




**GERENCIA DESARROLLO DE PROYECTOS**  
**GERENCIA DE INGENIERÍA OBRAS Y ARQUITECTURA**

INGENIERÍA DE DETALLE  
TALLERES Y COCHERAS LÍNEA 6  
METRO DE SANTIAGO

CONTRATO N° PL6-0703-02-13

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES**  
**HORMIGÓN ARMADO**

1	12/09/14	PARA CONSTRUCCIÓN	DTH	JSJ	DTH	MJE	
0	30/06/14	PARA CONSTRUCCIÓN	RML/GRM	FTG	DTH	MJE	
D	07/04/14	APROBACIÓN METRO	RML/GRM	FTG	DTH	MJE	
C	31/03/14	APROBACIÓN METRO	RML/GRM	FTG	DTH	MJE	
B	29/01/14	APROBACIÓN METRO	GRM	FTG	DTH	MJE	
A	27/01/14	REVISIÓN INTERNA	GRM	FTG	DTH	MJE	
REV.	FECHA	EMITIDO PARA	PREP	REV	J. ESP	J. PROY.	METRO
						APROBÓ	
			N° METRO S.A.		PL6-ID-0104-ETG-850-OC-00001-R01.doc		REV.01
			Página 1 de 57				

**VÁLIDO PARA  
CONSTRUCCIÓN**

■ ÍNDICE

<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>4</b>
1.1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCE.....	4
1.2. INSPECCIÓN TÉCNICA DE LAS OBRAS .....	4
1.3. DEFINICIONES.....	5
1.4. DISCREPANCIA ENTRE DOCUMENTOS .....	5
1.5. CALIDAD DE LOS MATERIALES .....	5
1.6. SEGURIDAD.....	6
1.7. INICIACIÓN DE FAENAS .....	6
<b>2. OBRAS DE HORMIGÓN.....</b>	<b>7</b>
2.1. DESCRIPCIÓN.....	7
2.2. NORMAS .....	9
2.2.1. Normas nacionales.....	9
2.2.2. Otras referencias nacionales .....	12
2.2.3. Normas extranjeras.....	12
2.3. CALIDAD Y ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES .....	14
2.3.1. Generalidades .....	14
2.3.2. Cemento .....	14
2.3.2.1. Calidad.....	14
2.3.2.2. Almacenamiento .....	15
2.3.3. Agua.....	16
2.3.4. Agregados pétreos .....	16
2.3.4.1. Calidad.....	16
2.3.4.2. Almacenamiento .....	18
2.3.5. Aditivos.....	19
2.3.6. Sellantes de curado para losas de hormigón.....	20
2.3.7. Adhesivos .....	21
2.3.8. Insertos y anclajes.....	23
2.4. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN .....	24
2.4.1. General.....	24
2.4.2. Clases de hormigón .....	24
2.4.2.1. Hormigón estructural.....	24
2.4.2.2. Hormigón pobre para enplantillados y rellenos.....	24
2.4.3. Dosificación .....	24
2.4.4. Granulometría de los áridos .....	25
2.4.5. Consistencia de la mezcla .....	25
2.5. FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN .....	26

■ **ÍNDICE**

2.5.1.	Dosificación y pesaje .....	26
2.5.2.	Mezclado .....	27
2.6.	<b>AUTORIZACIÓN PARA HORMIGONAR .....</b>	<b>27</b>
2.7.	<b>COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN EN OBRA .....</b>	<b>28</b>
2.7.1.	Disposiciones generales .....	28
2.7.2.	Transporte y vaciado .....	29
2.7.3.	Hormigonado en tiempo frío .....	31
2.7.4.	Hormigonado en tiempo caluroso y seco .....	32
2.7.5.	Hormigonado en días de lluvia .....	32
2.7.6.	Vibrado .....	33
2.7.7.	Controles de calidad de materiales y de la confección del hormigón .....	33
2.7.7.1.	Control del cemento .....	34
2.7.7.2.	Control de los áridos .....	34
2.7.7.3.	Grado de los hormigones de las obras .....	34
2.7.7.4.	Control de los hormigones .....	34
2.7.7.5.	Inspección de hormigones y moldajes .....	37
2.7.8.	Curado del hormigón .....	38
2.7.9.	Anormalidades y desperfectos del hormigón colocado. Reparaciones .....	39
2.7.10.	Moldajes .....	40
2.7.10.1.	Ejecución de moldajes .....	41
2.7.10.2.	Terminaciones de superficies .....	41
2.7.10.3.	Retiro de moldajes .....	43
2.7.10.4.	Tolerancias .....	43
2.7.10.5.	Varios .....	44
2.8.	<b>PREPARACIÓN Y CONFECCIÓN DE JUNTAS .....</b>	<b>45</b>
2.8.1.	Juntas de hormigonado .....	45
2.8.2.	Juntas de dilatación o juntas de proyecto .....	46
2.8.2.1.	Normas .....	46
2.8.2.2.	Materiales .....	46
2.8.2.3.	Transporte y almacenaje .....	46
2.8.2.4.	Colocación .....	47
3.	<b>ARMADURAS Y MALLAS DE REFUERZO .....</b>	<b>47</b>
3.1.	DESCRIPCIÓN .....	47
3.2.	NORMAS .....	47
3.3.	PLANOS DE ENFIERRADURA .....	48
3.4.	MATERIALES .....	48
3.4.1.	Acero en barras de refuerzo .....	49
3.4.2.	Acero en mallas electrosoldadas .....	49

■ ÍNDICE

3.4.3.	Alambre .....	49
3.5.	PRESCRIPCIONES GENERALES .....	49
3.6.	ALMACENAMIENTO .....	50
3.7.	CORTE Y DOBLADO .....	50
3.8.	PROTECCIÓN DE LAS ENFIERRADURAS INSTALADAS.....	50
3.9.	COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS .....	51
3.9.1.	Generalidades .....	51
3.9.2.	Recubrimientos.....	51
3.9.3.	Separación de la armadura.....	52
3.9.4.	Ganchos, anclajes y traslajos de las barras .....	52
3.10.	INSPECCIÓN DE LAS ARMADURAS Y MALLAS DE REFUERZO .....	54
3.11.	ANCLAJE DE INSERTOS EN EL HORMIGÓN. TOLERANCIAS .....	54
<b>4.</b>	<b>PROTECCIÓN DE LOS HORMIGONES EN CONTACTO CON EL SUELO .....</b>	<b>55</b>
4.1.	MATERIALES .....	55
4.2.	ALMACENAJE .....	55
4.3.	COLOCACIÓN.....	55
<b>5.</b>	<b>GROUTADO DE BASES Y PLACAS DE APOYO .....</b>	<b>56</b>

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. DESCRIPCIÓN Y ALCANCE

El Alcance de la presente Especificación Técnica General se refiere a las disposiciones y requisitos generales mínimos que deben cumplir la mano de obra, los materiales, equipos y faenas para la fabricación de estructuras de hormigón armado en la construcción de la obra "Talleres y Cocheras Línea 6". Las Especificaciones Técnicas recogidas en este documento son complementadas por los planos del proyecto, normativas vigentes y por las instrucciones de la Inspección Técnica de las Obras (I.T.O.).

En caso de discrepancia entre los planos y las especificaciones, prevalecerán los primeros, debiendo en todo caso hacerse la consulta al ingeniero proyectista.

En caso que parte del trabajo a realizar no se encuentre suficientemente detallado o explicado en las Especificaciones Técnicas o Planos, el Contratista deberá solicitar por escrito a la I.T.O., antes del comienzo de esa parte de la obra, las aclaraciones y complementaciones necesarias, tras lo cual deberá ejecutar las obras en conformidad con estas indicaciones, las que pasarán a formar parte del proyecto.

### 1.2. INSPECCIÓN TÉCNICA DE LAS OBRAS

METRO estará representado en las obras ante el Contratista por la Inspección Técnica de Obra (I.T.O.), la que deberá, entre otras funciones, formular las observaciones que le merezcan la ejecución de las faenas, la calidad de los suministros de materiales y cualquier otra que estime necesaria; interpretar los planos y especificaciones del proyecto, verificar la correcta dimensión y ubicación de los elementos elaborados en obra, verificar la protección de los materiales, equipos y demás elementos de la construcción, requerir el cumplimiento de las medidas de seguridad personal y de las instalaciones, controlar el cumplimiento de la programación de la obra, y velar por el orden y limpieza de los terrenos y recintos de trabajo.

En consecuencia, la I.T.O. estará facultada, entre otras atribuciones, para:

- Rechazar materiales llegados a la obra que no cumplan las especificaciones pertinentes.
- Suspender faenas cuando se compruebe incumplimiento de las bases, se realicen en forma descuidada o con peligro para personas o instalaciones, o no se tomen las muestras prescritas.
- Exigir ensayos especiales cuando a su juicio sean necesarios, y ordenar la paralización y eventualmente la demolición, a costa del Contratista, cuando no se hayan cumplido los requisitos especificados en cuanto a resistencia, dimensiones, ubicación y calidad de los materiales y obras ejecutadas, calidad de los equipos, etc.
- Velar porque se cumplan las tolerancias y requisitos de calidad expuestos en este documento y/o planos, teniendo la facultad de ordenar reparaciones de los trabajos que no cumplan con ellos, sin que esto implique gastos extra para Metro, ni cambios en los plazos del contrato.

La I.T.O. tendrá como responsabilidad velar porque la construcción se efectúe de acuerdo con las especificaciones y planos del proyecto. Donde ellos no fueran aplicables, la I.T.O. consultará a METRO, quien adoptará las decisiones técnicas finales.

El Contratista no puede modificar el contenido de estas Especificaciones Técnicas Generales, salvo que Metro lo considere necesario, en cuyo caso la I.T.O. solicitará al Proyectista la aprobación de las

modificaciones propuestas, las cuales sólo tendrán validez una vez que se cuente con la nueva versión de los documentos.

Por su parte, será responsabilidad del Contratista facilitar permanentemente la labor de la I.T.O.

### 1.3. DEFINICIONES

Propietario: METRO S.A. o las personas debidamente autorizadas para representarlo.

Proyectista: Arquitectos, Ingenieros o Técnicos responsables de la preparación de los planos, especificaciones y otros documentos necesarios y suficientes para la ejecución de la obra.

I.T.O.: Personal autorizado por METRO S. A. a cargo de la supervisión e inspección técnica de la construcción.

Contratista: La persona natural o jurídica que, en virtud del contrato respectivo, contrae la obligación de ejecutar una obra material.

Fabricante: Empresa o persona responsable de la fabricación, en sus propias instalaciones, de cualquiera de las diversas partes que componen el conjunto de la obra.

### 1.4. DISCREPANCIA ENTRE DOCUMENTOS

En caso de discrepancias entre distintos documentos se considerarán por este orden de prevalencia:

- 1) Detalles de planos.
- 2) Notas y detalles de planos generales.
- 3) Instrucciones de la Inspección Técnica de las Obras (I.T.O.).
- 4) Especificaciones Técnicas Particulares.
- 5) Especificaciones Técnicas Generales.

Adicionalmente a lo contenido en el párrafo anterior y como complemento o detalle al mismo, se atenderá a los siguientes criterios a la hora de resolver posibles incongruencias en la información contenida en distintas partes de un mismo documento o bien entre distintos documentos:

- a) En los planos, las cotas prevalecen sobre el dibujo y los planos de detalle sobre los generales.
- b) Los planos de estructuras suministran la información geométrica de detalle, los planos de arquitectura los acabados y los de instalaciones la información específica de los elementos a colocar durante la ejecución de las estructuras.
- c) Cualquier anotación o indicación en los planos que no esté indicado en las especificaciones o viceversa, se considerará especificada en ambos documentos.

### 1.5. CALIDAD DE LOS MATERIALES

La totalidad de los materiales necesarios serán suministrados por el Contratista, quien debe usar exclusivamente materiales de la mejor calidad y de primer uso, en perfecto estado de conservación.

El origen de todos los materiales deberá ser claro y el proveedor de los mismos conocido, siendo preceptiva la aprobación de los mismos por parte de la I.T.O.

La I.T.O. no aceptará el uso de materiales cuyo origen o calidad sea cuestionable o no esté claramente definida.

Las características dimensionales y calidad de los materiales deberán cumplir las normas indicadas en estas Especificaciones Técnicas. Especial mención se hace al transporte y acopio de materiales, el cual deberá respetar lo establecido en las recomendaciones del Fabricante.

En general, se considera que los hormigones empleados serán de fabricación en planta y transportados hasta los tajos a obra mediante camiones especialmente adaptados para estas labores, de tal manera que el plazo de tiempo transcurrido entre fabricación y puesta en obra sea menor que los límites que fijan las normativas específicas, y que no haya modificaciones de las características de los mismos que puedan dar lugar a pérdidas de las propiedades resistentes o de durabilidad consideradas en proyecto.

Sólo se emplearán materiales de primera calidad que exhiban los correspondientes sellos y/o certificados de calidad otorgados por laboratorios aprobados por la I.T.O., empresas de servicios o personas naturales cuya calificación haya sido previamente aprobada por el organismo competente. Los sellos emitidos por el fabricante sólo serán válidos cuando cumplan con esta condición.

Si algún material que la I.T.O. considere de importancia no cuenta con el sello de calidad, el Contratista deberá financiar la ejecución de los ensayos correspondientes.

El uso de materiales similares a los especificados deberá ser aceptado por la I.T.O., previa presentación por parte del Contratista de los antecedentes que demuestren la equivalencia en la calidad de ellos.

En caso de falla, el contratista debe responder y reemplazar dicho material.

## 1.6. SEGURIDAD

En la ejecución de los trabajos, el Contratista tomará las medidas de seguridad necesarias para la protección de su propio personal, de los transeúntes y de la propiedad ajena, para lo cual se deberán considerar las prescripciones establecidas en las Normas y Criterios de Seguridad de Metro S.A., así como las que estipulen las presentes Especificaciones Técnicas y en especial lo siguiente:

- Colocación de elementos de iluminación en las zonas de excavaciones abiertas y en las zonas con obstáculos que interfieran al tránsito de vehículos y personas.
- Ejecución de las obras de protección necesarias para evitar la inundación de las zanjas o excavaciones.
- El Contratista deberá tener instalados en las obras los elementos de seguridad necesarios antes de iniciar los trabajos de excavación. Estos elementos de seguridad estarán compuestos por cierros, demarcaciones y/o barandas provisionales, así como cualquier otro que la I.T.O. pudiera juzgar necesario.
- El Contratista será responsable de la mantención permanente de las medidas de seguridad durante el período de construcción.

## 1.7. INICIACIÓN DE FAENAS

Una vez entregado el terreno al Contratista, éste deberá hacer un reconocimiento completo de los trazados, ubicando y verificando Puntos de Referencia y demás elementos indicados en el Proyecto para estos fines. El Contratista replanteará los elementos de instalaciones insertos en los hormigones y demás elementos que constituyan la obra final, en conformidad con los planos respectivos.

Las tolerancias en los replanteos de los distintos elementos que componen la obra quedan recogidas en el apartado 2.7.10.4. Tolerancias, en lo referente a la colocación del hormigón en obra y los moldajes y en el apartado 3.11. Anclaje de Insertos en el Hormigón. Tolerancias, en cuanto a los elementos embebidos en el hormigón.

Los Puntos de Referencia que se marquen serán los necesarios para poder replantear los ejes y demás elementos de definición de las obras y deberán quedar fuera del área de excavación.

Estos Puntos se materializarán de preferencia en las estructuras vecinas o en monolitos, de forma tal que sean permanentes y no sufran variaciones, para poder ser utilizadas como referencias futuras.

El Contratista deberá velar por la conservación de los Puntos de Referencia entregados por la I.T.O. para la ejecución de los trabajos, debiendo proceder a su reemplazo inmediato cuando éstos resulten dañados o desplazados, verificándose previamente su posición.

El Contratista deberá proporcionar su propio personal e instrumentos para determinar la alineación, elevación y posición de toda construcción, tal como se indica en los planos y/o tal como está marcado en el terreno, sujetos a la comprobación o corrección por parte de la I.T.O. Serán de cargo del Contratista las estacas, monolitos y otros materiales necesarios para materializar las cotas y referencias que solicite la I.T.O.

La I.T.O. autorizará la iniciación de las obras sólo si ha recibido a conformidad las faenas de replanteo; por lo tanto, será responsabilidad del Contratista comunicar a la I.T.O. y proponer soluciones oportunamente por cualquier interferencia o cambio en los trazados que pueda significar retraso en la iniciación de obras.

Todo cambio propuesto por el Contratista será autorizado expresamente por la I.T.O. y el Proyectista y las modificaciones deberán ser incluidas en los planos respectivos.

## 2. OBRAS DE HORMIGÓN

### 2.1. DESCRIPCIÓN

En esta sección se especifican las condiciones bajo las cuales deberán ejecutarse los trabajos de hormigón para la construcción de las estructuras de edificios, fundaciones de naves y otras obras de hormigón (depósitos enterrados, etc.).

La protección al fuego a considerar en cuanto a criterios de protección pasiva de los distintos elementos constructivos de hormigón armado será la siguiente, según se recoge en el documento Requerimientos de Protección de Incendio Proyecto L63 (PCI\_Metro\_v.2\_201426\_83559.pdf), Criterio para Talleres:

- SAF, SER y Salas eléctricas:

Los muros requeridos en SAF y SER deben tener una resistencia al fuego F-120 de acuerdo a NCh935/1.Of97.

Los shaft de las SAF y SER deben poseer una resistencia al fuego F-60.

- Elementos soportantes Verticales y Horizontales:

Los elementos de hormigón (columnas, vigas, muros, losas) deberán tener resistencia al fuego mínima F-60, y además debe verificar las condiciones establecidas en la norma EN 1992-1-2 (Eurocódigo 2. Proyecto de Estructuras de Hormigón. Partes 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego).



- Grupo Electrógeno:

Los muros requeridos deben tener una resistencia al fuego F-120 de acuerdo a NCh935/1.Of97.

- Sala Máquina de Lavado:

Los elementos soportantes verticales y horizontales deben tener una resistencia a fuego F-30, mientras en techumbre se considera una resistencia al fuego F-15.

- Bodega de Residuos:

Los elementos soportantes verticales y horizontales deben tener una resistencia a fuego F-120, mientras en techumbre se considera una resistencia al fuego F-60.

- Edificio de Seguridad:

Los elementos soportantes verticales y horizontales deben tener una resistencia al fuego F-30, mientras en techumbre se considera una resistencia al fuego F-15.

- Edificio de Compresores:

Los elementos soportantes verticales y horizontales deben tener una resistencia al fuego F-30, mientras en techumbre se considera una resistencia al fuego F-15.

- Bodega Lubricantes y Solventes:

Los elementos soportantes verticales y horizontales deben tener una resistencia al fuego F-120, mientras en techumbre se considera una resistencia al fuego F-60.

Las presentes especificaciones establecen la calidad de los materiales, la mano de obra, los equipos y herramientas necesarios, los procedimientos y los controles para llevar a cabo las obras de hormigón armado relativas a la ejecución de las estructuras de edificios, fundaciones de naves y otras obras de hormigón (depósitos enterrados, etc.).

Se incluyen las indicaciones pertinentes para el suministro de materiales, moldaje, colocación, terminación y curado del hormigón, como también el suministro y colocación de armaduras de refuerzos e insertos, y la construcción de juntas.

Este documento será complementado con los planos generales de detalle y otros documentos técnicos de proyecto, normas vigentes y las instrucciones posteriores que imparta la I.T.O. durante el transcurso de los trabajos.

Todas las obras se realizarán en concordancia con las disposiciones generales de la construcción, con las Normas del Instituto Nacional de Normalización (INN) vigentes y con las normas indicadas en los planos y especificaciones especiales correspondientes. Se consideran estas normas como parte integrante de estas Especificaciones Técnicas.

Todas las obras se ejecutarán dentro de las tolerancias y/o requisitos de calidad establecidos en estas especificaciones o en los planos correspondientes, y de ser necesario, la I.T.O. ordenará la reparación o demolición de los trabajos que no cumplan con esos requisitos. Igualmente, cualquier material que se demuestre que no cumpla con la calidad especificada será rechazado. Tales reparaciones o demoliciones serán por cuenta exclusiva del Contratista, sin que puedan dar lugar a indemnización y/o cambios en el plazo del contrato. Los materiales deficientes y/o rechazados no podrán ser almacenados en obra. Los escombros, producto de demoliciones, deberán ser llevados a botaderos autorizados a costo del Contratista.

Los siguientes ítems quedarán cubiertos por la presente especificación:

- Materiales y equipos utilizados en la colocación, terminación y curado de todas las obras de hormigón.
- Diseño, construcción, instalación y retiro de los moldajes necesarios, así como de soportes y alzaprimas.
- Suministro, preparación y colocación de las barras de refuerzo para estructuras de hormigón armado.
- Suministro, preparación y colocación de pernos de anclaje e insertos embebidos en el hormigón.
- Suministro, preparación y colocación de morteros de nivelación bajo las placas base de columnas de pórticos de superestructura.
- Confección y preparación de juntas de construcción.
- Calidad de los sellos y emplantillados.

En general, en los planos, las cotas primarán sobre los dibujos, y las notas y detalles incorporados a dichos planos sobre las especificaciones técnicas.

La ejecución de los hormigones preparados en obra deberá efectuarse conforme a las estipulaciones de la Norma Chilena NCh170:2013, salvo en los casos en que se citen explícitamente otras Normas.

El D.S.60., de 6 de diciembre de 2011, del MINVU, aprueba el reglamento que fija los requisitos de diseño y cálculo para el hormigón armado y deroga el decreto N°118 de V.Y.U, de 2010.

## 2.2. NORMAS

### 2.2.1. Normas nacionales

Normas chilenas que dice relación con los requerimientos de calidad de los materiales, preparación, transporte, colocación y ensayos del hormigón.

NCh147:1969	Cementos. Análisis químico
NCh0148:1968	Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales
NCh0149:1972	Cemento –Determinación de la superficie específica por el turbidímetro de Wagner
NCh0150:1970	Cemento –Determinación de la finura por tamizado
NCh0151:1969	Cemento –Método de determinación de la consistencia normal
NCh0152:1971	Cemento –Método de determinación del tiempo de fraguado
NCh0153:1973	Cemento –Ensayo de indeformabilidad al vapor de agua
NCh0154:1969	Cemento –Determinación del peso específico relativo
NCh0157:1967	Cemento –Ensayo de expansión en autoclave

NCh0158:1967	Cementos - Ensayo de flexión y compresión de mortero de cemento
NCh0159:1970	Cemento -Determinación de la superficie específica por el permeabilímetro según Blaine
NCh0160:1969	Cemento - Agregado tipo A para uso en cementos - Especificaciones
NCh0161:1969	Cemento - Pozolana para uso en cementos - Especificaciones
NCh0162:1977	Cemento - Extracción de muestras
NCh0163:2013	Áridos para morteros y hormigones - Requisitos
NCh0164:2009	Áridos para morteros y hormigones - Extracción y preparación de muestras
NCh0165:2009	Áridos para morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría
NCh0166:2009	Áridos para morteros y hormigones - Determinación de impurezas orgánicas en las arenas
NCh0170:2013	Hormigón - Requisitos generales (Modificación parcial de NCh170:1985)
NCh0171:2008	Hormigón - Extracción de muestras del hormigón fresco
NCh0430:2008	Hormigón armado. Requisitos Generales
NCh0642:1999	Cemento - Envases - Sacos de válvula - Especificaciones
NCh0935/1.Of97	Prevención de incendio en edificios. Ensayo de resistencia al fuego. Parte 1: Elementos de construcción en general
NCh1017:2009	Hormigón - Confección en obra y curado de probetas para ensayos de compresión, tracción por flexión y por hendimiento
NCh1018:2009	Hormigón - Preparación de mezclas para ensayos en laboratorio
NCh1019:2009	Hormigón - Determinación de la docilidad - Método del asentamiento del cono de Abrams
NCh1037:2009	Hormigón - Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas
NCh1038:2009	Hormigón - Ensayo de tracción por flexión
NCh1116:2008	Áridos para morteros y hormigones Determinación de la densidad aparente
NCh1117:2010	Áridos Determinación de la densidades real y neta y absorción de agua de las gravas
NCh1170:2012	Hormigón - Ensayo de tracción por hendimiento

NCh1171/1:2001	Hormigón – Testigos de hormigón endurecido. Parte 1: Extracción y ensayo de testigos de hormigón endurecido
NCh1172:2010	Hormigón – Refrentado de probetas
NCh1223:1977	Áridos para morteros y hormigones - Determinación de material fino, menor a 0.080 mm
NCh1239:2009	Áridos para morteros y hormigones - Determinación de las densidades real y neta y de la absorción de agua de las arenas
NCh1325:2010	Áridos para morteros y hormigones- Determinación del equivalente de arena
NCh1326:2012	Áridos para morteros y hormigones- Determinación de huecos
NCh1327:1977	Áridos para morteros y hormigones- Determinación de partículas desmenuzables
NCh1328:1977	Áridos- Determinación de la desintegración. Método de los sulfatos
NCh1329:1978	Áridos para morteros y hormigones- Determinación del desgaste de gravas. Método de la Máquina de los Ángeles
NCh1443:2012	Hormigón y mortero - Agua de amasado. Extracción de muestras
NCh1444/1:2010	Áridos para morteros y hormigones- Determinación de sales. Parte 1: Determinación de cloruros y sulfatos
NCh1498:2012	Hormigón y mortero - Agua de amasado - Clasificación y requisitos
NCh1511/1:1980	Áridos para morteros y hormigones. Determinación del coeficiente volumétrico medio de las gravas
NCh1564:2009	Hormigón - Determinación de la densidad aparente del hormigón fresco
NCh1565:2009	Hormigón - Determinación del índice esclerométrico
NCh1789:1986	Hormigón - Determinación de la uniformidad obtenida en el mezclado del hormigón fresco
NCh1934:1992	Hormigón preparado en central hormigonera
NCh1998:1989	Hormigón - Evaluación estadística de la resistencia mecánica
NCh2182:2010	Hormigón y mortero - Aditivos - Clasificación y requisitos
NCh2221:2010	Hormigón y mortero - Métodos de ensayo - Determinación de los cambios de longitud
NCh2257/1:1996	Morteros - Determinación de la consistencia - Parte 1: Método del extendido en la mesa de sacudidas

---

NCh2257/2:1996 Morteros - Determinación de la consistencia - Parte 2: Método de la caja

---

NCh2257/3:1996 Morteros - Determinación de la consistencia - Parte 3: Método del asentamiento del cono

---

NCh2257/4:1996 Morteros - Determinación de la consistencia - Parte 4: Método del embudo

---

### 2.2.2. Otras referencias nacionales

Manual de Carreteras. Instrucciones y Criterios de Diseño. Dirección de Vialidad MOP, Abril 2012.

### 2.2.3. Normas extranjeras

Los casos no contemplados en estas Especificaciones se resolverán conforme a las prescripciones de los siguientes códigos y normas extranjeras.

AASHTO/AWS                      Bridge Welding Code  
D1.5M/D1.5:2010

---

ACI 117-10                      Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary

---

ACI 211.1                      Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight and Mass Concrete

---

ACI 212.3R                      Chemical Admixtures for Concrete

---

ACI 224R-01                      Control of Cracking in concrete Structures

---

ACI 207.2R-07                      Report on Thermal and Volume Change Effects on Cracking of Mass Concrete

---

ACI 301-10                      Specifications for Structural Concrete

---

ACI 302.1R                      Guide for Concrete Inspection

---

ACI 304R-09                      Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete

---

ACI 305R                      Recommended Practice for Hot Weather Concreting

---

ACI 306R                      Recommended Practice for Cold Weather Concreting

---

ACI 311.4R-05                      Guide for Concrete Inspection

---

ACI 315                      Manual of Standard Practice for Detailing Concrete Structures

---

ACI 318                      Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

---

ACI 347-04                      Guide to Formwork for Concrete

---

ACI 350.3-06	Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary
ACI 351.1R-12	Report on Grouting Between Foundations and Bases for Support of Equipment & Machinery
ACI 351.2R-10	Report on Foundations for Static Equipment
ACI 504R-97	Guide to Sealing Joints in Concrete Structures
ACI SP-2	Manual for Concrete Inspection
ANSI B1.1	Unified Inch Screw Threads
ANSI B 18.22	Square and Hex Nuts
ASTM C138	Test Method for Unit Weight, Yield and Air Content of Concrete
ASTM C143/C143M	Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete
ASTM C150/C150M-11	Standard Specification for Portland Cement
ASTM C156-11	Standard Test Method for Water Loss [from a Mortar Specimen] Through Liquid Membrane-Forming Curing Compounds for Concrete
ASTM C157/C157M-08	Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete
ASTM C172	Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete
ASTM C192	Method of Making and Curing Concrete test Specimens in the Laboratory
ASTM C231	Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
ASTM C260	Standard Specification for Air-Entraining Admixtures for Concrete
ASTM C309-11	Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete
ASTM C494/C494M	Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete
ASTM C595	Standard Specification for Blended Hydraulic Cements
ASTM D1190	Standard Specification for Concrete Joint Sealer, Hot-Applied Elastic Type
ASTM D1751-04(2013)e1	Standard Specification for Preformed Expansion Joint Filler for Concrete Paving and Structural Construction (Nonextruding and Resilient Bituminous Types)
ASTM D1752	Standard Specification for Preformed Sponge Rubber and Cork Expansion Joint Fillers for Concrete

paving and Structural Construction

ASTM D994/D994M-11	Standard Specification for Preformed Expansion Joint Filler for Concrete (Bituminous Type)
ASTM F436	Standard Specification for Hardened Steel Washers
AWS D1.1/D1.1M:2010	Structural Welding Code - Steel New 5 Year Revision Cycle
AWS D1.4/D1.4M:2011	Structural Welding Code Reinforcing Steel
EN 1992-1-2	Eurocódigo 2: Proyecto en Estructuras de Hormigón. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego

La interpretación de la forma de aplicación de las disposiciones y requisitos que indican estas normas será atribución de la I.T.O.

## 2.3. CALIDAD Y ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES

### 2.3.1. Generalidades

Los hormigones en edificios, fundaciones, muros de contención, fosos y depósitos, cierros, otras obras de hormigón y el de los emplantillados, serán hormigones fabricados en planta. El hormigón será producido por una planta de hormigón aprobada por la I.T.O., y deberá estar en conformidad con la norma NCh1934 of 92. Por otra parte, a menos que en estas especificaciones se indique lo contrario, el hormigón premezclado deberá cumplir con las exigencias de la norma ASTM C94.

En el caso de utilizarse hormigones no estructurales, el acopio de materiales deberá realizarse siguiendo las presentes especificaciones.

### 2.3.2. Cemento

#### 2.3.2.1. Calidad

El cemento que se emplee para la confección de los hormigones deberá ser Portland, Siderúrgico o Pozolánico, con agregado tipo A y deberán cumplir las estipulaciones de las siguientes Normas Chilenas:

NCh147:1969	Cementos. Análisis químico
NCh0148:1968	Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales
NCh0149:1972	Cemento –Determinación de la superficie específica por el turbidímetro de Wagner
NCh0150:1970	Cemento –Determinación de la finura por tamizado
NCh0151:1969	Cemento –Método de determinación de la consistencia normal
NCh0152:1971	Cemento –Método de determinación del tiempo de fraguado

NCh0153:1973	Cemento –Ensayo de indeformabilidad al vapor de agua
NCh0154:1969	Cemento –Determinación del peso específico relativo
NCh0157:1967	Cemento –Ensayo de expansión en autoclave
NCh0158:1967	Cementos - Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento
NCh0159:1970	Cemento –Determinación de la superficie específica por el permeabilímetro según Blaine
NCh0160:1969	Cemento - Agregado tipo A para uso en cementos - Especificaciones
NCh0161:1969	Cemento - Pozolana para uso en cementos - Especificaciones
NCh0162:1977	Cemento - Extracción de muestras
NCh0642:1999	Cemento - Envases - Sacos de válvula - Especificaciones

En caso de utilizarse un cemento de procedencia extranjera o de alta resistencia, el Contratista deberá certificar que cumple con las Normas Chilenas indicadas mediante ensayos en laboratorio aprobado por la I.T.O. Ésta, basada en los resultados de los ensayos, podrá aprobar o rechazar el empleo del cemento.

Por cada embarque que se utilice, se deberán presentar tres copias del certificado del fabricante del cemento, estableciendo que las pruebas se han efectuado según lo estipulado en las normas indicadas, así como también los informes de sus resultados.

#### 2.3.2.2. Almacenamiento

Según el procedimiento de entrega, el cemento se guardará en silos (cemento a granel) o bodegas (cemento en bolsa). Cada suministro y cada tipo diferente de cemento se colocarán en acopio aparte.

El almacenaje de cemento o mortero en bolsas se hará en bodegas debidamente cerradas, protegidas de la intemperie y que cuenten con suficiente aireación del recinto. Los envases estarán confeccionados de acuerdo a la norma NCh164 Of. 2009. Deberán entregarse en sus envases originales con la marca y el nombre del fabricante claramente indicados en ellos. Los envases dañados, y especialmente aquellos que tengan roturas, no podrán ser utilizados.

El almacenaje se hará en pilas de un máximo de 12 sacos de altura y separados de las paredes por lo menos 15 cm.

El piso de las bodegas de almacenamiento será entablado, sobre vigas de no menos de 20 cm de altura sobre terreno debidamente limpio y emparejado. El terreno deberá tener un desnivel necesario para facilitar el escurrimiento de aguas superficiales.

La circulación de personas en las bodegas de cemento se resolverá de manera de evitar que queden ángulos inaccesibles. El consumo de cemento se dispondrá de manera que no se mantengan stocks inmovilizados. Si en razón del volumen o ubicación de la obra se justificare la provisión de cemento a granel, se cuidará que el material no sufra daño durante el transporte y su posterior almacenamiento. Ya sea que el transporte se efectúe en camión, u otro medio, deberá



disponer de carpas impermeables u otros elementos adecuados para la protección de la intemperie durante las operaciones de carga y descarga. Se deberá disponer de silos herméticos para almacenaje con dispositivos de entrega por peso. Se deberá realizar mantención y aseo permanente de las instalaciones para evitar que el cemento quede adherido a los transportadores o tolvas, y se deberá asegurar la veracidad de los datos a través de medición por peso.

Deberán rechazarse las partidas de cemento que lleguen a la obra incluyendo terrones duros que no sea posible deshacer con la presión de los dedos.

En el caso de almacenamiento superior a 3 meses, de exposición a la humedad, o en caso de dudas, se realizarán los ensayos correspondientes para verificar su conformidad de acuerdo a la norma NCh148 of 68.

### 2.3.3. Agua

En general, el agua de amasado y de curado del hormigón deberá ser potable sin materia orgánica y sales dañinas al hormigón, cuyos valores máximos aceptables se especifica en las siguientes normas:

NCh1498:2012      Hormigón y mortero - Agua de amasado - Clasificación y requisitos

NCh1443:2012      Hormigón y mortero - Agua de amasado - Extracción de muestras

Si el Contratista decide usar agua no potable, deberá justificar su empleo mediante análisis químicos, ejecutados de acuerdo a lo establecido en las normas indicadas, los cuales serán evaluados por la I.T.O., quien establecerá su aprobación o rechazo.

Este análisis deberá incluir como mínimo la determinación de los porcentajes de materias en suspensión, sales disueltas, materias orgánicas, y los aniones y cationes presentes en el agua y su pH (para los valores máximos aceptables, ver NCh1498).

Si los valores determinados, a juicio de la I.T.O., pueden afectar algunas de las propiedades importantes del hormigón en relación con la obra, su utilización sólo podrá autorizarse previa ejecución de ensayos que permitan evaluar su influencia.

En el caso particular de la evaluación de la influencia sobre la resistencia, los ensayos deberán ser hechos en forma comparativa entre hormigones preparados con agua potable y el agua en análisis, pudiendo aceptarse esta última sólo si produce un descenso de resistencia a 28 días no mayor al 5%. La I.T.O. establecerá las condiciones de uso en caso de que los ensayos demuestren una disminución de resistencia, dentro de los límites indicados como aceptables.

### 2.3.4. Agregados pétreos

#### 2.3.4.1. Calidad

Se entiende por áridos el agregado granular de tamaño variable que forma el esqueleto inerte del hormigón. Su procedencia puede ser de material chancado o de arenas y gravas naturales, siempre que cumplan con las características que aseguren condiciones de amasado, resistencia y estabilidad adecuadas para su uso en hormigones. Los áridos utilizados para la confección del hormigón deberán estar constituidos por partículas duras, de forma y tamaño estables, limpios y libres de terrones, partículas blandas o laminadas, arcillas, impurezas orgánicas, sales y otras

sustancias que por su naturaleza o cantidad afecten la resistencia o durabilidad del hormigón y deberán cumplir con las condicionantes estipuladas en las siguientes normas:

NCh163:2013	Áridos para morteros y hormigones - Requisitos
NCh164:2009	Áridos para morteros y hormigones - Extracción y preparación de muestras
NCh165:2009	Áridos para morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría
NCh0166:2009	Áridos para morteros y hormigones - Determinación de impurezas orgánicas en las arenas
NCh1116:2008	Áridos para morteros y hormigones - Determinación de la densidad aparente
NCh1117:2010	Áridos - Determinación de la densidades real y neta y absorción de agua de las gravas
NCh1223:1977	Áridos para morteros y hormigones - Determinación de material fino, menor a 0.080 mm
NCh1239:2009	Áridos para morteros y hormigones - Determinación de las densidades real y neta y de la absorción de agua de las arenas
NCh1325:2010	Áridos para morteros y hormigones- Determinación del equivalente de arena
NCh1326:2012	Áridos para morteros y hormigones- Determinación de huecos
NCh1327:1977	Áridos para morteros y hormigones- Determinación de partículas desmenuzables
NCh1328:1977	Áridos- Determinación de la desintegración. Método de los sulfatos
NCh1329:1978	Áridos para morteros y hormigones- Determinación del desgaste de gravas. Método de la Máquina de los Ángeles
NCh1444/1:2010	Áridos para morteros y hormigones- Determinación de sales. Parte 1: Determinación de cloruros y sulfatos
NCh1511/1:1980	Áridos para morteros y hormigones. Determinación del coeficiente volumétrico medio de las gravas

Los límites de contenidos de sustancias en el hormigón que puedan reaccionar perjudicialmente con los álcalis de cemento, en particular los cloruros y sulfatos, serán:

- Cloruros: 1,2 kg/m³.
- Sulfatos: 0,6 kg/m³.

Los empréstitos o fuentes de abastecimiento de los áridos para el hormigón deberán corresponder a aquellos autorizados por la I.T.O. o los contemplados en la RCA (en caso que aplique) otorgada para el proyecto y debe contar con la aprobación previa de la I.T.O., al igual que los métodos de explotación que se prevea emplear en ellos.

### **Agregado fino**

Se entiende por agregado fino aquel que pasa al menos un 95 % por el tamiz de abertura normal de 4,76 mm.

No podrán usarse como agregados finos aquellos elementos que presentan un contenido de sales superiores a los especificados en NCh163 of 2013.

### **Agregado grueso**

El agregado grueso consistirá en ripio natural o piedra chancada. El tamaño máximo que se utilizará será 1½" (38 mm) salvo indicación contraria. Sin embargo, en ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso podrá exceder la menor de las siguientes dimensiones:

- 3/4 de la distancia libre entre las barras de refuerzo, cuando el hormigón deba atravesar totalmente la armadura en su colocación.
- 1/5 de la menor dimensión entre moldajes.
- 1/3 del espesor de losas.

#### **2.3.4.2. Almacenamiento**

Deberán separarse en varias categorías según tamizado, de manera que garanticen una curva granulométrica total adecuada, que pueda ser mantenida dentro de límites de variabilidad que no influyan significativamente sobre la trabajabilidad y retracción del hormigón.

Estas categorías serán elegidas tomando en consideración los tamaños máximos más probables para los áridos gruesos de los hormigones que se utilizarán en la obra y las condiciones económicas para su obtención.

La selección de los áridos, su transporte y acopio deberán ser hechos de tal forma que se evite la segregación, la mezcla de los distintos materiales entre sí y su contaminación por la superficie en que se depositen o por agentes externos.

Antes de comenzar las faenas de confección de hormigón, el Contratista tendrá acopiada una cantidad de material suficiente que le permita ejecutar los trabajos sin interrupciones.

Los acopios deberán asegurar un adecuado drenaje del agua que contengan los áridos, de manera que su humedad se mantenga uniforme y no sobrepase los siguientes valores:

- Material menor que malla #4 ASTM: 8%.
- Material menor que malla ¾" ASTM: 2%.
- Material menor que malla 1 ½" ASTM: 1%.

Los acopios estarán dispuestos de manera que permitan siempre su empleo en la misma secuencia en que han ingresado. Estarán separados en al menos dos fracciones, una para áridos gruesos (gravas y gravilla) y otra para áridos finos (arena). Se analizará la calidad de los acopios a través de los ensayos correspondientes y se tomarán las muestras respectivas para efectuar las dosificaciones.

Por lo menos dos semanas antes de comenzar las faenas de confección del hormigón, el Contratista, por escrito, someterá a aprobación de la I.T.O. la granulometría que propone emplear.

Durante la obra el Contratista podrá solicitar a la I.T.O. un cambio en la granulometría aprobada, basándose en los ensayos de la arena que se está utilizando.

En forma adicional a ello, cada parte de arena de un nuevo origen que llegue al lugar de la fabricación del hormigón se someterá a las pruebas mínimas de porcentaje de arcilla, contenido de

materia orgánica y sales (cloruros, sulfatos), para lo cual se mantendrán, en obra, los elementos de laboratorio correspondiente. Asimismo, se hará esta determinación en caso de percibir evidencias de cambios de características del material de un mismo origen.

El control de los áridos se deberá efectuar al menos una vez por semana, cada vez que se reciba en planta de fabricación del hormigón 500 m<sup>3</sup> de material, o cada vez que cambie la fuente de aprovisionamiento.

Estos controles incluirán como mínimo determinación de granulometría, densidad aparente, densidad real, absorción de agua, peso específico, contenido de materia orgánica, contenido de partículas de tamaño inferior a 0,08 mm y contenido de sales solubles. La humedad de los áridos se controlará cada vez que se renueven los acopios y cada vez que las condiciones ambientales modifiquen su contenido de agua.

Los áridos deberán estar libres de materia orgánica, finos en exceso o sustancias que dañen al hormigón.

#### 2.3.5. Aditivos

El hormigón podrá contener aditivos que sirvan para mejorar las propiedades de éste, los cuales podrán ser: incorporadores de aire, súper plastificantes, aceleradores o retardadores de fraguado, u otros que se requieran, los cuales deberán ser previamente aprobados por la I.T.O.

Los aditivos del hormigón que se empleen en las obras deberán cumplir con la norma NCh2182:2010 "Hormigón y mortero - Aditivos - Clasificación y requisitos" y las indicaciones del código ACI 318 "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", punto 3.6 "Admixtures".

El uso de un determinado aditivo, que se incorpora al hormigón fresco con el fin de mejorar alguna de sus características, deberá quedar recogido en notas de planos y/o especificaciones especiales, o bien, ser aprobado por la I.T.O. y por el Proyectista, previa solicitud del Contratista. La I.T.O. se cerciorará que el producto cumple con las normas citadas y que no modifica negativamente otras propiedades del hormigón como calor de hidratación, retracción, estanqueidad y docilidad. Este control lo realizará antes del empleo y de manera periódica durante su uso. El producto deberá ser, además, de reconocida idoneidad técnica y haber sido aplicado con éxito en obras similares. Deberá aplicarse siguiendo fielmente las instrucciones del fabricante y de preferencia bajo su asesoría. La calidad de los aditivos será objeto de una vigilancia periódica por parte de la I.T.O., quien determinará las variaciones de dosificación que estime necesarias u ordenará su eliminación si no se consiguen los efectos esperados o introduce otras consecuencias nocivas por su uso.

No se permitirá, bajo ningún motivo, la existencia de cloruros u otras sustancias dañinas. Los aditivos deberán ser de fabricantes autorizados y competentes, y con sus respectivos certificados de garantía.

Para su uso se deben respetar estrictamente las instrucciones del fabricante y su control debe ser hecho por un laboratorio autorizado.

Los aditivos deberán transportarse y almacenarse de forma que su calidad no resulte afectada por influencias físicas o químicas.

El almacenamiento se debe realizar en envases bien cerrados, en lugares secos, frescos y bajo techo. Para todos los casos deben seguirse las direcciones de almacenamiento que indique el fabricante.

Ciertos aditivos se embarcan en forma de polvo para ser disueltos en agua antes de su adición al hormigón. En esos casos, sólo deben mezclarse en tanques de almacenamiento para tener la seguridad de que se adicionan todos los componentes del aditivo para cada amasado.

Tanto la calidad como las condiciones de almacenamiento y utilización, deberán aparecer claramente.

### 2.3.6. Sellantes de curado para losas de hormigón

Se denominan productos filmógenos o sellantes de curado aquéllos que, aplicados sobre la superficie del hormigón fresco, forman una membrana continua que reduce la pérdida de humedad durante el período de primer endurecimiento, reduciendo al mismo tiempo la elevación de temperatura del hormigón expuesto a los rayos solares, debido a la pigmentación clara de la membrana. Los productos comprendidos bajo esta definición pueden emplearse como medio de curado del hormigón fresco, así como con posterioridad al desencofrado o a un curado húmedo inicial.

Los productos filmógenos de curado serán compuestos líquidos, tipo pintura, integrados por una base y un disolvente volátil, que en ningún caso producirán efectos dañinos sobre el hormigón. En general, la base, o porción no volátil, constará de un pigmento claro, preferentemente blanco, finamente dividido, y un vehículo, que estará compuesto de ceras naturales o sintéticas, o bien de resinas.

Los protectores de membrana de curado serán del tipo Antisol de Sika o un equivalente aprobado. No se utilizará ninguna clase de producto filmógeno de curado, sin la aprobación previa y expresa de la I.T.O., previa solicitud del Contratista.

La maquinaria y equipos utilizados en la distribución superficial del producto filmógeno de curado asegurarán una distribución continua y uniforme de la película aplicada, así como la ausencia de zonas deficitarias en protección.

Antes de proceder a la aplicación en obra del producto filmógeno de curado, la I.T.O. exigirá que se realicen pruebas sobre placas metálicas o de vidrio, dispuestas aleatoriamente, para comprobar la uniformidad de distribución lograda con el equipo.

El producto filmógeno de curado será de una consistencia tal que se pueda aplicar fácilmente mediante pulverizado, durante el fraguado y primer período de endurecimiento, en una capa uniforme, a una temperatura de cuatro grados Celsius (4°C) o superior. Al aplicar el producto sobre el hormigón, según la dosificación especificada, será posible apreciar visualmente la uniformidad de su reparto.

El producto deberá adherirse al hormigón fresco y también al hormigón endurecido húmedo, formando una película continua, sin sufrir deterioros durante su aplicación. El líquido filmógeno pigmentado no deberá reaccionar perjudicialmente con el hormigón, particularmente con los iones de calcio.

La I.T.O., dependiendo del tipo de producto filmógeno a emplear, podrá exigir la realización de un tramo de ensayo, para definir posteriormente la forma más adecuada de aplicación.

En zonas donde se advierta visualmente un recubrimiento deficiente, se hará una aplicación de repaso, antes de transcurrida una hora desde la aplicación inicial.

Después de doce horas de ser aplicado, el producto no permanecerá viscoso, ni se adherirá al calzado dejando huella cuando se camine sobre él, ni tampoco proporcionará una superficie deslizante al hormigón.

Una vez seca, la película formada deberá ser continua, flexible y sin roturas o lagunas visibles, y deberá permanecer intacta al menos siete días (7d) después de su aplicación. Transcurrido este plazo, la membrana deberá poder disgregarse gradualmente hasta desaparecer, bajo la influencia de los agentes atmosféricos o del uso.

El producto filmógeno se aplicará en las proporciones indicadas por el fabricante.

Las partidas de filmógenos deberán poseer un certificado o sello de calidad reconocido emitido por el organismo competente.

Las partidas de filmógenos irán acompañadas de sus instrucciones de uso, en las que entre otras cosas figurarán los tiempos de espera recomendados en función de las condiciones atmosféricas.

El producto será expedido en envases adecuados para que no sufra ningún tipo de alteración y deberá rechazarse si, en el momento de abrir el recipiente que lo contiene, presenta costras o sedimentaciones importantes.

El producto filmógeno de curado podrá ser almacenado, sin deterioro, durante seis meses como mínimo. El producto no deberá sedimentar ni formar costras en el recipiente, y será capaz de adquirir una consistencia uniforme después de ser batido moderadamente o agitado con aire comprimido.

La retención de humedad del producto filmógeno se valorará mediante la obtención de los siguientes parámetros:

- Índice de protección: es la cantidad de agua, en kilogramos por metro cuadrado ( $\text{kg/m}^2$ ), que el producto aplicado ha evitado que pierda el hormigón, en un determinado tiempo.
- Coeficiente de eficacia: es el valor anterior expresado en tanto por ciento (%), respecto a las pérdidas de agua del hormigón sin tratar con el producto.

El índice de protección deberá ser superior a dos kilogramos por metro cuadrado ( $2 \text{ kg/m}^2$ ) y el coeficiente de eficacia superior al ochenta por ciento (80%).

Para efectuar la recepción del producto, las partidas de filmógenos deberán ir acompañados de la documentación adecuada. En cualquier caso, la I.T.O. podrá exigir información, contra ensayos o ensayos suplementarios relativos a las propiedades del producto y su comportamiento después de la aplicación.

#### 2.3.7. Adhesivos

Los anclajes de armadura al hormigón existente se realizarán con adhesivos a base de resinas epoxi del tipo Sikadur 31 o un equivalente aprobado por la I.T.O.

Las formulaciones epoxi se presentan en forma de dos componentes básicos: resina y endurecedor, a los que pueden incorporarse agentes modificadores, tales como diluyentes, flexibilizadores, cargas y otros, que tienen por objeto modificar las propiedades físicas o químicas de dicha formulación, o abaratarla.

En cada caso, se estudiará una formulación adecuada a las temperaturas que se prevean, tanto la ambiente como la de la superficie en que se realiza la aplicación.

El tipo de formulación a utilizar deberá ser aprobado previamente por la I.T.O. y sus características deberán ser garantizadas por el fabricante.

En las utilizaciones en las que el espesor de la capa de resina aplicada sea superior a tres milímetros (3 mm), se utilizarán resinas de módulos de elasticidad relativamente bajos.



En el caso de grietas y fisuras, el tipo de formulación a utilizar será función de la abertura de la grieta y de su estado activo o estacionario. Las grietas activas se inyectarán con resina de curado rápido.

Antes de proceder a la aplicación de la formulación sobre una superficie, deberán eliminarse:

- La lechada superficial, de aproximadamente un milímetro (1 mm) de espesor, formada durante el vibrado del hormigón.
- Cualquier tipo de grasa o suciedad que pueda hacer, en el momento de la aplicación, el papel de un agente de desmoldeo; se incluyen aquí los agentes de curado, que son frecuentemente ácidos grasos o materiales resinosos.
- Los residuos de sales fundentes utilizadas en tratamientos invernales.

En las zonas en que sea muy acentuada la presencia de alguno de los contaminantes anteriormente descritos, se realizará una limpieza previa, para lo que se utilizarán preferentemente medios mecánicos. Cuando esto no sea posible, y previa autorización de la I.T.O., podrán usarse detergentes no iónicos y, en último caso, disolventes clorados o naftas de bajo punto de ebullición, tomándose las medidas de seguridad oportunas.

La limpieza definitiva se realizará mediante uno de los procedimientos que se enumeran a continuación en orden de efectividad: chorro de arena, abrasión profunda o corte, escarificación mecánica y ataque por solución ácida.

Los elementos metálicos que van a unirse a hormigones, se tratarán superficialmente mediante aplicación de chorro de arena si se trata de eliminar el óxido, o mediante disolventes que no contengan ion cloro si se trata de grasa. Las superficies se tratarán inmediatamente antes de la aplicación de la resina, para evitar una nueva oxidación.

Los componentes de la formulación deberán almacenarse a la temperatura indicada por el fabricante, al menos doce horas antes de su uso.

La mezcla se realizará mecánicamente, excepto para cantidades inferiores a un litro. El endurecedor se añadirá gradualmente a la resina durante el mezclado.

Antes de proceder a la mezcla de los componentes, deberá conocerse exactamente el período de fluidez, o «pot-life», de la mezcla, período durante el cual puede utilizarse una formulación, no debiendo mezclarse cantidades cuya aplicación requiera un intervalo de tiempo superior a dicho período. En general, no se mezclarán cantidades cuya aplicación dure más de una hora, ni cuyo volumen sea superior a seis litros. No se apurarán excesivamente los envases que contienen la formulación, para evitar el empleo de resina o endurecedor mal mezclados que se encuentren en las paredes de los mismos.

Antes de proceder a la aplicación de la formulación epoxi, se requerirá la aprobación de la I.T.O.

Como ya se ha indicado, la formulación será la adecuada a la temperatura, tanto del ambiente como la de la superficie en que se realiza la aplicación. Si las temperaturas reales difieren de las previstas, se dispondrán los medios necesarios para conseguir estas temperaturas o se detendrá la ejecución de la obra.

En el caso de aplicación sobre superficies, ésta se efectuará mediante cepillo, brocha de pelo corto, espátula de acero o goma, o pistola de extrusionado. Se cuidará que la resina moje totalmente los sustratos. Si la formulación contiene gran proporción de filler y es, por tanto, muy viscosa, se realizará una imprimación previa mediante la misma formulación sin filler, para conseguir un mojado perfecto de las superficies.

En el caso de inyección de grietas y fisuras, no se aplicarán presiones superiores a siete kilopondios por centímetro cuadrado (7 kp/cm<sup>2</sup>), a fin de evitar daños en la estructura, salvo que la I.T.O. autorice presiones superiores.

Las grietas deberán sellarse externamente antes de la inyección, y, en el caso de que traspase al otro lado, se sellarán ambos lados. Periódicamente, y con espaciamentos del orden de una vez y media la profundidad de la grieta, se deberán dejar unas aberturas en la superficie de sellado para permitir a través de ellas la inyección.

La inyección deberá comenzar por la abertura más baja, manteniéndose hasta que aparezca la resina por la inmediata superior, pasando a inyectar en ese momento desde ésta. En el caso de que la cantidad de resina inyectada, sin aparecer por la abertura siguiente, sea considerada anormal, se detendrá la inyección estudiando las causas y comprobando el estado general de la zona inyectada.

#### 2.3.8. Insertos y anclajes

Los elementos misceláneos que queden embebidos en el hormigón (pernos de anclaje, manguitos, empalmes de tuberías, conduits eléctricos, planchas y perfiles metálicos diversos, etc.) serán detallados, fabricados e instalados conforme a las Especificaciones Técnicas generales y particulares para Suministro, Fabricación y Montaje de Estructuras de Acero.

Todos los elementos auxiliares insertos o fijados en el hormigón, destinados a drenajes, abastecimiento de agua potable, instalaciones eléctricas, aire comprimido, cualquier otro tipo de instalación o servicio necesario para la funcionalidad de la obra, camisas para pernos de anclaje, manguitos, drenajes, ángulos para soleras y cunetas, marcos de puertas, conductos, cajas de salida, "unistruts" y otros materiales para juntas de expansión y obstrutores de agua, deberán quedar correctamente dispuestos en modo y lugar tal y como quede recogido en planos y especificaciones técnicas de proyecto y anclados firmemente antes de colocar el hormigón. Antes de proceder al hormigonado, la I.T.O. deberá inspeccionar y aprobar la colocación de los insertos que quedarán embebidos. Los errores, incongruencias o eventualidades de cualquier tipo que pudieran presentarse serán responsabilidad del Contratista, así como su subsanación sin derecho a cobro alguno.

La parte embebida en el hormigón deberá estar limpia de grasa, aceite, óxido, polvo y no se pintará. Su colocación será ejecutada según Norma ACI 301 y deberá ser aprobada por la I.T.O. antes de efectuar el hormigonado.

Toda tubería que deba quedar incluida en el hormigón tendrá dimensiones y estarán colocadas de tal forma que no reduzcan la resistencia ni la estabilidad de los elementos estructurales, previa aprobación del especialista.

Será obligatorio colocar y sujetar los pernos de anclaje con plantillas metálicas, de espesor mínimo de 5 mm, y posicionadas a la elevación aproximada de la futura placa base. El uso de plantillas tiene el objetivo del correcto posicionamiento de pernos de anclaje y demás elementos que servirán de fijación de la superestructura metálica, a fin de garantizar la colocación de los mismos en los lugares previstos en proyecto, de tal manera que no se produzca incompatibilidad de geometrías que den lugar a imposibilidad de montaje de los elementos de superestructura en ellos fijados. La I.T.O. deberá inspeccionar la colocación de la plantilla y deberá dar su aprobación previa al hormigonado de los elementos de anclaje embebidos. Los errores, incongruencias o eventualidades de cualquier tipo que pudieran presentarse y que pudieran dificultar o impedir el montaje de la superestructura metálica serán responsabilidad del Contratista, así como su subsanación sin derecho a cobro alguno.



Todos los insertos y pernos de anclaje serán chequeados con instrumentos de topografía, previamente al hormigonado. Adicionalmente, si la I.T.O. determinara que fuera necesario, se deberán chequear también durante y al término del hormigonado.

A menos que se indique lo contrario, todos los pernos de anclaje se colocarán perpendicularmente a la superficie de apoyo de la placa base.

En el momento de colocar el hormigón, las porciones de los insertos que irán embutidos deberán estar libres de aceite, tierra, polvo, escamas sueltas, chapa de laminación, óxido y mortero suelto. Los hilos de los pernos de anclaje deberán protegerse de derrames de lechada. Tanto los elementos de aluminio como elementos galvanizados no deberán ser embebidos ni empotrados con ningún tipo de hormigón sin un recubrimiento de protección aprobado por la I.T.O.

## 2.4. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

### 2.4.1. General

Los hormigones en edificios, fundaciones, muros de contención, depósitos, cierros, otras obras de hormigón y el de los emplastillados, serán hormigones fabricados en planta especializada aprobada por la I.T.O., y deberá estar en conformidad con la norma NCh1934 of 92. Por otra parte, a menos que en estas especificaciones se indique lo contrario, el hormigón premezclado deberá cumplir con las exigencias de la norma ASTM C94.

En el caso de utilizarse hormigones no estructurales, la dosificación debe realizarse siguiendo las presentes especificaciones.

### 2.4.2. Clases de hormigón

#### 2.4.2.1. Hormigón estructural

Hormigón grado H30 según NCh170 Of. 2013, correspondiente a una resistencia a 28 días de probetas cúbicas de  $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ . El nivel de confianza aceptado será del 90 %.

#### 2.4.2.2. Hormigón pobre para emplastillados y rellenos

El hormigón empleado para emplastillados y rellenos contendrá una dosis mínima de cemento de  $170 \text{ kg/m}^3$  de hormigón (artículo 5.10.1 Hormigones no controlados de la norma NCh170).

### 2.4.3. Dosificación

La proporción de cada uno de los componentes del hormigón (en peso) deberá ser determinada en forma previa al inicio de la faena, mediante mezclas de pruebas, para los distintos grados de consistencia y calidades o tipos de hormigón requeridos.

Las mezclas de prueba deberán estudiarse para obtener una resistencia media dada por la expresión:

$$f_r = f_{ck} + t \cdot x \cdot s$$

Donde:

$f_{ck}$  = Resistencia característica a compresión.

$f_r$  = Resistencia media de las muestras.

t = Factor asociados al nivel de confianza.

Para un 90 % de nivel de confianza  $t = 1,282$ .

s = Factor asociado a las condiciones de control previstas para la obra.

Para empresa pre-mezcladora (con historial)  $s = 4$  MPa.

Para condiciones buenas (control sistemático)  $s = 5$  MPa.

Para condiciones medias (control esporádico)  $s = 7$  MPa.

La dosificación que se obtenga deberá ser entregada para aprobación a la Inspección Técnica de las Obras (I.T.O.), con un plazo de al menos 5 días de anticipación con respecto a las faenas de hormigonado, y deberá contener los siguientes antecedentes:

- Tipo y dosis de cemento por  $m^3$ .
- Características de los áridos, procedencia, curva granulométrica, tamaño máximo y dosificación en  $kg/m^3$ .
- Razón agua/cemento y asentamiento de cono previstos para el hormigón.
- Identificación y dosis de aditivos en caso de prever su empleo.
- Resultados de ensayos de resistencia a 3, 7 y 28 días, a muestras de prueba.

La resistencia media de las mezclas de prueba deberá ser como mínimo  $50 kg/cm^2$  superior a la resistencia mínima exigida al hormigón de proyecto.

El agua de amasado debe corregirse considerando la humedad de los áridos. Esta última debe verificarse periódicamente, y se introducirán las modificaciones pertinentes a la dosificación cada vez que se registren variaciones importantes de las condiciones medias de la humedad ambiente.

No se aceptarán hormigones cuya banda granulométrica presente discontinuidades o privilegie tamaños de áridos en su composición. La dosificación deberá ser revisada si se produce un cambio en la granulometría tal que el módulo de finura varíe más de un 0,10.

En general se considerará un tamaño máximo del agregado de 38 mm.

La relación máxima de agua cemento será de 0,45.

#### 2.4.4. Granulometría de los áridos

Considerando las características de los áridos disponibles (granulometría, densidad, textura, etc.) se emplearán las cantidades y proporciones que garanticen 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 de los áridos combinados.

La curva granulométrica del árido combinado se podrá confrontar con las recomendadas en el Anexo B de la norma NCh163.

#### 2.4.5. Consistencia de la mezcla

Será determinada por medio de la medida del asentamiento de cono de acuerdo a la norma NCh1019 of.74.

Según la Tabla 5 incluida en el apartado 5.4. Elección de la docilidad, de la norma NCh170 la docilidad del hormigón en el momento de su colocación, medida por el asentamiento del cono de Abrams, para hormigón armado y compactado por vibración será de 4 a 10 cm. En situaciones de hormigonado de dificultad normal se prescribe un asentamiento de 4 a 7 cm.

En las zonas de mayor densidad de enfierradura o de dificultad de vertido o vibrado del hormigón, el asentamiento podrá aumentarse a un valor comprendido entre 8 y 10 cm. El uso de asentamientos superiores deberá ser autorizado por la I.T.O. y el Proyectista y sólo se podrá conseguir mediante uso de aditivos plastificantes.

Especial atención requerirán las zonas de encuentro de elementos estructurales, en cuyo caso deberá aplicarse lo indicado en las especificaciones técnicas particulares y/o resolverse en terreno previa aprobación de la I.T.O.

La dosificación del hormigón deberá ajustarse al asentamiento que se emplee, de manera de obtener la resistencia especificada.

## 2.5. FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

Los hormigones en edificios, fundaciones, muros de contención, fosos y depósitos, cierros, otras obras de hormigón y el de los emplantillados, serán hormigones fabricados en planta especializada previamente aprobada por la I.T.O., y deberá estar en conformidad con la norma NCh1934 of 92.

La planta deberá mantener un registro de la producción que permita asociar partidas en forma inequívoca, con el resultado de muestreos obtenidos de la misma, con la dosificación empleada en su confección, con las características del cemento, agua, áridos y aditivos (en caso de que se empleen). Además, deberá indicarse fecha y lugar preciso de colocación del hormigón en la obra.

La planta de hormigón deberá estar en posesión del sello o certificado de calidad correspondiente otorgado por el organismo competente. Se presentará un dossier con la documentación y ensayos de autocontrol realizados por laboratorios autorizados, necesarios para la obtención del sello de calidad. Fundamentalmente, los registros a facilitar a la I.T.O. relativos a la planta de fabricación de hormigones serán los relacionados con los sistemas de aseguramiento de la calidad y con los controles de laboratorio periódicos realizados sobre cementos, áridos, aditivos, agua y cualquier otro componente de los hormigones confeccionados en la planta. Dichos controles serán equivalentes a los recogidos en el apartado 2.7.7 Controles de calidad de materiales y de la confección del hormigón, de estas Especificaciones Técnicas.

Por otra parte, a menos que en estas especificaciones se indique lo contrario, el hormigón premezclado deberá cumplir con las exigencias de la norma ASTM C94.

La I.T.O. y el Proyectista podrán autorizar el uso de hormigones no fabricados en planta sólo en volúmenes pequeños y para elementos secundarios con poca o nula importancia estructural. La dosificación debe ser en peso con materiales de buena calidad, mantenidos de manera correcta.

Para el caso de fabricación de hormigones no estructurales se recomienda seguir las siguientes especificaciones.

### 2.5.1. Dosificación y pesaje

Las proporciones de la mezcla para los distintos tipos de hormigón se harán de acuerdo a la dosificación propuesta por el Contratista y aprobada por la I.T.O. según los requisitos recogidos en estas Especificaciones Técnicas. Todo hormigón deberá elaborarse a máquina. La medición de los materiales y la mezcla deben cumplir con las prescripciones de las normas NCh170 Of. 2013 y ACI 304R. Durante el tiempo cálido o frío la colada y la mezcla deberán cumplir con las recomendaciones de la norma ACI 305R o 306R.

El sistema de dosificación en peso de la planta de hormigones debe permitir la medida de los materiales que componen la mezcla dentro de las siguientes tolerancias:

- Cemento:  $\pm 1\%$  (en peso).
- Agregados:  $\pm 2\%$  (en peso).
- Agua:  $\pm 1\%$  (en peso o en volumen).

La tolerancia se aplica sólo al agua agregada en la mezcladora.

### 2.5.2. Mezclado

La máquina mezcladora (betonera) deberá tener una capacidad adecuada para las necesidades de la obra y deberá ser capaz de mezclar los agregados, el cemento y el agua hasta formar una masa uniforme dentro del tiempo especificado para la mezcla, y descargar ésta sin segregación.

La medida del tiempo de revoltura se hará mediante reloj o cuenta vueltas. El tiempo exacto o el número de vueltas de la revoltura se determinarán empíricamente en terreno previo al inicio de los trabajos y para cada tipo de dosificación. En todo caso, el tiempo mínimo será de 1,5 minutos por cada 1,5 m<sup>3</sup> o fracción adicional.

En el caso de camiones mixers que se utilicen como revolventes, se determinará el número de vueltas necesarias para obtener un hormigón homogéneo de acuerdo a lo indicado por norma NCh1789 of 86.

Se proveerán controles para asegurar que la mezcladora no pueda ser descargada hasta que haya transcurrido el tiempo requerido de mezcla. Sólo la cantidad de hormigón requerida para uso inmediato será mezclada.

Para el caso de hormigones fabricados en obra, el orden de alimentación dependerá del tipo de betonera. Como norma general, los materiales deben cargarse de más fino a más grueso y el agua se debe agregar 2/3 al comienzo del carguío y el tercio restante al final para corregir la consistencia.

La operación debe garantizar la máxima homogeneidad del hormigón, para lo cual deberá cuidarse especialmente las siguientes fuentes de error:

- La carga de la betonera no deberá exceder de su capacidad nominal.
- Superposición de revolturas en la betonera. La carga de hormigón preparada debe descargarse completamente antes que la mezcladora se vuelva a cargar.
- Pérdidas de material en transferencia de carga a la betonera.
- Retención de material en la o las tolvas de pesaje.
- Limpieza total de la máquina, la que se efectuará como mínimo una vez al final de cada jornada de trabajo.
- No se aceptarán excesivas emanaciones de polvo por manipulación de áridos, ni polvo de cemento vertido al ambiente.

### 2.6. AUTORIZACIÓN PARA HORMIGONAR

La I.T.O. deberá dejar constancia en el Libro de Obra de las autorizaciones para hormigonar los diferentes elementos o sistemas, previa comprobación de que los moldajes, enfierraduras, elementos insertados o pasados, contraflechas y alzaprimas, se encuentren ejecutados correctamente y se dispone de los elementos para vibrar según 2.7.6 de esta Especificación Técnica. Esta autorización no libera al Contratista de la responsabilidad de la correcta ejecución.

Previamente a la colocación del hormigón (ver capítulo 10 de NCh 170) deberán efectuarse trabajos mínimos de preparación de la superficie a hormigonar:

- a) Se procederá a la preparación de la superficie que va a ser cubierta con hormigón, de acuerdo a su naturaleza. Se limpiará y humedecerá o mojará cuidadosamente el sitio de colocación, eliminando apozamientos de agua, así como los elementos sueltos, restos de lechada de cemento y otros.
- b) Verificar la impermeabilidad del sitio de colocación para evitar pérdidas por absorción.
- c) Si la superficie corresponde a terreno natural o compactado formado por material excavado hasta los límites en que es apto para fundar y aprobados por la I.T.O., deberá compactarse superficialmente hasta obtener la densidad que haya sido especificada en el mismo documento. Sobre el terreno ya preparado se construirá un emplantillado.
- d) Revisión que todos los elementos embebidos correspondientes a la etapa hayan sido incluidos, según lo definido en planos y especificaciones correspondientes.
- e) Verificación que el moldaje y las armaduras estén de acuerdo a planos, a los detalles y especificaciones respectivas. Las pasadas de ductos que cortan las mallas de refuerzo deberán ser reforzadas en todo su alrededor con barras de diámetro superior al mayor de la malla.
- f) Limpieza con agua y aire a presión hasta eliminar toda traza de suciedad acumulada. Esta limpieza deberá efectuarse inmediatamente antes del hormigonado.
- g) Aplicación de adhesivos especiales para hormigones o puentes de adherencia en caso de estar indicado en especificaciones especiales de la obra, planos y/o instrucciones por escrito de la I.T.O. Los puentes de adherencia deberán ser de calidad reconocida y aplicados fielmente según las instrucciones del fabricante.
- h) Verificaciones de que han transcurrido los plazos especificados entre etapas de hormigonado.

## 2.7. COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN EN OBRA

### 2.7.1. Disposiciones generales

Se cumplirá con lo establecido en el capítulo 10 de la NCh170.

El Contratista deberá entregar por escrito a la I.T.O. en forma oportuna, la programación de la colocación de hormigón que abarque un período de 7 días, para la aprobación. Cualquier modificación a este programa deberá ser puesta en conocimiento de la I.T.O. con la debida antelación.

Las comprobaciones finales para aprobar dicha colocación las hará la I.T.O. solo una vez terminada la colocación de los moldajes, armaduras e insertos y después de haberse realizado la limpieza final de ellos.

La I.T.O. podrá ordenar al Contratista la remoción y reconstrucción de los hormigones colocados sin la aprobación previa.

El hormigón se deberá depositar directamente, tan cerca como sea posible de su posición definitiva. Si es necesario mover lateralmente el hormigón, éste podrá ser paleado pero no trasladado por vibración.

No se permitirá colocar el hormigón desde alturas mayores a 1,5 m. En caso de ser necesario, la operación se hará mediante embudos y conductos cilíndricos ajustables, rígidos o flexibles, de

bajada, evitando así que la caída libre provoque la segregación. Esta limitación de altura de caída del hormigón es válida, aunque se utilicen moldajes que son capaces de soportar mayor presión que la que genera esta altura.

No se permitirá que el hormigón tenga que caer lateralmente más de 1,25 m desde el punto de vaciado.

En el hormigonado de superficies inclinadas, el hormigón fresco tiene tendencia a deslizarse hacia abajo, especialmente bajo el efecto de la vibración. Si el espesor de la capa y la pendiente son grandes, será necesario utilizar un moldaje superior. En caso contrario, se hormigonará sin este contramoldaje, colocando el hormigón de abajo hacia arriba, por roscas, cuyo volumen y distancia a la parte ya compactada será de tal manera que el hormigón ocupe su lugar definitivo después de una corta acción del vibrador. Se prestará especial atención a la consistencia del hormigón, controlada mediante cono de Abrams. En general, la consistencia de este hormigón será plástica, asentamiento de cono menor o igual a 5 cm, para evitar deslizamientos.

En losas, el extendido del hormigón se ejecutará por tongadas, dependiendo del espesor de la losa, de forma que el avance se realice en todo el frente del hormigonado.

En vigas, el hormigonado se efectuará avanzando desde los extremos, llenándolas en toda su altura, y procurando que el frente vaya recogido para que no se produzcan segregaciones, ni la lechada escurra a lo largo del encofrado.

Cuando esté previsto ejecutar de un modo continuo las columnas y los elementos horizontales apoyados en ellas, se dejarán transcurrir por lo menos dos horas antes de proceder a construir dichos elementos horizontales, a fin de que el hormigón de los elementos verticales haya asentado definitivamente.

Los alzados de muros se hormigonarán en paños de alturas no mayores de 2.50 m, al quedar limitada la altura de caída libre del hormigón a ese valor, para los asentamientos de cono previstos (4 a 10 cm) según la tabla 8 Altura de caída libre del hormigón recogida en la norma NCh170.

No se colocará en obra ningún hormigón cuyo fraguado haya comenzado, quedando absolutamente prohibida la adición de agua para mejorar su docilidad y hacer posible su colocación en obra. Asimismo, si el tiempo transcurrido entre el vertido de hormigón de dos capas sucesivas es tal que ha comenzado el fraguado de la primera capa, se dispondrá junta de hormigonado.

### 2.7.2. Transporte y vaciado

El transporte deberá establecerse de manera que cumpla las siguientes condiciones básicas:

- a) Que ocupe el tiempo mínimo posible desde la planta de hormigón al sitio de colocación. Este tiempo no podrá exceder el 50% del tiempo de comienzo de fraguado del cemento en uso, ni deberá provocar pérdidas de asentamiento del hormigón que excedan de 3 cm.

El límite básico que se establece a continuación se aplicará en el caso de hormigones sin retardador de fraguado. Para los hormigones con retardador de fraguado estos límites podrán aumentar en lo que indique la I.T.O., de acuerdo a la dosificación de Retardador de fraguado y otros factores que intervengan. El tiempo límite básico (término del amasado en planta hasta su colocación en moldes) para hormigones debidamente agitados durante el transporte, será de 45 minutos y de 30 minutos para hormigones sin agitación posterior. Estos tiempos podrán ser aumentados si la I.T.O. establece que los aditivos empleados lo permiten sin afectar la calidad del hormigón, consistencia, docilidad y homogeneidad.



El hormigón transportado deberá protegerse adecuadamente de la influencia del clima, en especial de la lluvia y el viento, y heladas en tiempo frío, y además cuando la temperatura ambiental sea superior a 30°C.

- b) No deberá producir segregación ni pérdida de los componentes del hormigón (en particular el agua de amasado).
- c) Deberá permitir el vaciado del hormigón con el asentamiento previsto en la dosificación sin adiciones de agua posteriores.
- d) Los medios que se empleen en el transporte de hormigón deberán ser capaces, a juicio de la I.T.O., de vaciar hormigones con asentamientos bajos o medianos sin producir segregación o separación importante.
- e) El estado de funcionamiento de los equipos deberá ser óptimo en el momento de su utilización en obra. La I.T.O. no autorizará ningún trabajo de hormigonado si considera que el Contratista no ha dispuesto suficientes equipos y que éstos no se encuentren en buenas condiciones de uso.
- f) Se indican a continuación las exigencias mínimas que deberán cumplir algunos de los equipos y elementos usados habitualmente para el transporte y la colocación del hormigón:

- Camiones – Betoneras

Deberán emplearse en las condiciones de capacidad de carga y velocidad de revoltura especificados por el fabricante.

Durante el transporte, el camión – betonera deberá girar a su velocidad de agitación, la cual se aumentará a la de amasado durante un mínimo de cinco vueltas de la betonera antes de proceder a su vaciado.

El uso de camiones – betonera como elemento de revoltura del hormigón estará condicionado a una verificación por parte de la I.T.O. de que ésta es suficientemente homogénea, para lo cual ésta determinará el procedimiento a seguir.

- Camiones – tolva

Su empleo se limitará al caso de hormigones con asentamiento de cono igual o inferior a 6 cm y a distancias de transporte que no excedan de 3 Km por caminos en buenas condiciones de tránsito.

La compuerta de la tolva deberá ser estanca para impedir la pérdida de agua o mortero del hormigón que se transporta.

- Capachos para hormigón

Se podrá transportar el hormigón en capachos que puedan descargar hormigón de bajo asentamiento.

- Canaletas (Ver párrafo 9.3.2 de NCh 170 Of. 85)

Su empleo deberá ser aprobado por la I.T.O. y deberán ser de metal o revestidas en planchas metálicas. La superficie de escurrimiento del hormigón deberá ser lisa y sin irregularidades.

Su pendiente deberá ser adecuada para producir un escurrimiento continuo y sin segregación del hormigón, con el asentamiento de cono que haya sido especificado.

En su extremo de descarga deberán estar provistas de un embudo con el objeto de disminuir al mínimo posible la segregación que normalmente se produce en este punto.

- Cintas transportadoras

Se podrán emplear cintas transportadoras siempre que se cumplan como mínimo las condiciones siguientes:

- Las cintas están provistas de una tolva de alimentación y un embudo de descarga.
- La velocidad de alimentación sea tal que el escurrimiento del hormigón se realice en forma continua.
- Su pendiente deberá determinarse de manera tal que permita transportar hormigón del asentamiento especificado sin que se produzca segregación ni cambios en la consistencia y docilidad.

- Bombas para hormigón

Las bombas para hormigón y su equipo auxiliar deberán estar en óptimas condiciones de funcionamiento en el momento de su utilización. La capacidad de las bombas y las dimensiones de las tuberías deberán ser aprobadas por la I.T.O. antes de iniciar las obras. La aprobación se podrá basar, en parte, en registros de trabajos anteriores que muestren un funcionamiento satisfactorio.

Su uso deberá ajustarse a las indicaciones del fabricante en lo relativo a distancia y altura de bombeo y a las indicaciones de curvas en el trazado de las tuberías y presiones.

Antes de iniciar el hormigonado, la I.T.O. deberá aprobar las ubicaciones del agitador de la bomba y de las tuberías con respecto a los moldajes. Se deberá planificar cuidadosamente las operaciones con el fin de evitar todo peligro de juntas de hormigonado no previstas. Deberá reducirse a un mínimo la pérdida de asentamiento del hormigón en la bomba y en las tuberías, protegiendo ésta última si es necesario contra el efecto del calor.

Inmediatamente antes de la iniciación del hormigonado, se deberá cebar la bomba y las tuberías bombeando mortero del equipo. El mortero deberá dosificarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante, con presentación previa de antecedentes a la I.T.O.

### 2.7.3. Hormigonado en tiempo frío

Si se prevé que se producirán temperaturas medias diarias inferiores a 10°C durante tres días consecutivos, deberán tomarse precauciones que eviten la perjudicial influencia de las bajas temperaturas sobre las propiedades del hormigón.

Estas precauciones serán como mínimo las siguientes:

- No deberá hormigonarse en los días en que pueda preverse que la temperatura del hormigón pueda descender bajo 5°C. Esta limitación podrá eliminarse si se calienta el agua de amasado y/o los áridos (Ver NCh 170, Anexo D).
- La temperatura del hormigón al momento de su colocación se mantendrá en los valores que se indica en NCh 170, Tabla 26 Anexo D. Posteriormente el hormigón se aislará o calefaccionará para mantener su temperatura sobre esos valores al menos los tres días siguientes al hormigonado.
- El plazo de descimbre de los elementos estructurales deberá fijarse tomando en cuenta el efecto retardador en la resistencia provocado por las bajas temperaturas. Se debe asegurar que el hormigón tenga en todo instante una resistencia adecuada para las solicitudes que deba soportar. El empleo de un acelerador de fraguado para paliar este efecto deberá ser estudiado cuidadosamente y aprobado por la I.T.O.



En general, se usará como referencia la norma ACI-306-R Hormigonado en tiempo frío.

Los procedimientos de hormigonado en bajas temperaturas que proponga el Contratista, deberán contar con la aprobación de la I.T.O. Se deberán efectuar muestreos para verificar la resistencia obtenida del hormigón endurecido, para puesta en obra del mismo en estas condiciones ambientales, así como realizarse estudios de relación temperatura-resistencia.

Para esta condición ambiental se debe considerar la dosificación con el menor contenido de agua posible, compatible con su adecuada puesta en obra y compactación, buscando minimizar la exudación. Esta condición es más importante cuando se hormigonan elementos con juntas de hormigonado y aquellos sometidos a esfuerzos de corte (pedestales).

#### 2.7.4. Hormigonado en tiempo caluroso y seco

La confección, transporte, colocación y curado del hormigón en tiempo caluroso deberá hacerse de acuerdo con lo preconizado por la norma NCh 170, Anexo E, y las condiciones que se indica más abajo.

En particular por las obras hidráulicas que tendrán escurrimientos de agua o que deberán ser estancas, se aplicará lo indicado para el hormigonado con temperaturas extremas.

- Las precauciones son necesarias si la temperatura ambiente a la sombra es igual o superior a 35°C.
- La temperatura del hormigón no deberá exceder de 30°C en elementos corrientes y de 16°C en elementos masivos, en el momento de su colocación, salvo autorización expresa de la I.T.O.
- La colocación de hormigón deberá planearse tomando en cuenta el efecto acelerador del fraguado producido por el calor.
- El hormigón deberá ser transportado inmediatamente después de elaborado, y la colocación y compactación se harán en forma continua y tan rápido como sea posible.
- El empleo de un retardador de fraguado para paliar este efecto deberá ser aprobado por la I.T.O.
- Se evitará el resecamiento superficial del hormigón, cubriéndolo o humedeciendo ligeramente con lluvia fina, pero sin producir lavado de la superficie.
- Se deberá proteger el hormigón colocado de la acción directa del sol y del viento, cubriéndolo adecuadamente de la sobre exposición a ellos.
- Los moldajes de madera deberán rociarse con agua y mantenerse húmedos mientras estén colocados.
- El curado debe aplicarse inmediatamente y continuarse, ininterrumpidamente, por un periodo igual al del hormigonado en casos corrientes, aumentado en un 50%.

#### 2.7.5. Hormigonado en días de lluvia

Podrá colocarse hormigón durante los días de lluvia, siempre que se prevea de una adecuada protección para evitar que el agua de lluvia aumente el contenido de agua de la mezcla o dañe las superficies recién hormigonadas.

El hormigón que acuse un principio de fraguado o haya sido contaminado con sustancias extrañas, no será colocado en obra. Se aceptará una pérdida máxima de asentamiento del cono de Abrams, entre el momento de mezclado y el de colocación del hormigón, de 3 cm. No se permitirá agregar agua para lograr el asentamiento del cono de Abrams indicado.

#### 2.7.6. Vibrado

El hormigón se vibrará en sitio mediante vibradores de inmersión, quedando excluido el empleo de pisones y en forma absoluta el procedimiento de golpear los moldes con mazos de madera u otro material. Se dispondrá en faena de vibradores de diámetro adecuado a los espesores de los elementos. Antes de comenzar una faena de hormigonado debe contarse con vibradores de repuesto suficientes, que permitan el reemplazo oportuno de los elementos que puedan presentar fallas durante dicha faena.

La vibración se hará con vibradores de inmersión de botella de un diámetro no inferior a 2" y de una frecuencia mínima de 8.000 RPM, salvo en aquellos elementos que por sus dimensiones sea necesario el empleo de un diámetro menor.

Cuando se utilice este tipo de vibrador, deberán tomarse las precauciones necesarias para que el espesor de las capas de hormigón colocadas sea como máximo 15 cm inferior al largo de la botella, de manera que al proceder a la compactación, el vibrador penetre en la capa inmediatamente inferior.

Para este mismo objeto, el vibrador de inmersión se usará colocándolo en forma totalmente vertical.

El Contratista deberá, además, disponer de vibradores de diámetro 1" para la compactación de zonas difíciles, por estrechez del moldaje o por la densidad de enfierraduras.

La vibración del hormigón deberá efectuarse en forma ordenada y sistemática, distanciando los puntos de aplicación del vibrador en conformidad con su radio de acción, de manera que no queden zonas mal vibradas.

La separación entre los puntos de inmersión del vibrador deberá ser a lo más 2/3 del radio de acción del vibrador en el hormigón que se esté compactando.

El tiempo de vibración en cada punto de inmersión se prolongará por el tiempo necesario hasta que se empiece a producir el afloramiento superficial de la lechada del hormigón.

En casos especiales, cuando se compacten capas de hormigón de espesor inferior a 20 cm, podrán utilizarse además, vibradores de superficie de una frecuencia mínima de 6.000 RPM. Su velocidad de avance deberá condicionarse a la obtención de una buena compactación en todo el espesor del elemento.

No se permitirá desplazar el hormigón durante su colocación, por medio de los vibradores.

#### 2.7.7. Controles de calidad de materiales y de la confección del hormigón

La I.T.O. controlará, de acuerdo a un programa o protocolo preparado por ella, todas aquellas etapas de la ejecución de los hormigones que estime necesarias y que hayan sido estipuladas en los Documentos del Proyecto, en estas Especificaciones y en las Especificaciones Técnicas Particulares respectivas.

El plan de controles a efectuar será establecido al comenzar la obra y comunicado al Contratista, quien dará las informaciones y facilidades necesarias para su ejecución, sin que ello implique modificaciones de costo y plazo de las obras.

El Contratista deberá tener su propio control de calidad interno, que asegure un fiel cumplimiento de lo establecido en estas Especificaciones Técnicas, además de lo que indiquen los planos del Proyecto y las instrucciones de la I.T.O., la cual establecerá los criterios pertinentes en caso de no estar establecido en Especificaciones.

#### 2.7.7.1. Control del cemento

La I.T.O. someterá el cemento que se empleará en obra a controles periódicos con el objeto de verificar si éste cumple los requisitos especificados. Sus resultados prevalecerán sobre cualquier otro obtenido por un conducto diferente.

Éstos deberán incluir como mínimo las siguientes determinaciones:

- a) Tiempo de fraguado (NCh152:1971).
- b) Resistencia a 3 y 7 días (NCh158:1967).
- c) Extracción de muestras (NCh162:1977).

La I.T.O. analizará los resultados obtenidos y definirá en cada caso las medidas que deberán tomarse.

#### 2.7.7.2. Control de los áridos

La I.T.O. tomará muestras de los agregados pétreos acopiados en las plantas para fabricación de hormigón, directamente desde el punto de carguío de las hormigoneras.

Esta forma de muestras incluirá las cantidades especificadas en la Norma NCh164:2009 y se efectuará con una frecuencia mínima de una muestra de cada tipo de agregado por semana.

La I.T.O. ordenará se ensayen las muestras así tomadas, y los resultados obtenidos se utilizarán tanto para la calificación de los agregados como para la verificación de las dosificaciones de los hormigones.

La I.T.O. podrá rechazar aquellos áridos que no cumplan con las condiciones impuestas por las Normas NCh163:2013 y NCh166:2009.

#### 2.7.7.3. Grado de los hormigones de las obras

- a) Hormigón pobre.

Con este hormigón se construirán todos los emplantillados y rellenos de sobre excavaciones.

- b) Hormigón grado H30.

De resistencia cúbica característica a 28 días  $f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$ , equivalente a  $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia cilíndrica a igual edad (Tabla 19, NCh 170 Of 85, Anexo A) con 90% de nivel de confianza.

Se utilizará en fundaciones, losas de fundaciones, pilares, vigas, losas y muros.

#### 2.7.7.4. Control de los hormigones

Las propiedades del hormigón fresco y su resistencia a los 28 días deberán ser como se especifica en el punto anterior, en los planos de diseño y/o Especificaciones Particulares.

La I.T.O. verificará que se controlen periódicamente las características del hormigón elaborado en obra y/o de aquellos que el Contratista adquiera a terceros.

El Contratista deberá proporcionar a la I.T.O. toda la información que ésta le solicite, así como las facilidades necesarias para facilitar la ejecución de los controles.

Estos controles incluirán como mínimo:

- a) Medición del asentamiento de cono del hormigón para la determinación de su docilidad, según se indica en la NCh1019:2009, Hormigón - Determinación de la docilidad - Método del asentamiento del cono de Abrams.

Si el asentamiento de cono excede en más de 5 cm del previsto al efectuar la dosificación del hormigón, éste no podrá ser utilizado en obra.

Si el asentamiento de cono excede en más de 2 cm pero no más de 5 cm al previsto, en tres medidas sucesivas, la I.T.O. rechazará el hormigón.

- b) Determinación de la razón agua/cemento real.

Si la razón agua/cemento excede en más de 0,05 a la teórica del hormigón, el Contratista deberá aumentar la dosis de cemento en la proporción necesaria para restablecer la razón agua/cemento teórica.

Adicionalmente, la I.T.O. podrá solicitar cuando lo estime necesario, la ejecución de los ensayos indicados en la NCh1564:2009. Hormigón - Determinación de la densidad aparente del hormigón fresco y NCh1565:2009 Hormigón - Determinación del índice esclerométrico.

- c) Control de la resistencia.

Salvo que la I.T.O. lo determine en otra forma, deberá tomarse una muestra para ensayos de resistencia a compresión por cada 50 m<sup>3</sup> de hormigón colocado en obra, por cada tipo de hormigón, o bien una muestra diaria, lo que sea más frecuente. Cada muestra estará constituida por 4 probetas cúbicas de 20 cm de arista. Una se ensayará a 7 días y las otras tres se ensayarán a los 28 días. La resistencia a los 28 días corresponderá al promedio de las 3 probetas ensayadas a esa edad.

La I.T.O. podrá incluir muestras especiales de aquellas partes de obra que considere, a su juicio, necesario. En este caso, fijará las pautas aplicables a ellas.

La extracción de muestras para los ensayos del hormigón se realizarán de acuerdo a las prescripciones de las Normas NCh171:2008 y NCh1017:2009, por un laboratorio independiente, previamente autorizado por la I.T.O., sin perjuicio de los ensayos que realice el Contratista para su autocontrol.

Los certificados de ensayos y controles efectuados, deberán someterse a la consideración y aprobación de la I.T.O., para la evaluación estadística de la resistencia mecánica conforme a NCh1998:1989. (Ver ACI 318, pto. 5.6 "Evaluation and acceptance of concrete").

El Contratista deberá programar y coordinar sus trabajos con la I.T.O., de modo de poder contar en forma oportuna con los resultados de los ensayos en los informes de laboratorio.

La toma y tratamiento de las muestras se ejecutará en las condiciones estipuladas en las NCh antes indicadas en el punto 4.1.2 y que son:

NCh171:2008	Hormigón - Extracción de muestras del hormigón fresco
-------------	---

NCh1017:2009	Hormigón - Confección en obra y curado de probetas para ensayos de compresión, tracción por flexión y por hendimiento
--------------	---

NCh1037:2009	Hormigón - Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas
--------------	---

NCh1038:2009

Hormigón - Ensayo de tracción por flexión

Se exigirá la confección de hormigones de prueba cada vez que se ensaye una nueva dosificación, o se reemplacen los materiales integrantes del hormigón en uso. Se deberán tener resultados de los ensayos de estas dosificaciones de prueba y constatar que cumplen con lo especificado, antes de que se autorice su utilización en obra.

El mismo procedimiento se adoptará, a juicio de la inspección, en forma previa al hormigonado de estructuras que presenten características especiales de dificultad o importancia.

Se confeccionarán hormigones de los tipos indicados en los planos de cálculo y en las partidas de obras especificadas para obtener la resistencia prescrita. Las resistencias obtenidas en las muestras permitirán una fracción defectuosa según lo especificado en planos. La resistencia media deberá, en consecuencia, ajustarse al cumplimiento de esta fracción máxima defectuosa, en función de la dispersión estadística de los resultados.

La evaluación de resultados de los ensayos a compresión y las dispersiones que ellos han presentado deberá ceñirse a lo estipulado por la norma NCh1998:1989. Los criterios de aceptación o rechazo de los hormigones se basarán en lo indicado en el Anexo A de la misma norma.

La norma considera dos criterios de evaluación:

- Grupos de muestras consecutivas ( $N \geq 10$ , N cantidad de muestras).
- Por total de muestras.

Se utilizará el método de evaluación por grupos de muestras consecutivas. Para este método cada parcialidad de lote es satisfactoria si, simultáneamente, se cumple:

- El promedio de tres muestras  $f_3 \geq f_c + k_1$  ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- La resistencia individual  $f_i \geq f_c - k_2$ .

Con los valores que se indica en la tabla siguiente:

$\text{Kg/cm}^2$	%	$\text{Kg/cm}^2$			
$f_c$	NC	$k_1$	$f_3$	$k_2$	$f_o$
400	90	0	400	35	365
300	90	0	300	35	265

La aceptación o rechazo del hormigón, en caso de cumplimiento o incumplimiento del criterio adoptado, se basará en las recomendaciones que da la norma NCh1998:1989 en el Anexo A: Tabla 7 para la evaluación de muestras consecutivas.

Para la investigación de los resultados defectuosos se adoptará el párrafo A4 del Anexo A de la referida norma.

Si no se cumple los requisitos señalados, se procederá como se indica:

- Si  $f_3 < f_c + k_1$ , y  $f_i > \text{la mínima individual } f_c - k_2$ : se aplicarán los descuentos indicados más adelante.
- Si  $f_i < \text{la mínima especificada } f_c - k_2$ , este valor se excluye del cálculo de  $f_3$  y se procede como indica la Norma NCh 1998 Anexo A punto A.4 Investigación de los resultados defectuosos.

Referente a la extracción de testigos, sólo se efectuarán con la aprobación de la I.T.O. con consulta previa al Proyectista. En caso eventual de aceptarse este recurso, se aplicarán los criterios del párrafo A4.3 "Testigos" del mencionado anexo. Se calculará  $f_3$  con el promedio de los testigos.

Si la resistencia de los testigos es insatisfactoria, no se pagará el hormigón representado por  $f_i$ , pudiéndose ordenar la demolición y reposición o el refuerzo del sector afectado, de cargo del Contratista.

La tabla de descuentos será:

- $f_3 \geq 300 \text{ kg/cm}^2$  para H 30: 0 % descuento.
- $f_3 = 265 \text{ kg/cm}^2$  para H 30: 30 % descuento.

Para determinar el porcentaje de descuento para resultados de  $f_3$  que caigan dentro del rango ( $f_c+k_1$  y  $f_c-k_2$ ), se deberá interpolar linealmente.

El descuento se deberá aplicar al volumen de hormigón asociado a las tres muestras cuyo  $f_3$  resultó defectuoso.

La valorización del descuento se realizará multiplicando el volumen de hormigón defectuoso por el valor neto de venta a METRO del hormigón (costo directo más gastos generales y utilidad).

El descuento se realizará por vía administrativa en el estado de pago siguiente a la detección del defecto.

Para efectos de formar el listado de resistencias de un determinado tipo de hormigón, éste se deberá preparar de acuerdo al número correlativo de los ensayos, no aceptándose modificar este orden para reducir los resultados defectuosos.

#### d) Controles especiales.

En todos aquellos casos en que, a su criterio, la I.T.O. considere que se han infringido las disposiciones establecidas en estas Especificaciones, produciendo un daño que afecte la seguridad de la obra, ésta podrá exigir, o efectuar directamente, controles especiales del hormigón en sitio.

- Ejecución de ensayos no destructivos mediante los elementos pertinentes (esclerómetro Schmidt, aparato de ultrasonidos, rayos X, etc.).
- Extracción de testigos del área de hormigón que se estima deficiente para una determinada propiedad de él (resistencia, estanqueidad etc.) (ver punto anterior). Se tomará un mínimo de 3 testigos en la zona que determine la I.T.O.
- Otros ensayos definidos por la I.T.O. de acuerdo a las circunstancias particulares de cada caso.

#### 2.7.7.5. Inspección de hormigones y moldajes

Sin que ello signifique limitación o relevo de su responsabilidad al Contratista, la I.T.O. deberá aprobar:

- a) Control de las proporciones de las mezclas para el hormigón.
- b) Inspección de las plantas y equipos para confeccionar el hormigón.
- c) Inspección, ensayos y aprobación de los materiales.
- d) Inspección de los moldajes, lo que deberá incluir:
  - Diseño del moldaje.
  - Diseño del alzaprimado y cimbras.

- Elemento de sujeción.
- Compuestos desmoldantes.
- Composición y modulación de los tableros metálicos en caso de hormigones a la vista en los distintos ambientes, con indicación expresa de los detalles de canterías que disimulen las juntas de tablero y construcción.

- e) Inspección de la colocación de armaduras.
- f) Inspección de los soportes y andamios.
- g) Inspección de los equipos para colocar hormigón.
- h) Inspección de la colocación del hormigón, consolidación, terminación.
- i) Inspección de las juntas de hormigonado y de trabajo.
- j) Inspección de sellado de juntas de dilatación.
- k) Inspección de la reparación de hormigones defectuosos.
- l) Preparación de los ensayos de resistencia del hormigón.
- m) Preparación de informes diarios y mensuales de todos los ítems.

#### 2.7.8. Curado del hormigón

El curado y la protección del hormigón fresco contra la pérdida de humedad se empezará durante el período inicial de endurecimiento, excepto cuando hayan sido modificadas por los requerimientos suplementarios o directivas siguientes.

El comienzo del curado de las superficies libres deberá empezarse tan pronto como haya sido terminado el hormigonado del elemento. En los paramentos moldeados, el curado se empezará tan pronto hayan sido retirados los moldes y a condición de que si utilizan moldes de madera, éstos permanezcan húmedos durante el período que estén en sitio.

El tiempo de curado se debe continuar según los plazos que se indica en la norma NCh 170, párrafo 12. En todo caso, la duración del período de curado estará sujeto a aprobación por la I.T.O., considerado los sistemas de protección y curado, condiciones ambientales de temperatura y humedad de las resistencias obtenidas.

El curado podrá efectuarse aplicando alguno de los siguientes sistemas:

- Curado húmedo.

Deberá asegurar la mantención continua de humedad en las superficies libres. El sistema de riego periódico sólo podrá aplicarse en obras menores y con la aprobación de la I.T.O.

- Curado mediante compuesto de sellado.

Podrá ocuparse solamente en las superficies que no constituyan juntas de hormigonado, que no estén sometidas a tránsito o que requieran perfecta terminación de la obra gruesa, como es el caso de las obras hidráulicas, o bien que se vean afectadas en su terminación arquitectónica.

El compuesto sellante deberá ser provisto por un fabricante reconocido. Se deberá aplicar en el momento en que el hormigón se haya endurecido, de modo que ya no responda a un acabado con llana.



El compuesto deberá ser aplicado por aspersión. Al hacerlo, la mitad de la cantidad a aplicar en un área determinada se hará siguiendo el sentido definido por el movimiento del elemento aspersor. La otra mitad se aplicará en líneas perpendiculares a las anteriores. La cantidad a aplicar, dependerá de la textura de la superficie, pero deberá obtenerse una membrana continua de color.

La membrana deberá ser protegida de todo daño mecánico causado por tránsito y otro similar, por período mínimo de 28 días. En caso de dañarse deberá ser reparada. Se le podrá proteger por una capa de arena de al menos 3 cm de espesor. Ésta no podrá ser colocada antes de las 24 horas después de haber sido aplicada la membrana.

La aplicación de un compuesto de sellado deberá estar conforme a ASTM C309-95 y ser aprobado por la I.T.O. y se efectuará según las especificaciones del fabricante.

- Curado mediante láminas impermeables.

Se aplicará sólo al curado de superficies horizontales.

Deberán aplicarse previo humedecimiento de la superficie del hormigón, de manera que queden adheridas en toda su extensión.

Para impedir su desprendimiento deberán asegurarse con una capa continua de arena, tierra u otro material. Se mantendrá en sitio durante un período mínimo de 28 días.

#### 2.7.9. Anormalidades y desperfectos del hormigón colocado. Reparaciones

Todas las imperfecciones que presente el hormigón y que a juicio de la I.T.O. afecte su seguridad estructural, durabilidad o aspecto estético, deberán ser reparadas.

Los hormigones, una vez colocados, aunque ellos cuenten con las resistencias y niveles de confianza exigidos, pueden presentar desperfectos que ameritarán reparaciones o en algunas situaciones la demolición y rehormigonado.

Estas anomalías deberán ser comunicadas por el Contratista a la I.T.O., que dejará constancia en el Libro de Obra. El Contratista propondrá el método de la reparación, para la aprobación por escrito de la Inspección, antes de efectuarla.

A modo de guía se señalan algunas anomalías y su reparación:

- Nichos de piedra y oquedades.

Pueden ser superficiales o dentro del elemento, se producen vacíos por concentración del árido grueso y falta de mortero.

La zona debe ser perfectamente localizada y cuantificada en magnitud. Se deberá dejar a la vista para sacar todo material en exceso no bien adherido; luego se aplicará chorro de agua a presión en la zona. Se aplicará mortero de cemento, hormigón de gravilla según sea el tamaño máximo del árido posible de aplicar. Este material deberá ser de baja retracción y tener la misma resistencia del hormigón de la obra. Se aplicará puente de adherencia, autorizado por la I.T.O., y el hormigonado con moldaje (de la misma terminación que el resto) se aplicará por capas y compactándolo. Posteriormente se efectuará un curado. Podrá emplearse morteros predosificados con microsilica o con epóxicos de fabricantes de reconocida idoneidad técnica.

Si el desperfecto fuera en un área mayor, se debe retirar hormigón dañado y reponer con hormigón nuevo.



No se permitirá de ninguna manera la reparación de nichos u oquedades, o cualquier desperfecto en los hormigones, sin la previa revisión de la I.T.O. y sin que exista indicación escrita que lo ordene. Si esto sucede, la I.T.O. tiene la facultad de ordenar su inmediata demolición.

- Desperfectos superficiales del hormigón.

Fisuras y grietas superficiales y a través del elemento. Esto es particularmente inadmisibles en obras hidráulicas en donde el ancho máximo de fisuras es 0,2 mm o incluso inferior. Si las fisuras no son aceptables, a criterio de la I.T.O., se deberán inyectar con un producto de base epóxica. Se podrá emplear en grietas verticales Sikadur 52 o equivalente y en las horizontales Sikadur 52 LV o equivalente, dependiendo de la viscosidad requerida para colmar la grieta. La reparación deberá ser realizada por personal de experiencia.

Se levantará un catastro de la ubicación de las grietas, su magnitud, el producto a emplear y el aplicador para la reparación, los que deberán ser aprobados por la I.T.O.

#### 2.7.10. Moldajes

Antes de iniciar la fabricación de los moldajes, el Contratista deberá presentar a la I.T.O. los detalles del diseño para su aprobación, después de verificar que cumplen la modulación y terminaciones especificadas. Asimismo se entregarán los cálculos justificativos de los mismos.

Los moldajes se diseñarán de modo que sean estancos, que soporten de manera estable las presiones ejercidas por el hormigón fresco al ser colocado y vibrado, que resistan las cargas debidas a operarios, pasadas e impacto, de modo que resulten superficies de concreto que cumplan con las tolerancias de construcción especificadas y con el tipo de terminación de superficies especificada en el punto 3.1.12.2 de esta Especificación Técnica, y con las tolerancias particulares especificadas para los equipos rodantes. Se tendrá especial cuidado con los moldajes para hormigón a la vista, debiendo ser cuidadosos en las juntas, suples por modulación, etc., los que deberán ser metálicos.

La aprobación del diseño por parte de la I.T.O. no exime al Contratista de su responsabilidad en el resultado de los trabajos.

En las obras señaladas no deberán aparecer a la vista la discontinuidad por junta de moldajes, o por escape de lechada de hormigón.

Sólo se podrá emplear maderas cuya clase y calidad o cuyo tratamiento o recubrimiento garantice que no se producirán ataques químicos o cambio de colores en las superficies del hormigón.

Los elementos de sujeción de los moldajes, que quedan embebidos en el concreto, se deberán diseñar de modo que no haya elementos metálicos a menos de 25 mm de la cara del moldaje.

Se deberá usar suficientes amarras y pernos para moldes, a unos pocos centímetros de las juntas de construcción, de forma tal que aseguren un buen ajuste con el concreto antiguo y que mantengan un contacto hermético durante la colocación del hormigón.

Los moldajes deberán ser suficientemente rígidos y estancos para impedir pérdidas de mortero del hormigón.

Cuando se emplean moldes reusables, éstos deberán mantener a través de todos los usos su resistencia, rigidez, estanqueidad y superficie perfectamente lisa.

En el caso del diseño del moldaje destinado a cumplir tolerancias del tipo T1 (Ver 2.7.10.2), se podrá usar madera sin elaborar. No obstante ello, el ajuste deberá ser adecuado para impedir la fuga de

mortero durante el vibrado. Las superficies deberán tener una regularidad mínima que asegure la obtención de los recubrimientos exigidos a las armaduras.

Para la terminación T3, correspondiente a los hormigones a la vista de edificios, se emplearán moldajes de planchas de terciado fenólico. La unión entre ellos debe ser tal que cumple con los requerimientos de T3. La modulación deberá ser, en lo posible, tal que se evite el empleo de moldajes suples.



Todos los moldajes se diseñarán y construirán con las contraflechas prescritas en los planos de detalle, o en su defecto con aquellos que aseguren el cumplimiento de las tolerancias de ejecución.

#### 2.7.10.1. Ejecución de moldajes

En los moldajes se dejarán insertados, de acuerdo a los planos, los elementos de anclaje o de instalaciones que deberán quedar incorporados o empotrados en la obra.

Los elementos de fijación de los moldajes que quedarán embebidos dentro del hormigón deberán tener el mismo recubrimiento especificado para las armaduras. Una vez retirado el moldaje se procederá a rellenar las cavidades resultantes con un mortero de cemento, de modo tal, que la superficie de hormigón quede sana, lisa, pareja y de color uniforme.

Las planchas de terciado fenólico en contacto con el hormigón deberán tener su superficie perfectamente lisa. No se permitirá el uso de planchas con zonas dobladas y otras imperfecciones.



Las cabezas de los pernos deberán ser avellanadas.

Los moldes deberán ser tratados con agentes delmoldantes que aseguren un fácil retiro, sin deterioro.

Deberá obtenerse un buen ajuste de los moldes contra el hormigón ya endurecido, de modo de obtener juntas suaves y regulares, que cumplan con las tolerancias establecidas para cada tipo de obra.

Los refuerzos, amarras, alzaprimas, arriostramientos, etc., se ejecutarán con miras a asegurar la indeformabilidad de los moldajes, en particular en el caso de contraflechas especificadas, donde no se disminuye su valor por el peso de hormigón de los elementos.

Los soportes deberán resistir el peso del hormigón fresco y las otras cargas de construcción, sin deflexiones que sobrepasen las tolerancias que se especifican, y construirse de modo que permitan un descimbre seguro y fácil.

Los cantos vivos deberán achaflanarse, incorporando al moldaje listones de madera cepillada de dimensión adecuada al caso.

Los moldes usados con anterioridad deberán ser aprobados por la I.T.O. para utilizarse nuevamente, verificando la limpieza de todo el hormigón adherido a todas sus superficies y su rigidez.

#### 2.7.10.2. Terminaciones de superficies

Los radieres y losas de hormigón a la vista tendrán un tratamiento superficial con helicóptero, simultáneo con el hormigonado, debiendo dejar en su cara expuesta superficies lisas (a grano fino), duras y de textura uniforme. Este tratamiento con helicóptero es aplicable a radieres y losas a la vista, a los que se aplicará una pintura epóxica posterior o bien a los que contemplen un pulido como terminación. Para los radieres y losas que lleven un pavimento de terminación diferente, se ejecutará un afinado a grano perdido, simultáneo con el hormigonado.

El tipo de terminación será definido de acuerdo a la nomenclatura que se indica a continuación, limitando las irregularidades progresivas y bruscas que presente la superficie, a los siguientes valores:



TIPO DE TERMINACIÓN	TIPO DE IRREGULARIDAD SUPERFICIAL		CASOS TÍPICOS DE APLICACIÓN
	PROGRESIVAS (mm/1.50)	BRUSCAS (mm)	
T1	25	25	Paramentos ocultos por rellenos que no quedan a la vista
T2	15	6	Paramentos poco visibles
T3	6	3	Paramentos a la vista con buena terminación

Las tolerancias progresivas corresponden a las irregularidades suaves presentes en la superficie. La tolerancia se establecerá midiendo con una regla de 1,50 m de longitud, aplicada sobre la superficie en cualquier dirección.

Las tolerancias bruscas corresponden a resaltos y escalones existentes en la superficie. La tolerancia se aplicará midiendo directamente la pared del escalón.

Se consideran irregularidades bruscas, los salientes y rebabas causadas por desplazamientos, mala colocación o ajuste de los moldajes, nudos desprendidos y otros defectos similares.

El revestimiento de los moldajes deberá cumplir los siguientes requisitos, para cada terminación de la superficie que se indica:

■ Terminación T1.

Se usará en superficies moldeadas que serán cubiertas por material de relleno o concreto. La corrección de las irregularidades de superficies sólo será necesaria cuando sean mayores de 25 mm.

La madera en contacto con el hormigón podrá ser en bruto.

■ Terminación T2.

Se usará en superficies que posteriormente serán estucadas, por ejemplo muros interiores, cielo de losas de edificios de procesos.

Los moldes deberán estar constituidos por madera machihembrada o plancha metálica.

La madera deberá ser cepillada. Las planchas metálicas serán lisas y sin abolladuras. El tamaño de los elementos en contacto con el hormigón debe ser uniforme.

■ Terminación T3.

Donde se especifique terminación T3 sólo podrán utilizarse moldajes cuya superficie de contacto sea plancha de madera terciada fenólica. Se deberá cuidar la modulación.



El Tipo de terminación solicitado para los Edificios de Hormigón - Grandes Edificios - corresponde a T3.

### 2.7.10.3. Retiro de moldajes

El retiro de los moldajes deberá efectuarse una vez que el hormigón esté suficientemente endurecido. En ningún caso se iniciará el retiro de moldajes hasta que la resistencia del hormigón haya alcanzado como mínimo un valor doble del necesario para soportar las tensiones que aparecen en la estructura en el momento del descimbre.

Se seguirán, con carácter general, las indicaciones recogidas en la norma NCh 170.

Se recomienda en general los siguientes plazos mínimos antes de descimbrar:

ELEMENTOS	CEMENTO NORMAL (días)	CEMENTO ALTA RESISTENCIA (días)
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

Los valores anteriores deben ser aumentados en el número de días en que se hayan producido temperaturas iguales o inferiores a +4°C durante y después del hormigonado.

Cuando se presente una situación de alta temperatura, igual o superior a 30° C, a la sombra, fuertes vientos, baja humedad relativa, o una combinación de ellas, el moldaje debe soltarse tan pronto como sea posible, sin dañar el hormigón, y regar las superficies expuestas de hormigón de modo que el agua corra dentro del moldaje.

El orden de retiro de moldajes será tal que los pilares se desmoldarán antes que losas y vigas por ellos soportados. El retiro de los moldajes debe realizarse sin producir sacudidas, choques ni destrucción de aristas, esquinas o la superficie del hormigón.

Una vez producido el desmoldaje se debe colocar de inmediato una membrana de curado. Si el hormigón está caliente o la temperatura ambiente es menor de 5°C no se podrá desmoldar.

Una vez retirado el moldaje se procederá a rellenar las cavidades resultantes de los pernos de fijación del mismo con un mortero de cemento, de modo tal, que la superficie de hormigón quede sana, lisa, pareja y de color uniforme.

### 2.7.10.4. Tolerancias

Las dimensiones especificadas para el elemento de hormigón deberán cumplir con las tolerancias límites que se indican:

#### a) Variación en la verticalidad.

- En 3 m de altura, 0,5 cm.
- En 6 m de altura, 1 cm.
- Sobre 12 m de altura, 2 cm.

b) Variación en la horizontalidad.

- Para vanos del orden de 6 m, 1,2 cm.

c) Variación en caras de (1) vigas y pilares.

- Hacia adentro de la sección teórica, 0,6 cm.
- Hacia afuera de la sección teórica, 1,2 cm.

d) Variación de la sección en fundaciones.

- Hacia adentro, 1,5 cm.
- Hacia fuera, 3 cm.

e) Radiers interiores de hormigón a la vista expuestos a la circulación de grúas-horquilla.

- Diferencias de elevación en 3 m de distancia, 6 mm máximo.
- Diferencias de elevación en 0,30 m de distancia, 2 mm máximo.

Las tolerancias no indicadas deberán cumplir con las limitaciones a tal efecto recogidas en la norma ACI 117.

#### 2.7.10.5. Varios

Deberán contemplarse ventanillas en las partes inferiores para facilitar la limpieza de las juntas de construcción.

Eventualmente, los cortes en tierra podrán ser usados como moldajes para superficies verticales cuando sean aprobados, la excavación cumpla con lo especificado y la superficie resultante no quede expuesta a la vista.

Se deberá aplicar a los moldajes un compuesto que impida su adherencia al hormigón. Este compuesto consistirá en un aceite mineral u otro líquido desmoldante aprobado, que no manche. Este compuesto deberá aplicarse antes de colocar los moldajes.

De manera general, todos los materiales y trabajos cubiertos por la presente especificación estarán sujetos a revisión por parte de la I.T.O.

La I.T.O. debe aprobar las juntas, armaduras, limpieza de la zona a hormigonar, los propios moldajes y cualquier otro elemento que quede embebido durante el hormigonado, de manera previa a la instalación del moldaje. Si el Contratista lo instala sin contar con la aprobación, la I.T.O. solicitará el retiro para inspeccionar los elementos señalados. El contratista no podrá justificar retrasos por este motivo ni tendrá derecho a compensación económica alguna por ningún concepto.

En particular, sin que ello signifique limitación, o releve de su responsabilidad al Contratista, la I.T.O. deberá conocer y eventualmente aprobar:

- Diseño de los moldajes a usar.
- Diseño de elementos de ajuste y desmoldaje.
- Diseños de alzaprimas.
- Diseño de cuñas y facilidades para su regulación.
- Elementos de sujeción.
- Contraflechas y su control (antes, durante y después del vaciado del hormigón).
- Desmoldantes.

## 2.8. PREPARACIÓN Y CONFECCIÓN DE JUNTAS

Son juntas estructurales las superficies de contacto entre dos hormigones de diferentes edad, tal que, debiendo trabajar juntos, no sea posible incorporar el nuevo al ya fraguado sin tomar precauciones especiales. Estas juntas deberán establecerse antes de comenzar el hormigonado.

Toda superficie de hormigón que vaya a ser recubierta con hormigón recibirá la designación de junta de hormigonado y deberá recibir un tratamiento que elimine la lechada superficial producida al compactarse el hormigón. Cumplirá con lo establecido en el anexo H de la norma NCh170.

Este tratamiento podrá efectuarse conforme a la norma ACI 318, punto 6.4 (Construction Joints) o por alguno de los métodos siguientes:

- Por lavado del hormigón fresco mediante chorro de agua a presión.

En este método se lavará la superficie del hormigón antes de que éste inicie su endurecimiento. Este lavado eliminará la capa superficial de mortero, evitando que se desprenda el árido grueso de tamaño superior a 5 mm.

El momento de aplicación del tratamiento deberá establecerse en la práctica en la obra misma y, una vez iniciado, se proseguirá hasta que el agua escurra totalmente limpia. Las pozas de agua que se formen serán eliminadas con aire a presión u otro método que apruebe la I.T.O., antes de efectuar el hormigonado.

- Por decapado mediante chorro de arena, ya sea seco o húmedo.

En general, no se aceptará el tratamiento de picado con barretilla, salvo en casos especiales aprobados por la I.T.O., en que no sea posible aplicar los sistemas antes descritos, o que el área de la junta de hormigonado sea pequeña y de un elemento de poca importancia estructural.

El Contratista podrá proponer otros sistemas de tratamiento de juntas de hormigonado, los cuales deberán ser aprobados por la I.T.O. antes de su aplicación en la obra, pudiendo exigir la ejecución de ensayos en sitio.

Se distinguen dos tipos de juntas estructurales según anexo H de la norma NCh170.

### 2.8.1. Juntas de hormigonado

Condición indispensable es la limpieza absoluta del hormigón más viejo y la humedad que se imprimirá a éste previamente, por lo menos durante 8 horas antes de continuar el hormigonado.

Unas 5 horas después de haber hormigonado, se eliminará la lechada mediante chorro de agua a presión, o bien se debe picar para eliminar la lechada y alcanzar hormigón sano, dejando a la vista el agregado grueso.

Antes de continuar el hormigonado, se limpiarán las basuras con un lavado enérgico. Luego con chorro de aire se eliminarán las pozas de agua que queden. Se colocará una capa de 2 cm de hormigón de similar composición al nuevo hormigón, pero sin agregado grueso. Inmediatamente después se hormigonará colocando el hormigón nuevo directamente sobre el mortero fresco, tratando que el hormigón no se disgregue.

Se seguirá en detalle en la ubicación y ejecución de las juntas de hormigonado lo dispuesto al respecto en el anexo H de la norma NCh 170.

### 2.8.2. Juntas de dilatación o 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.

Las juntas de proyecto se sellarán e impermeabilizarán convenientemente. Se hará provisión y colocación de planchas de poliestireno expandido y sellante elástico a base de poliuretano, tipo Sikaflex 1a o equivalente aprobado por la I.T.O., para la formación de juntas de dilatación en obras de hormigón.

Se dispondrán las juntas de dilatación indicadas en Proyecto y no se podrá realizar modificación alguna de las mismas sin la aprobación expresa del Projectista.

#### 2.8.2.1. Normas

A menos que sean modificadas por requerimientos suplementarios de planos y/o especificaciones, las juntas cumplirán las siguientes normas:

NCh1070:1984	Aislación térmica- Poliestireno expandido. Requisitos
NCh1905:1983	Poliestireno expandido. Ensayos
ASTM C-920	Standard specification of elastomeric joint sealants
TT-S-0203C	Especificación Federal

#### 2.8.2.2. Materiales

##### Planchas de poliestireno expandido

Como filler preformado para las juntas de dilatación se utilizarán planchas de poliestireno expandido de mínimo 10 kg/m<sup>3</sup> de densidad y 20 mm de espesor o del espesor de la junta de dilatación que se especifique en Proyecto.

##### Sellante elástico

Como sellante elástico para juntas, a base de poliuretano, de alto rendimiento, que cura con la humedad, se utilizará un sellante que cumplirá con la Especificación Federal TT-S-00230C, Tipo II, Clase A y con la norma ASTM C-920, Tipo S, Grado NS, Clase 35, Usos T, NT, O, G, I.

#### 2.8.2.3. Transporte y almacenaje

##### Planchas de poliestireno expandido

Las planchas recibidas en faena deberán tener el envoltorio y etiqueta originales de fábrica, donde se señale el nombre del fabricante y el tipo de planchas.

Se almacenarán alejadas de productos aromáticos y de la radiación ultravioleta por periodos prolongados. No se deberán realizar faenas de soldaduras u otras faenas que puedan generar chispas, cerca de las zonas de bodegaje de las planchas.

Se evitarán efectos mecánicos perjudiciales en su acopio o traslado que puedan producir trizaduras, o roturas de esquinas. Se respetarán las indicaciones del fabricante en cuanto a carga



máxima recomendable durante el bodegaje, con la finalidad de mantener su densidad. Las planchas deberán apoyarse sobre sus caras y no sobre los costados.

Se deberá evitar el arqueamiento de las planchas durante su traslado en obra.

### **Sellante elástico**

Deberá ser almacenado en lugar fresco y seco. Se deberá conservar en sus envases originales un máximo de 12 meses de la fecha de fabricación, siempre y cuando se respete la temperatura de almacenamiento de 4°C a 35°C.

#### 2.8.2.4. Colocación

### **Planchas de poliestireno expandido**

Las planchas se deberán cortar de las dimensiones especificadas en el proyecto para realizar la junta de dilatación, de tal manera que la superficie de junta donde se requieran las planchas quede totalmente rellena.

### **Sellante elástico**

Para realizar la faena de sellado, los bordes de las juntas deberán estar firmes, secos, limpios, sin impregnaciones de aceite o grasa. Deberán eliminarse los restos de desmoldante, pinturas y barnices. Para la limpieza será conveniente utilizar escobillas de acero y aire comprimido para quitar el polvo. Será conveniente proteger los bordes con cinta adhesiva para lograr una buena terminación y retirar éstas antes que el sellante comience a curar.

El sellante se aplicará en el rango de temperaturas que indique el fabricante del producto y se aplicará cuando la junta esté con su ancho medio. En general se deberán seguir todas las limitaciones de aplicación y curado que indique el fabricante del sellante.

## 3. ARMADURAS Y MALLAS DE REFUERZO

### 3.1. DESCRIPCIÓN

Esta especificación indica la calidad que deben poseer las barras y mallas de refuerzo que se dispondrán en el hormigón armado, las características de los anclajes, traslapes por solape, mecánicos y recubrimientos.

Se exige el uso de acero de origen conocido y controlado de acuerdo a la aplicación de las Normas INN que se indican a continuación.

Las mallas electrosoldadas se encontrarán incluidas en las partidas del presupuesto del Proyecto donde se indique y las barras de refuerzo se ubicarán por separado.

### 3.2. NORMAS

A menos que sean modificadas por requerimientos suplementarios de planos y/o especificaciones, las armaduras cumplirán las siguientes normas:

AASHTO/AWS  
D1.5M/D1.5:2010

Bridge Welding Code

ACI 117-10

Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-10) and Commentary

ACI 301-10	Specifications for Structural Concrete
ACI 315-04	Details and detailing of concrete Reinforcement
ACI 318	Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary
AWS D1.1/D1.1M:2010	Structural Welding Code - Steel New 5 Year Revision Cycle
AWS D1.4/D1.4M:2011	Structural Welding Code Reinforcing Steel
NCh1173:2010	Acero - Alambre de grado AT56 - 50H para uso en hormigón armado - Requisitos
NCh204:2006	Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado
NCh205:1968	Acero - Barras reviradas para hormigón armado
NCh211:2012	Acero. Enfierradura para uso en hormigón armado. Requisitos
NCh218:1977	Acero - Mallas de alta resistencia para Hormigón Armado - Especificaciones
NCh219:1977	Construcción - Mallas de alta resistencia - Condiciones de uso Hormigón Armado
NCh434:1970	Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado
NCh227Of62	Alambres de acero para usos generales. Especificaciones

### 3.3. PLANOS DE ENFIERRADURA

La forma, dimensión y número de refuerzos de acero, se ejecutarán de acuerdo a los planos de enfierraduras y de construcción. Cuando sea necesario, el Contratista deberá realizar planos de detalle partiendo de los planos típicos correspondientes. Estos planos deberán ser aprobados por la I.T.O., previa consulta al Proyectista.

Los cambios de diámetros en enfierraduras respecto de los recogidos en Proyecto deberán ser propuestos por el Contratista y aprobados por el Proyectista, previa solicitud a través de la I.T.O.

### 3.4. MATERIALES

El empleo de aceros de igual grado, pero de distinto origen, deberá ser programado por el Contratista y autorizado por la I.T.O., con consulta al Proyectista, debiéndose anexar certificados de ensayos realizados por un laboratorio reconocido.

Cuando se utilicen aceros de procedencia extranjera, el Contratista deberá acreditar que ellos cumplen con los requisitos especificados. La selección de muestras al azar, procedimientos de muestreo y ensayos, deberán efectuarse de acuerdo a lo prescrito en la norma NCh204.

#### 3.4.1. Acero en barras de refuerzo

Las barras de refuerzo deberán ser de baja aleación, de los tipos, grados (o calidades), diámetro, longitudes y formas indicadas en el Proyecto, y cumplirán con lo establecido en la norma NCh204.

El acero a utilizar en barras de refuerzo será de calidad A630-420H, es decir, con nivel de resistencia a la rotura de 630 MPa y un límite de fluencia del material de 420 MPa. Y las barras a emplear serán con resaltes, excepto donde el Proyecto lo indique.

Los aceros a emplear para las estructuras deberán garantizar una ductilidad adecuada a las exigencias de un país sísmico, cumpliendo con lo establecido en la norma NCh204.

#### 3.4.2. Acero en mallas electrosoldadas

Las mallas electrosoldadas deberán ser de baja aleación, de los tipos, grados (o calidades), diámetro, longitudes y formas indicadas en el Proyecto, y cumplirán con lo establecido en las normas NCh218 y NCh219.

El acero a utilizar en las mallas electrosoldadas será de calidad AT 56-50H, es decir, con nivel de resistencia a la rotura de 560 MPa y un límite de fluencia del material de 500 MPa.

Las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas más de 300 mm, para el caso de barras lisas, y de 400 mm, en el caso de barras con resaltes, en la dirección del esfuerzo calculado, excepto que las mallas se utilicen como armaduras de corte.

#### 3.4.3. Alambre

El alambre que se utilice para amarrar las barras y mallas, deberá ser del tipo negro recocido (BWG) Nº 18, y cumplir con los requisitos establecidos en la norma NCh227.

### 3.5. PRESCRIPCIONES GENERALES

Los empalmes, ganchos, longitudes de anclaje y doblado de las barras se efectuarán según se indica en los planos de detalle de enfierradura, o en su defecto regirán las prescripciones de los códigos ACI 318 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary capítulo 12 "Development and Splices Of Reinforcement" y ACI 315-04 "Details and detailing of concrete Reinforcement".

Ninguna enfierradura se colocará en contacto con el terreno natural, debiendo colocarse en todos los casos posibles sobre emplastillado de hormigón pobre (Ver punto 2.4.2.2 de esta Especificación Técnica) y respetando siempre el recubrimiento especificado, por medio de separadores de calidad equivalente a la del hormigón de la obra o plásticos, los que serán aprobados por la I.T.O.

A las barras de refuerzo deberán estar debidamente amarrados los estribos y barras de repartición. Igualmente, las mallas se amarrarán en los nudos de forma de asegurar que no se muevan durante el hormigonado y vibrado.

Se evitará más de un empalme en una misma sección transversal y, en todo caso, deberán ir en barras alternadas.

Sólo podrán emplearse aceros del grado especificado. No se permitirá mezclar aceros de distintas calidades.

La tendencia a la "rectificación" de las barras con curvaturas dispuestas en la zona de tracción, serán evitadas mediante estribos convenientemente distribuidos, para absorber las tensiones transversales.

### 3.6. ALMACENAMIENTO

Las barras y mallas se deberán almacenar bajo techo ordenadamente por lotes según el diámetro, longitud y grado.

Especialmente y por un período corto se podrá almacenar las barras y rollos para hormigón, a la intemperie, pero ordenando cuidadosamente el material y evitando que quede en contacto directo con el suelo y con cualesquiera sustancias que puedan producir corrosión (Ver código ACI 318 punto 3.7 "Storage of materials").

De ser necesario, se deberá considerar la colocación de obras de drenaje para proteger los aceros de la acción nociva del agua.

### 3.7. CORTE Y DOBLADO

Las barras de acero para hormigón serán cortadas en la obra, o fuera de ella. Sin embargo, si las barras son preparadas fuera, el Contratista deberá mantener un stock de acero e instalaciones para cortar y doblar, con el fin de ejecutar los cambios y agregados menores en las obras.

Se deberá cortar y doblar cuidadosamente el acero para hormigón, de acuerdo con radios indicados en los planos de detalle de las enfierraduras y/o lista de doblado de fierros, cumpliendo en todo caso con las prescripciones de los códigos correspondientes, arriba indicados.

Las barras de acero se doblarán en frío, a velocidad limitada. Las barras que han sido dobladas no podrán ser enderezadas ni vueltas a doblar. No se deberán usar barras que tengan torceduras o dobladuras que no figuren en los planos, o aquellas que acusen agrietamientos en las dobladuras por no cumplir con la ductilidad debida o el diámetro de doblado adecuado.

Se recalca la prohibición de doblar más de una vez el acero, en especial por tratarse de acero A630-420H. Si fuese indispensable doblar barras, por ejemplo en hormigonado de segunda fase para el paso de ductos, y luego desdoblarlas, se empleará acero A440-280H.

El doblado de las barras deberá hacerse con máquina dobladora, estando prohibido doblar las barras a golpes. Las barras no deben doblarse a una temperatura ambiental inferior a 5°C, ni cortarse con fuego. Todos los estribos deberán llevar ganchos en sus extremos formando ángulos de 135°.

El estirado del acero en rollos, se hará mediante el uso de estiradores manuales o mecánicos, prohibiéndose el uso de tractores o camiones para este propósito.

### 3.8. PROTECCIÓN DE LAS ENFIERRADURAS INSTALADAS

El Contratista deberá tomar las medidas de protección que sean necesarias para impedir la rotura de amarras después de la inspección final y durante el hormigonado, e impedir cualquier efecto que pueda perjudicar la adherencia de las enfierraduras al concreto, durante o después de su colocación.

El Contratista durante el vaciado del hormigón, deberá disponer al menos de un enfierrador.

A fin de no modificar la forma y posición de las armaduras, se deberá ubicar una cantidad suficiente de tabloncillos, pisaderas, escaleras, pasarelas, soportes y otras instalaciones provisionales, para que el personal no necesite trepar, caminar o colgarse de las armaduras. El Contratista deberá prevenir a todo su personal, de evitar los movimientos de las enfierraduras.

En todos los casos posibles, se deberá amarrar a un atiesador los extremos libres de las enfierraduras, especialmente aquellas barras que salen sobre el nivel del hormigonado. Como atiesador se empleará un tablón o una barra de fierro adicional.

### 3.9. COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS

#### 3.9.1. Generalidades

Las armaduras deben colocarse limpias, exentas de polvo, barro, escamas de óxido, grasas, aceites, pinturas y toda otra sustancia capaz de reducir la adherencia con el hormigón.

Las armaduras que estuvieren cubiertas por mortero o pasta de cemento u hormigón endurecido, se limpiarán hasta eliminar todo resto en contacto con las barras.

Durante la colocación y fraguado del hormigón, las armaduras deberán mantenerse en las posiciones indicadas en los planos, evitando los desplazamientos o vibraciones enérgicas. Para esto deberán disponerse los elementos adecuados (trabas, caballetas).

Se deberá instalar una cantidad suficiente y segura de pisadoras, escalas, soportes y otras instalaciones provisionarias para que los trabajadores no necesiten trepar, caminar o colgarse de las armaduras durante el proceso de colocación.

Se rectificará la posición de las armaduras en relación con el moldaje a fin de cumplir con las distancias de recubrimientos especificados, para lo cual se usará un número suficiente de separadores o fijadores de dimensiones adecuadas para cumplir con los recubrimientos previstos. Estos separadores están hechos cuidadosamente en mortero (pastillas), de igual resistencia del hormigón de la obra, de plástico o metálicos. No podrán emplearse trozos de ladrillos, piedras ni trozos de madera. Se insiste que en el caso de emplear separadores de mortero de cemento, que la calidad sea la misma del grado del hormigón, que no sean porosos, ni deleznable, y que geométricamente no varíen su forma. Antes de su instalación los separadores deberán ser aprobados por la I.T.O.

Las amarras de armaduras se practicarán con alambre negro Nº 18.

Los separadores de fierro de las mallas se colocarán de acuerdo a las indicaciones de los planos.

Se deberá evitar la deformación y deterioro de las armaduras durante la construcción mediante uso de pasarelas y banquetas.

Deberán consultarse los dispositivos (amarras) que aseguren el correcto control de los recubrimientos especificados, admitiéndose una tolerancia de  $\pm 5$  mm.

#### 3.9.2. Recubrimientos

Los recubrimientos de las armaduras serán los que se indican en los planos del proyecto, conforme a las siguientes tolerancias:

- Variación máxima del recubrimiento según lo especificado abajo.
- Variación máxima del espacio entre barras:  $\pm 10\%$ .
- Cualquier variación en los diámetros, separación o posición de las barras, deberá ser autorizada por la I.T.O.

Los recubrimientos mínimos, medidos entre la superficie del hormigón y el borde de la barra de refuerzo más próxima, serán, salvo indicación en contrario en los planos, los siguientes para condiciones normales de exposición:

- 1. Hormigón colocado contra el suelo y permanentemente expuesto a él:** 50 mm
- 2. Hormigón expuesto al suelo o al aire libre:**
  - i. Barras  $\phi$  8 a  $\phi$  56 mm 40 mm
  - ii. Barras  $\phi$  16 y diámetros menores 30 mm
- 3. Hormigón no expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo:**
  - a. Losas, muros, nervaduras:
    - i. Barras  $\phi$  16 a  $\phi$  36 mm 20 mm
    - ii. Barras  $\phi$  12 y diámetros menores 15 mm
  - b. Vigas, columnas:
    - i. Armadura principal 30 mm
    - ii. Amarras, estribos, zunchos 20 mm

También se tendrán en consideración los recubrimientos mínimos para la protección pasiva necesaria contra el fuego, definidos en el apartado 2.1 de esta Especificación Técnica, siguiendo los criterios indicados en el Eurocódigo 2, Proyecto en Estructuras de Hormigón. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.

### 3.9.3. Separación de la armadura

La distancia libre entre barras paralelas no deberá ser inferior a 1", al diámetro de las barras y, por lo menos, igual a 1 1/3 del tamaño máximo del agregado grueso. En todo caso, debe cumplirse que el hormigonado de los elementos estructurales se realice en forma de asegurar la debida compactación del elemento y el llenado completo de los vacíos entre barras, sean horizontales o verticales.

En general, se adoptará el código ACI 318 punto 7.6 "Spacing limits for reinforcement".

### 3.9.4. Ganchos, anclajes y traslajos de las barras

Los ganchos, anclajes y traslajos deben realizarse según el código ACI-318, tal como se indica en el plano de notas generales PL6-ID-0104-PLA-851-OC-00001.

Según la posición de las barras se distinguen dos grupos a considerar para el anclaje:

- Grupo I.

Barras con resaltes en posición vertical o inclinada hasta un máximo de 45° con la vertical, y las barras horizontales ubicadas a no más de 25 cm del plano inferior del elemento.

- Grupo II.

Todas las demás barras, y en especial las horizontales ubicadas a más de 25 cm del plano inferior del elemento.

Todas las barras deberán ser ancladas en sus extremos. Las barras cuyos anclajes no estén indicados expresamente en los planos, deberán anclarse siguiendo las disposiciones contenidas en la presente Especificación Técnica.

En barras con resalte los ganchos normales estarán formados por un dobléz a 90° más una extensión de 12 bd (diámetros de barra) o de un dobléz de 180° más una extensión mínima de 4 db, pero no menor de 60 mm.

Los diámetros mínimos de doblado serán:

GRADO DEL ACERO	Diámetro de barra $db \leq 10 \text{ mm}$	Diámetro de barra $10 < db \leq 25 \text{ mm}$
A630-420H	5 db	7 db

Para otros diámetros de barras y calidades de aceros, ver tabla 7.2 del código ACI 318 en el capítulo 7.1 "Standard Hooks".

Para las uniones de las armaduras se deben considerar los siguientes aspectos:

- En general, se prescriben en el Proyecto uniones de las barras por simple traslapo. Sin embargo, las uniones podrán también contar con dispositivos mecánicos adecuados, debidamente sancionados por la experiencia y ensayos en un laboratorio competente, los que deberán cumplir con lo indicado en el punto 12.1 ACI 318.
- Las uniones por traslapo serán de los largos especificados en las Normas indicadas.
- La longitud de traslapos L, en ningún caso será inferior a 30 cm ó 50 diámetros.
- Los empalmes en barras traccionadas deben limitarse a los señalados en los planos.
- En la necesidad de disponer de empalmes no especificados, éstos se ubicarán en aquellos lugares en que las barras tengan las sollicitaciones mínimas.
- No se admitirá empalmes en las partes dobladas de las barras.
- En una misma sección del elemento estructural sólo podrá haber un 50% de las barras empalmadas.
- Los empalmes se distribuirán de manera alternada a lo largo del elemento estructural.
- Los extremos de las barras se colocarán en contacto directo en toda la longitud del empalme. Dichos extremos podrán disponerse uno sobre el otro, o en cualquier otra forma que facilite la ejecución de un buen hormigonado alrededor de la longitud de superposición.
- El espesor del hormigón alrededor del empalme no será menor de 2d si el empalme está perfectamente zunchado con alambre de diámetro adecuado.

Para las uniones soldadas se deben considerar los siguientes aspectos:

- Deberá considerarse debidamente la calidad del acero para la elección del electrodo, el cual en todo caso debe ser de bajo contenido de hidrógeno para los aceros de alta resistencia. Si se especifica alguna soldadura de barra, en general no se considerará este procedimiento, deberá usarse acero A440-280H.
- Las uniones soldadas serán de tipo tope V y X.
- La calidad de la soldadura se verificará por medio de pruebas representativas de resistencia y de dobladura en frío alrededor de un cilindro igual a 2 veces el diámetro de la barra, sin que aparezcan grietas para ángulos de dobleces inferiores a 60°.
- La resistencia a la tracción de probetas soldadas debe ser igual o superior al 125% de la resistencia a la fluencia del acero base soldado.
- En un mismo elemento, no más de un 25% de las barras soldadas podrán quedar con sus uniones en la misma sección del elemento. Se admite un desplazamiento de las uniones de 1/3 del espesor del elemento, pero no inferior a 20 cm.



- Todas las soldaduras serán realizadas por soldadores especializados, debidamente calificados (NCh308:1962).
- Durante la ejecución de los trabajos y con la frecuencia que estime la I.T.O., se controlará la calidad de la mano de obra, mediante exámenes y ensayos periódicos.

### 3.10. INSPECCIÓN DE LAS ARMADURAS Y MALLAS DE REFUERZO

Sin que ello signifique eximición de la responsabilidad del Contratista, la I.T.O. deberá aprobar por escrito:

- Sistema de almacenaje de las barras, rollos y mallas.
- Sistema de clasificación e identificación de orígenes y calidad de las barras de refuerzo.
- Recepción de todas las armaduras en el elemento y previo al hormigonado.

### 3.11. ANCLAJE DE INSERTOS EN EL HORMIGÓN. TOLERANCIAS

Los elementos de acero misceláneo que queden embebidos en el hormigón y los sistemas de anclaje serán detallados, fabricados e instalados conforme a las Especificaciones Técnicas generales y particulares para Suministro, Fabricación y Montaje de Estructuras de Acero.

Todos los insertos, incluyendo camisas para pernos de anclaje, manguitos, drenajes, ángulos para soleras y cunetas, marcos de puertas, conductos, cajas de salida, "unistruts" y otros materiales para juntas de expansión y obstrutores de agua, deberán ser colocados como se muestre en los planos de diseño en forma exacta y anclados firmemente antes de colocar el hormigón.

La parte embebida en el hormigón deberá estar limpia de grasa, aceite, óxido, polvo y no se pintará. Su colocación será ejecutada según Norma ACI 301 y deberá ser aprobada por la I.T.O. antes de efectuar el hormigonado.

Toda tubería que deba quedar incluida en el hormigón tendrá dimensiones y estarán colocadas de tal forma que no reduzcan la resistencia ni la estabilidad de los elementos estructurales, previa aprobación del especialista.

Será obligatorio colocar y sujetar los pernos de anclaje con plantillas metálicas, de espesor 5 mm mínimo, estar aprobadas por la I.T.O. y posicionadas a la elevación aproximada de la futura placa base.

Todos los insertos y pernos de anclaje serán chequeados con instrumentos de topografía, previamente al hormigonado. Adicionalmente, si la I.T.O. determinara que fuera necesario, se deberán chequear también durante y al término del hormigonado.

A menos que se indique lo contrario, todos los pernos de anclaje se colocarán perpendicularmente a la superficie de apoyo de la placa base.

Las tolerancias para la instalación de pernos de anclaje e insertos deberá cumplir lo siguiente:

- a) Pernos de anclaje: de acuerdo al Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, punto 7.5 (AISC), con los valores mínimos siguientes:
  - Distancia entre pernos vecinos: 3 mm.
  - Distancia entre grupos de pernos: 6 mm.
  - Elevación del extremo superior:  $\pm 3$  mm.
  - Alineamiento entre grupos de pernos: 5 mm.

- b) Insertos de plancha: se aceptará una tolerancia de colocación de  $\pm 5$  mm con respecto a los ejes de proyecto.
- c) Insertos de cañerías: Se aceptará una tolerancia de  $\pm 3$  mm en la ubicación del centro del eje de la cañería, en horizontal y en vertical.

En el momento de vaciar el hormigón, las porciones de los insertos que irán embutidos deberán estar libres de aceite, tierra, polvo, escamas sueltas, chapa de laminación, óxido y mortero suelto. Los hilos de los pernos de anclaje deberán protegerse de derrames de lechada. Tanto los elementos de aluminio como elementos galvanizados no deberán ser embebidos ni empotrados con ningún tipo de hormigón sin un recubrimiento de protección aprobado.

#### 4. PROTECCIÓN DE LOS HORMIGONES EN CONTACTO CON EL SUELO

Este capítulo se refiere a la pintura asfáltica que se utilizará para la impermeabilización de cualquier superficie en contacto permanente con el terreno o suelo.

La impermeabilización de las losas de techo se realiza posteriormente a los trabajos de hormigonado, y quedan definidas en las Especificaciones Técnicas de Arquitectura PL6-ID-0104-ETG-850-AR-00001.

##### 4.1. MATERIALES

Para la impermeabilización se empleará una pintura monocomponente a base de asfalto disperso en agua que tenga garantizada su utilidad, y que obtenga la aprobación previa de la I.T.O.

Se aplicará una mano del imprimante asfáltico Igol Primer o equivalente (a modo de sellante) y dos manos del imprimante asfáltico Igol Denso o equivalente. La aplicación del producto sobre la superficie a proteger se realizará con brocha o rodillo. Se prohíbe el uso de productos de diferentes fabricantes.

##### 4.2. ALMACENAJE

La pintura se deberá mantener en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados, en lugar fresco y a temperaturas entre 5°C y 30°C, un máximo de 6 meses desde su fecha de fabricación.

##### 4.3. COLOCACIÓN

Las superficies a pintar deberán estar sanas, limpias y exentas de grasas polvos, aceites, óxido, etc. Las grietas y fisuras deberán ser tratadas antes de proceder a la impermeabilización.

La pintura se aplicará con brocha o rodillo proporcionando a la superficie a proteger la dotación de imprimación asfáltica que recomiende el fabricante. Se evitará su aplicación cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C. El intervalo entre la aplicación de cada capa dependerá de la temperatura ambiente, y se seguirán las recomendaciones que proporcione el fabricante del producto. De acuerdo con las recomendaciones del fabricante, será necesaria la aplicación de una capa de imprimación (Igol Primer o equivalente), antes de la aplicación de las dos capas de impermeabilización (Igol Denso o equivalente).

Deberá utilizarse protección contra la lluvia durante las 48 horas siguientes al extendido final.

## 5. GROUTADO DE BASES Y PLACAS DE APOYO

Los morteros para grouting de nivelación en placas de anclaje, bases de máquina y equipos, placas de apoyo estructural y otros deberán ser colocados una vez que el montaje y nivelación hayan sido completados.

Las superficies de hormigón, bajo las bases de equipos y placas de apoyo, serán llevadas al nivel indicado y terminadas con una superficie rasguñada.

Antes de montar las bases o placas de apoyo, todo defecto o lechada superficial del hormigón deberá ser removida mediante picado u otro medio aprobado. La superficie resultante deberá estar libre de aceite, grasa, polvo, partículas sueltas y presentará una superficie rugosa.

Las láminas y cuñas de nivelación temporales destinadas a ser retiradas después de que el grouting se haya endurecido, se cubrirán de una delgada capa de grasa para facilitar su remoción.

Antes de empezar el grouting, debe remojarse la superficie del hormigón con agua durante un mínimo de seis horas. Inmediatamente antes de empezar el relleno, toda el agua sobrante, que haya permanecido en la superficie, será removida, así como de las llaves, manguitos y otros que vayan a ser rellenos. En tiempo frío se tomarán precauciones para asegurar que el hormigón permanezca libre de escarcha o hielo.

Los procedimientos de grouting empleados deberán asegurar su colocación, en la totalidad de la superficie de la base o placa de apoyo, evitando la formación de bolsas de aire o vacíos mediante el empleo de una suficiente compactación. Los métodos de grouting estarán sujetos a aprobación previa por parte de la I.T.O.

Se utilizará como mortero de relleno un grout ligeramente expansivo, que deberá ser aprobado previamente por la I.T.O.

El grout deberá ser un producto premezclado de fabricación estándar aprobado o un producto mezclado en obra que utilice algún agregado expandible de fabricación estándar. El grout será mezclado, colocado y fraguado en conformidad con las instrucciones del fabricante del grout o del agregado.

El material de grout deberá ser un producto que no manche y apropiado para tal propósito.