevo hormigón de espesor de 30 a 40 cm antes que endurezca la capa de mortero. Si la colocación del hormigón es difícil, se puede aumentar el asentamiento de cono pero manteniendo la razón agua-cemento y/o abrir ventanillas en el moldaje para asegurar un perfecto llenado;
- c) compactar, introduciendo el vibrador hasta la capa de mortero para que éste refluya hacia la capa del hormigón;
- d) proseguir el hormigonado de acuerdo al sistema establecido en la obra.

H.4.3.2 Capa de hormigón especial

- a) extender una capa de hormigón de unos 5 a 10 cm del hormigón en uso al que se ha eliminado aproximadamente el 50% de la grava de la dosificación;
- b) proseguir según los puntos b), c) y d), indicados en H.4.3.1.

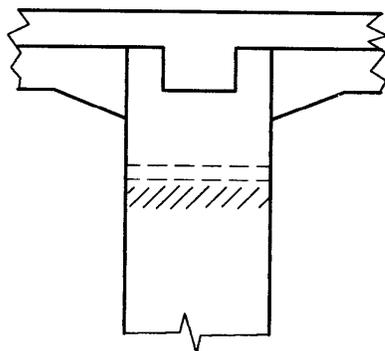
H.5 Prohibiciones

H.5.1 Se prohíbe la limpieza y tratamiento de la superficie de la junta con ácidos o productos corrosivos para el hormigón o para el acero de las armaduras.

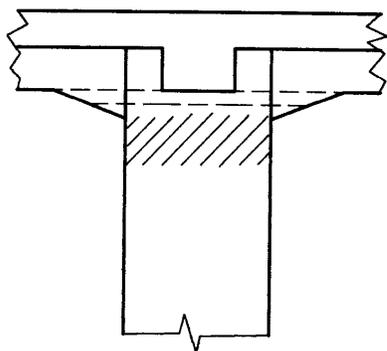
H.5.2 No está permitido el empleo de lechadas de cemento como capa de base sobre la junta.

H.5.3 En juntas de hormigón joven no deben emplearse hormigones fabricados con cemento de distintos origen.

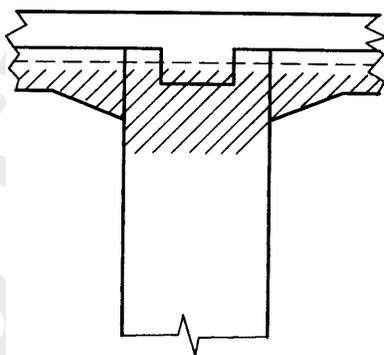
H.5.4 El cemento del nuevo hormigón no debe ser incompatible con el cemento empleado en el hormigón ya colocado, como es el caso de cementos portland y cementos aluminosos.



CORRECTO



INCORRECTO



INCORRECTO

Figura 2

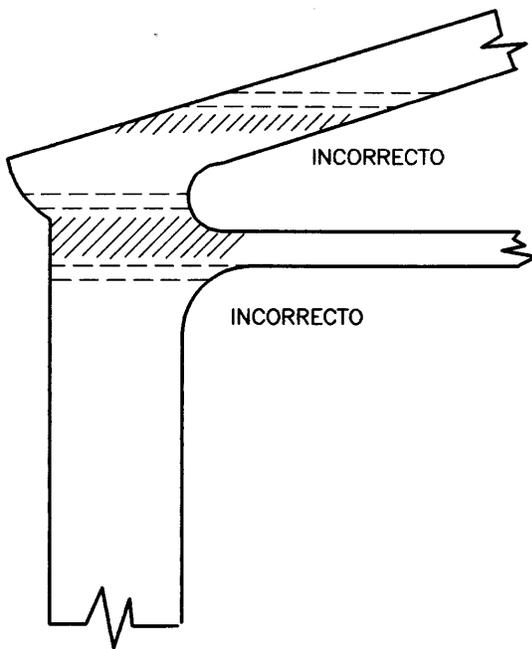
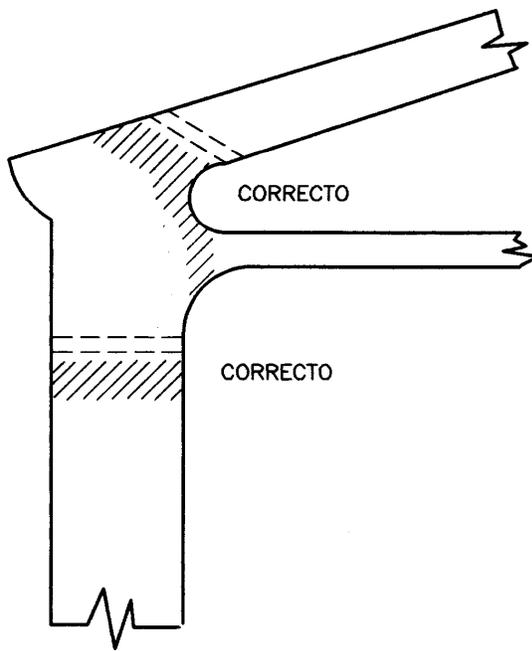
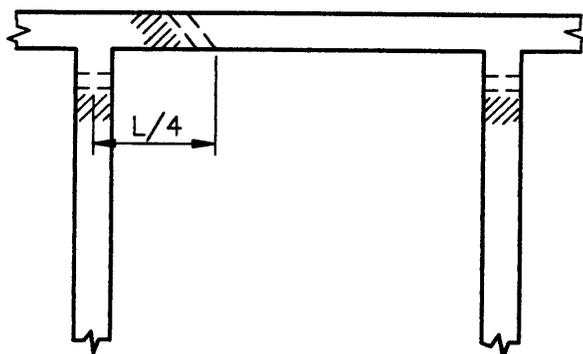
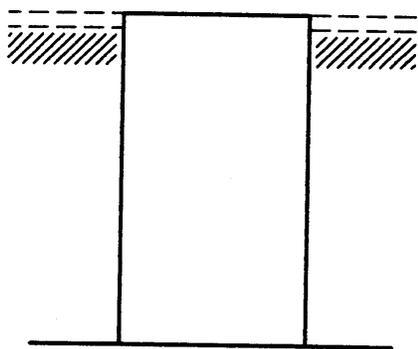


Figura 3

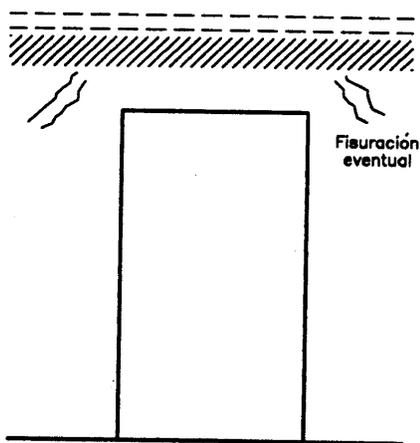


CORRECTO

Figura 4



CORRECTO



INCORRECTO

Figura 5

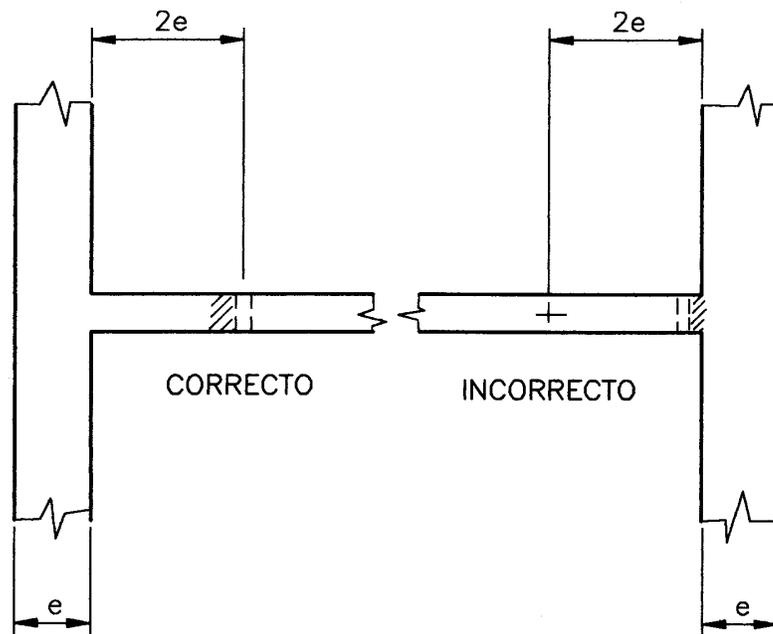
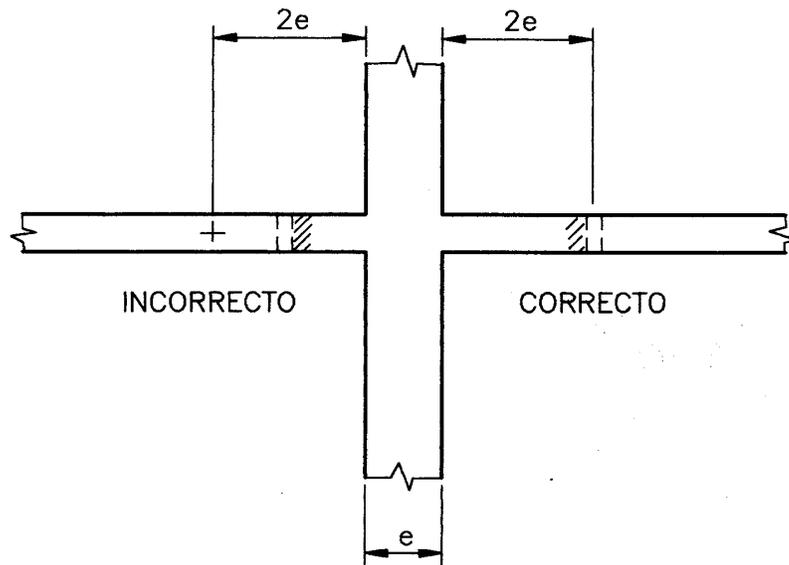


Figura 6

Hormigón - Requisitos generales

Concrete - General requirements

Primera edición : 1985
Reimpresión : 1999

Descriptor: *materiales de construcción, hormigón, requisitos*

CIN 91.100.30

COPYRIGHT © 1986 : INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

* Prohibida reproducción y venta *

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

Casilla : 995 Santiago 1 - Chile

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

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

Web : www.inn.cl

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