

# Manual de Control de Calidad de Obra

SERIE ESTÁNDARES TÉCNICOS DE CONSTRUCCIÓN



Ministerio de  
Vivienda y  
Urbanismo

Gobierno de Chile

3





# MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD DE OBRA

VERSIÓN OFICIAL  
MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO  
2018





**Bajo licencia Creative Commons:**

Se permite la redistribución de este contenido siempre y cuando: se reconozca al autor de la obra, no se haga uso comercial y no se ejecuten obras derivadas.

**Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile**

**Santiago, febrero de 2018**

**Colección:** Monografías y Ensayos

**Serie 3:** Estándares Técnicos de Construcción

**Título:** Vol. 3 Manual de Control de Calidad en Obra

**ISBN:** 978-956-9432-84-2

**Autor:** Ministerio de Vivienda y Urbanismo - Minvu

**Editor:** División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – Ditec, Minvu

**CDU:** 69.059.2(035)

**Redacción y coordinación editorial:** Carmen Sáez, Marcelo Soto, Susana Jara, Ignacio González (Minvu)

**Desarrolladores técnicos:** Arturo Holmgren (Cementos Bío Bío); Claudia Fuentes (IC); Eduardo Hurtado (MOP); Francisca Lorenzini (Madera 21 Corma); Gonzalo Marambio, Héctor Hidalgo, Verónica Latorre (CChC); Guillermo Silva (Achival A.G.); Susana Jara, Ignacio González (Minvu); Jorge Boza (Cerámicas Santiago); Juan Pablo Donoso (BDL Ltda.); Luis González (ITEC A.G.); Roberto Uribe (Idiem U. de Chile)

**Corrección de estilo:** Miriam Díaz (Minvu); Gonzalo Muñoz (independiente)

**Diseño y diagramación:** Carolina Ramírez O. (Minvu); Manuel Lagos (independiente)

**Fotografías:** Banco de imágenes Ditec Minvu; ITEC A.G.; Cerámicas Santiago; INFOR; CIM UC-Corma; Enlaces Ingenieros Consultores

**Impresión:** Imprenta Grecia

**Desarrollado por:** Departamento de Tecnologías de la Construcción, Ditec, Minvu

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>SALUDOS</b>	<b>ix</b>	4.2.2.2. ALMACENAMIENTO	48
<b>PREÁMBULO</b>	<b>viii</b>	4.2.3. HORMIGÓN DE RELLENO	49
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>xv</b>	4.2.3.1. RECEPCIÓN	49
<b>0. INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>	4.2.3.2. ALMACENAMIENTO	49
<b>1. ALCANCE</b>	<b>17</b>	4.2.4. ACERO DE REFUERZO	49
<b>2. REFERENCIAS NORMATIVAS</b>	<b>18</b>	4.2.4.1 RECEPCIÓN	49
<b>3. CAPÍTULO 1: CONTROL DE CALIDAD PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO HORMIGÓN ARMADO</b>	<b>21</b>	4.2.2.2. ALMACENAMIENTO	50
3.1 CONTROL DE CALIDAD DEL ACERO DE REFUERZO PARA HORMIGÓN	23	4.3. CONTROL DE EJECUCIÓN	50
3.1.1 CONTROL DE CALIDAD DE LA RECEPCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO	23	4.3.1. CONTROLES PREVIOS	50
3.1.1.1 REVISIÓN DE LA GUÍA DE DESPACHO DE CARGA	23	4.3.1.1. PREPARACIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO	50
3.1.1.2 COMPROBACIÓN DE CALIDAD DE BARRAS DE REFUERZO	23	4.3.1.2. RECEPCIÓN DE OBRAS PREVIAS	51
3.1.2 CONTROL DE CALIDAD DE LAS CONDICIONES PARA DESCARGA, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE BARRAS	27	4.3.2. CONFECCIÓN DE LA ALBAÑILERÍA	52
3.1.3 CONTROL DE CALIDAD DE LA FABRICACIÓN DE LAS ENFIERRADURAS	27	4.3.2.1. RESTRICCIONES POR FACTORES CLIMÁTICOS	52
3.1.3.1 CONTROL DE CALIDAD DE LA ENFIERRADURA PREPARADA EN OBRA	27	4.3.2.2. PREPARACIÓN Y MEZCLADO DEL MORTERO	52
3.1.3.2 CONTROL DE CALIDAD EN LA RECEPCIÓN DE ENFIERRADURAS PREPARADAS FUERA DE LA OBRA	28	4.3.2.3. PREPARACIÓN DE UNIDADES	52
3.1.4 CONTROL DE CALIDAD DE LA INSTALACIÓN DE ENFIERRADURAS	29	4.3.2.4. CONSTRUCCIÓN	52
3.2 CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE HORMIGONADO	30	4.3.3. CONTROL DE CALIDAD DE OBRA	57
3.2.1 CONTROL DE CALIDAD EN LA PREPARACIÓN PREVIA	30	<b>5. CAPÍTULO 3: CONTROL DE CALIDAD PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO MADERA</b>	<b>61</b>
3.2.2 CONTROL DE CALIDAD DE LAS JUNTAS DE HORMIGONADO	31	5.1 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MADERA ASERRADA	63
3.2.3 CONTROL DE CALIDAD EN EL TRANSPORTE DEL HORMIGÓN AL INTERIOR DE LA OBRA	31	5.2 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL ALMACENAMIENTO DE TABLEROS ESTRUCTURALES	73
3.2.4 CONTROL DE CALIDAD EN LA COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN	31	5.3 CONSIDERACIONES PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE USOS Y APLICACIONES EN OBRA 73	
3.2.5 CONTROL DE CALIDAD EN LA COMPACTACIÓN DEL HORMIGÓN	32	5.3.1 CONTROL DE CALIDAD DE LAS FUNDACIONES DEL PISO VENTILADO	73
3.2.6 CONTROL DE CALIDAD EN EL CURADO DEL HORMIGÓN	34	5.3.2 CONTROL DE CALIDAD DE ENTRAMADOS HORIZONTALES	75
3.2.7 MUESTREO DE HORMIGÓN FRESCO	35	5.3.2.1 CONTROL DE CALIDAD DE PISOS VENTILADOS	75
3.2.8 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE RESULTADOS	36	5.3.2.2 CONTROL DE CALIDAD DEL ENTREPISO	75
3.2.9 REPARACIÓN DEL HORMIGÓN DEFECTUOSO	36	5.3.3 CONTROL DE CALIDAD DE ENTRAMADOS VERTICALES (MUROS)	79
3.3 CONTROL DE CALIDAD DE MOLDAJES: COLOCACIÓN, DESCIMBRE Y DESMOLDE	39	5.3.4 CONTROL DE CALIDAD DE LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE	79
3.3.1 CONTROL DE CALIDAD EN LA COLOCACIÓN DE MOLDAJES	39	5.3.5 CONTROL DE CALIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE DUCTOS Y CAÑERÍAS	79
3.3.2 DESCIMBRE Y DESMOLDE DE MOLDAJE	40	5.3.6 CONTROL DE CALIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE REVESTIMIENTO	80
<b>4. CONTROL DE CALIDAD PARA LA ALBAÑILERÍA</b>	<b>41</b>	5.3.7 CONTROL DE CALIDAD DE CONECTORES PARA MADERA	80
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES	43	<b>ANEXO A - CERTIFICADOS E INFORMES TIPO</b>	<b>83</b>
4.2. CONTROL DE MATERIALES EN OBRA	43	<b>ANEXO B - TABLAS Y CUADROS PARA DOBLADO DE ENFIERRADURA</b>	<b>85</b>
4.2.1. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: LADRILLOS CERÁMICOS O BLOQUES DE HORMIGÓN	43	<b>ANEXO C - TIPOS DE HORMIGONES SEGÚN CONFECCIÓN</b>	<b>87</b>
4.2.1.1. RECEPCIÓN	43	<b>ANEXO D - VIBRACIÓN DEL HORMIGÓN</b>	<b>89</b>
4.2.1.2. ALMACENAMIENTO	46	<b>ANEXO E - CLASIFICACIÓN DEL LADRILLO DE ARCILLA FABRICADO A MÁQUINA</b>	<b>91</b>
4.2.2. MORTERO DE PEGA	46		
4.2.2.1. RECEPCIÓN	46		

Nuestra misión como Ministerio de Vivienda y Urbanismo es generar soluciones habitacionales de calidad que contribuyan al desarrollo de barrios y ciudades equitativas, integradas y sustentables. En este contexto, el entregar viviendas, equipamientos y espacios públicos con un alto estándar de diseño, técnico y constructivo, ha sido una de nuestras principales preocupaciones.

Con este objetivo, y entendiendo que la correcta fiscalización durante el proceso de ejecución es primordial en la calidad de las construcciones, elaboramos el “Manual de Control de Calidad de Obra”, en colaboración con expertos del sector.

Este es un instrumento técnico de apoyo para todos los actores relevantes del proceso constructivo, –sean estos públicos o privados–, que aportará a la labor de control y fiscalización de la correcta ejecución de las faenas y procesos que involucra la edificación. Esperamos que esta herramienta contribuya a la ejecución de obras de calidad que proporcionen mayor confort y bienestar a quienes las habiten o utilicen.

**Paulina Saball**  
Ministra de Vivienda y Urbanismo

Fomentar la innovación, productividad y sustentabilidad en la industria de la construcción, con el fin de proporcionar soluciones habitacionales de calidad, eficientes, adecuadas, pertinentes y que ofrezcan mayor confort a las familias que las habiten, es uno de los objetivos primordiales del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Respondiendo a ello, esta cartera de Estado ha abordado el desafío de fortalecer la calidad de las edificaciones desde distintos frentes, entre los cuales se encuentra el mejoramiento de la gestión en los procesos de revisión de proyectos, la fiscalización y el control de obras. En este ámbito trabajamos permanentemente en la actualización y reforzamiento de los conocimientos técnicos de los profesionales en todas las regiones, ejecutando programas de capacitación para mejorar su base técnica y normativa. Asimismo, nos hemos enfocado en el mejoramiento de las herramientas técnicas, destinando recursos para el desarrollo y actualización de normas y manuales con distintos focos y énfasis:

En este contexto, desarrollamos el “Manual de Control de Calidad en Obra”, que es un documento técnico de apoyo para el control de calidad de obras de edificación asociadas a sistemas constructivos en hormigón armado, albañilería y madera. Este manual fue elaborado en el marco del convenio colaborativo firmado entre el Minvu y el Instituto de la Construcción (IC), y contó con la participación de representantes de instituciones públicas y privadas. Está dirigido a todos los actores que participan de los procesos de inspección y/o fiscalización de obras, y su principal objetivo es asegurar y fortalecer el cumplimiento normativo y el estándar de las obras de construcción.

Con este documento, sumamos un nuevo aporte a la fiscalización en terreno y a la batería de instrumentos que este ministerio está desarrollando con el fin último de fortalecer la sustentabilidad y calidad de los proyectos de vivienda, barrio y ciudad.

**Jocelyn Figueroa Yousef**  
Jefa División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional



## PREÁMBULO

El presente documento, denominado Manual de Control de Calidad de Obra, fue desarrollado por un comité técnico convocado por el Instituto de la Construcción en el marco del convenio de colaboración suscrito entre el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Instituto de la Construcción, aprobado por Resolución Exenta N° 5622 de fecha 10 de septiembre de 2014. El comité sesionó entre los meses de marzo de 2016 y marzo de 2017, efectuando un total de 23 reuniones.

Participaron en el comité, con una asistencia superior al 50 %, las siguientes personas e instituciones:

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Susana Jara	Ministerio de Vivienda y Urbanismo (presidenta)
Claudia Fuentes	Instituto de la Construcción (secretaria técnica)
Arturo Holmgren	Cementos Bío Bío
Eduardo Hurtado	Ministerio de Obras Públicas
Francisca Lorenzini	Corma
Gonzalo Marambio	Cámara Chilena de la Construcción
Guillermo Silva	Achival A.G.
Héctor Hidalgo	Cámara Chilena de la Construcción
Ignacio González	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
Jorge Boza	Cerámicas Santiago
Juan Pablo Donoso	BDL Ltda.
Luis González	ITEC A.G.
Roberto Uribe	Idiem Universidad de Chile
Verónica Latorre	Cámara Chilena de la Construcción

# ANTECEDENTES



## 0. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente manual es entregar recomendaciones para controlar la calidad de los procesos constructivos en una obra, asegurando que las distintas partidas se ejecuten en estricto acuerdo con los planos y especificaciones técnicas. Para estos efectos, se deben generar protocolos y cartillas de control, las que deberán ser llenadas por los encargados del control de calidad de la obra y revisadas por la inspección técnica de obra. Cuando corresponda, el inspector debe solicitar certificados, ensayos y garantías de los materiales utilizados para dejar constancia escrita de la recepción de esa partida.

Todas las actividades o procesos que se describen en este Manual, deben considerar los aspectos de prevención y seguridad que sean aplicables o exigibles a cada obra, proceso o actividad, de acuerdo con lo que establece la legislación del país y la normativa interna de cada empresa.

Este manual, promueve la utilización de elementos de protección personal, tanto generales (casco, zapatos, lentes y guantes, entre otros) como específicos (arnés de seguridad, protector auditivo, máscara antigases, entre otros) de cada actividad, así como también el cumplimiento de lo establecido en la Ley 16.744 sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.

## 1. ALCANCE

El presente manual es un documento técnico creado para ser aplicado en el control de calidad de obras de edificación pública, privada y vivienda Social, dirigido a empresas constructoras y/o mandantes. Contempla recomendaciones con el objetivo de asegurar la calidad de las obras de construcción y fortalecer el cumplimiento normativo.

Finalmente, este manual contiene recomendaciones de carácter técnico respecto de los sistemas constructivos en hormigón armado, albañilería y madera.

## 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

<b>NCH 148 OF.1968</b>	Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.	<b>NCH 167 OF.2001</b>	Construcción - Ladrillos cerámicos - Ensayos.
<b>NCH 158 OF.1967</b>	Cemento - Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento.	<b>NCH 168 OF.2001</b>	Construcción - Ladrillos cerámicos - Verificación dimensional y geométrica.
<b>NCH 165 OF.2009</b>	Áridos para morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría.	<b>NCH 169 OF.2001</b>	Construcción - Ladrillos cerámicos - Clasificación y requisitos.
<b>NCH 163:1979</b>	Áridos para morteros y hormigones - Requisitos generales.	<b>NCH 2123:1997MOD2003</b>	Albañilería confinada - Requisitos de diseño y cálculo.
<b>NCH 170: 2016</b>	Hormigón - Requisitos generales.	<b>NCH 1198 OF.2006</b>	Madera - Construcciones en madera - Cálculo.
<b>NCH 171 OF.1975</b>	Hormigón - Extracción de muestras de hormigón.	<b>NCH 789/1 OF.1987</b>	Maderas - Parte 1 - Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
<b>NCH 429 OF.1957</b>	Hormigón armado - Primera parte.	<b>NCH 819 OF.2009</b>	Madera Preservada - Pino radiata - Clasificación según riesgo de deterioro en servicio y muestreo.
<b>NCH 430 OF.2008</b>	Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo.	<b>NCH 1207 OF.2005</b>	Pino Radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.
<b>NCH 1019 OF.2009</b>	Hormigón - Determinación de la docilidad - Método de asentamiento del cono de Abrams.	<b>NCH 2824: 2003</b>	Pino radiata - Unidades, dimensiones y tolerancias.
<b>NCH 1443 OF.1978</b>	Hormigón - Agua de amasado - Muestreo.	<b>NCH 790 OF.2010</b>	Madera – Preservación - Clasificación, composición y requisitos de los preservantes para madera.
<b>NCH 1498 OF.2012</b>	Hormigón y mortero - Agua de amasado - Clasificación y requisitos.	<b>NCH 2165 OF.1991</b>	Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata.
<b>NCH 2183 OF.1992</b>	Hormigón y mortero- Método de ensayo - Determinación del tiempo de fraguado.	<b>NCH 2150 OF.1989 MOD1991</b>	Madera laminada encolada - Clasificación mecánica y visual de madera aserrada de pino radiata.
<b>NCH 2184 OF.1992</b>	Hormigón y mortero - Método de ensayo - Determinación del contenido del aire.	<b>NCH 2827: 2003</b>	Calibración y uso de xilohigrómetros portátiles.
<b>NCH 2185 OF.1992</b>	Hormigón y mortero - Método de ensayo - Determinación de la resistencia a la congelación y el deshielo.	<b>NCH174 OF.1985</b>	Maderas - Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
<b>NCH 2186 OF.1992</b>	Hormigón y mortero - Método de ensayo - Determinación de la densidad real saturada y densidad real seca.	<b>EN 14081: 2011</b>	Estructuras de madera - Madera estructural con sección transversal rectangular clasificada por su resistencia.
<b>NCH 434 OF.1970</b>	Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado.		
<b>NCH 204 OF.2006</b>	Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado.		
<b>NCH 1928 OF.2009</b>	Albañilería armada - Requisitos para el diseño y cálculo.		

# CAPÍTULO 01

CONTROL DE CALIDAD PARA EL SISTEMA  
CONSTRUCTIVO HORMIGÓN ARMADO

## 3. CONTROL DE CALIDAD PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO HORMIGÓN ARMADO

### 3.1. CONTROL DE CALIDAD DEL ACERO DE REFUERZO PARA HORMIGÓN

#### 3.1.1. CONTROL DE CALIDAD DE LA RECEPCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

##### 3.1.1.1. REVISIÓN DE GUÍA DE DESPACHO DE CARGA

La guía de despacho debe ser concordante con el orden de compra y con las especificaciones técnicas del proyecto.

##### 3.1.1.2. COMPROBACIÓN DE CALIDAD DE BARRAS DE REFUERZO

Para la comprobación de la calidad de las barras de acero, se deben considerar los siguientes aspectos:

##### a) Verificación de los certificados de conformidad de las barras de refuerzo:

Según especificaciones técnicas, las barras de refuerzo deben cumplir con la norma NCh204 “Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado”. Se debe solicitar certificado de conformidad del acero e informes de ensayos para verificar el cumplimiento normativo; además se debe revisar en los certificados de conformidad, que las coladas y los diámetros corresponden con las barras de acero que ingresan a obra.

El certificado de conformidad debe ser otorgado por un organismo certificador acreditado ante el Instituto Nacional de Normalización (INN), y los ensayos se deben realizar en laboratorios oficiales inscritos en el Ministerio de Vivienda. Adicionalmente, si se producen mezclas de distintas procedencias de acero en la colocación de la enfierradura, se debe informar al diseñador estructural (calculista) para que indique cuál será la disposición a seguir.

El certificado de conformidad debe contener: Identificación del organismo que ha efectuado la certificación, identificación del producto, descripción de la marca sobre relieve, tamaño de lote o partida, dimensiones, diámetro y longitud normal, identificación de colada, condición de producto (laminado en caliente) e informe de ensayo adjunto. (Ver Anexo A para ejemplos de certificados de conformidad e informes de ensayos).

##### b) Verificación de marcas en relieve en las barras:

Se debe verificar el cumplimiento de las marcas en relieve en las barras de acero según punto 4.6.1 de la norma NCh204. Se debe realizar una revisión visual de estas.

Las marcas sobre relieve que se deben verificar, se detallan en el cuadro siguiente:

**TABLA 1**  
MARCAS SOBRE EL RELIEVE

NOMBRE O LOGOTIPO DEL FABRICANTE	DESIGNACIÓN DEL GRADO DEL ACERO	MARCAS SOBRE RELIEVE	DIÁMETRO NOMINAL DE LA BARRA
XX (nombre del fabricante o sigla)	A630-420H	A630	8, 10, 12, 16, 18, 22, 25, 28, 32, 36
XX (nombre del fabricante o sigla)	A440-280H	A440	8, 10, 12, 16, 18, 22, 25, 28, 32, 36

Fuente: ITEC

**c) Recepción de barras de refuerzo enderezadas a partir de rollos:**

Para la recepción de barras enderezadas a partir de rollos, se debe verificar que estas sigan cumpliendo con las disposiciones de la norma NCh204, después del proceso de enderezado. Para esto se debe solicitar al proveedor el procedimiento de aseguramiento de las propiedades geométricas y mecánicas de acuerdo con la norma NCh204.

Si se detecta daño en los resaltes, producto del proceso de enderezado, se recomienda tomar 3 muestras del diámetro que presenta daños, ensayar y verificar cumplimiento de las disposiciones de la norma NCh204. Si estas no se cumplen, someter a consulta con calculista.

**d) Revisión del estado superficial de las barras:**

La norma NCh204 establece que se debe constatar que las barras y rollos estén libres de elementos contaminantes tales como grasas, aceites, esmaltes o pinturas al aceite.

La norma NCh211, en el punto 4.3 (estado superficial de las enfierraduras), plantea que se debe cumplir con lo establecido en la norma NCh204 referente al estado superficial de las barras.

Las normas NCh211 y NCh204 no proponen equipos de limpieza, solo inspección visual y cumplimiento de los requisitos normativos (marcas).

Las barras con algún grado de oxidación serán aceptadas si continúan cumpliendo con los requisitos de la norma NCh204.

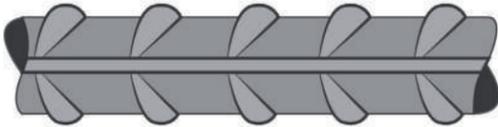
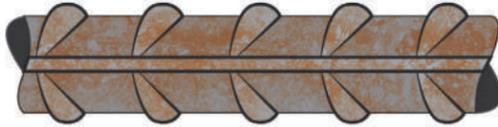
Ejemplos de barras mal enderezadas:

**FOTO 1**  
BARRAS DE REFUERZO CON RESALTES DEFICIENTES PRODUCTO DEL MAL ENDEREZADO (FUENTE: ITEC)



Ejemplo de verificación visual de oxidación en barras:

**CUADRO 1**  
GRADOS DE OXIDACIÓN DE ACERO

GRADOS DE OXIDACIÓN O CORROSIÓN	RECOMENDACIONES
Grado A: Barra recién laminada 	Sin restricción de uso.
Grado A: Barra levemente oxidada o corroída 	Sin restricción de uso.
Grado B: Barra poco oxidada o corroída 	Sin restricción de uso. Salvo que en algunos casos se podría requerir de una leve limpieza superficial con herramienta manual o motriz mecánica.
Grado C: Barra oxidada o corroída 	Se requiere de una limpieza superficial manual profunda o motriz mecánica enérgica, y por ello su uso está condicionado a una verificación previa del cumplimiento de los requisitos exigidos por la norma NCh 204.

Fuente: Manual de armaduras Gerdau

### 3.1.2. CONTROL DE CALIDAD DE LAS CONDICIONES PARA DESCARGA, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE BARRAS

La descarga y transporte de las barras dentro la obra se debe realizar de forma segura, considerando las condiciones particulares de cada obra, utilizando un método adecuado en relación con la envergadura de la misma, y planificando el recorrido y punto de almacenamiento de las barras.

El almacenamiento de las barras se debe realizar considerando las condiciones particulares de cada obra, el clima, y planificando la disposición final de las barras de acuerdo con el orden de colocación en obra, y manteniendo la tarjeta de identificación visible y en buen estado.

Estas actividades deben contar con supervisión permanente en terreno y la modificación de los procedimientos debe ser informada oportunamente al profesional responsable.

Las zonas de descarga, transporte y almacenamiento se deben mantener limpias, libres de restos de materiales y debidamente señalizadas.

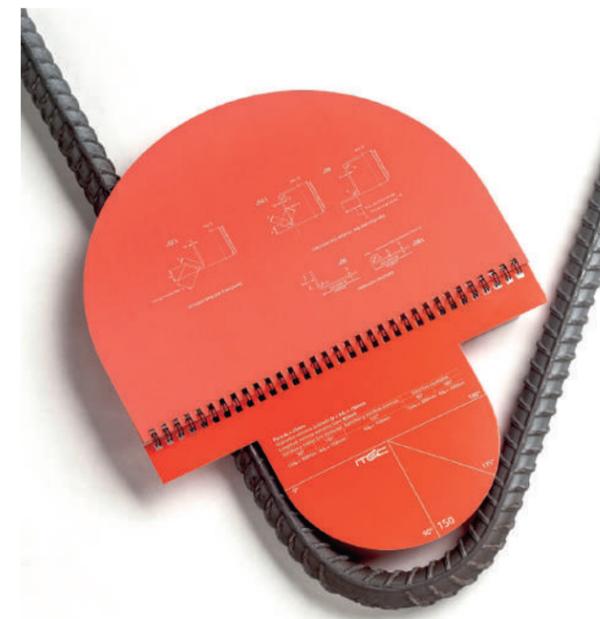
### 3.1.3. CONTROL DE CALIDAD DE LA FABRICACIÓN DE LAS ENFIERRADURAS

#### 3.1.3.1. CONTROL DE CALIDAD DE LA ENFIERRADURA PREPARADA EN OBRA

Se debe verificar las dimensiones según planos; además se deben revisar diámetros de doblado, desviaciones admisibles y largos mínimos según la norma NCh211.

Se debe verificar el corte y doblado de barras. El doblado debe cumplir los requisitos de la norma NCh211. Se debe verificar diámetro de doblado en piezas fabricadas con plantillas:

**FOTO 2**  
NO CUMPLE CON DIÁMETRO MÍNIMO DE DOBLADO



**FOTO 3**  
CUMPLE CON DIÁMETRO MÍNIMO DE DOBLADO



**FOTO 4**  
NO CUMPLE CON DIÁMETRO MÍNIMO DE DOBLADO

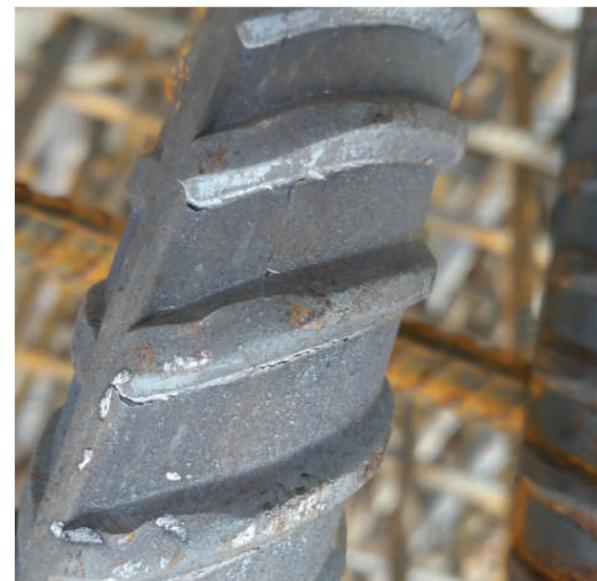


**FOTO 5**  
VERIFICAR LA HUINCHA DE LOS MANDRILES DE DOBLADO

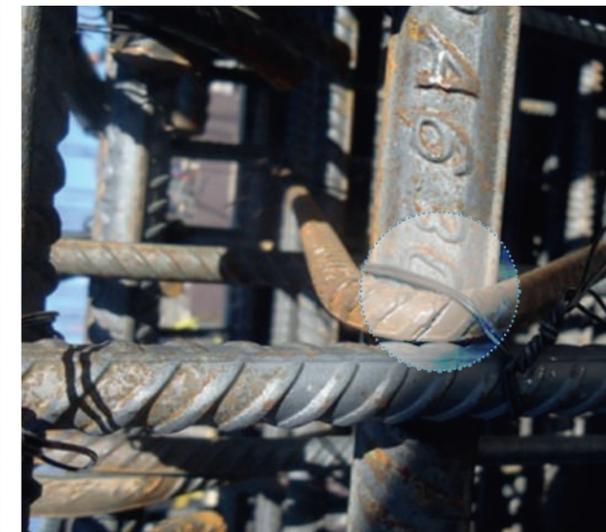


Ejemplo de barras mal dobladas:

**FOTO 6**  
FISURA EN LA BASE DE LOS RESALTES. (FUENTE: ITEC)



**FOTO 7**  
FISURAS EN LA BASE DE LOS RESALTES PRODUCTO DE NO CUMPLIR CON DIÁMETRO MÍNIMO DE DOBLADO EXIGIDO EN LA NORMA NCh211. (FUENTE: ITEC)



### 3.1.3.2. CONTROL DE CALIDAD EN LA RECEPCIÓN DE ENFIERRADURAS PREPARADAS FUERA DE LA OBRA

#### a) Chequeo con planilla de fabricación:

Se debe verificar, según el grado requerido para el proyecto, propiedades geométricas y mecánicas según la norma NCh204, además se debe revisar el certificado de colada e informe de ensayos respectivo.

Se debe verificar que las partidas que lleguen a la obra, coincidan con el listado de fabricación y la guía de despacho.

#### b) Identificación de la tarjeta de datos de fabricación:

La tarjeta de identificación de las enfierraduras debe permitir identificar claramente las piezas. De acuerdo con la norma NCh211 deben contener, al menos: identificación del cliente, elemento de destino de la enfierradura, figura de la pieza fabricada, calidad del acero y diámetro, cantidad de unidades, fabricante de la enfierradura y código de trazabilidad.

#### c) Certificación de formas geométricas:

Se debe verificar que las piezas cumplen con formas, diámetro y dimensiones de acuerdo con la norma NCh211 y según especificaciones técnicas y planos del proyecto.

#### d) Verificación del estado de las barras:

Se debe verificar que las barras se encuentren dobladas sin grietas o fisuras. Se debe revisar la existencia de las con etiquetas correspondientes y cumplir dimensiones y diámetros de doblado, según la norma NCh211.

### 3.1.4. CONTROL DE CALIDAD DE LA INSTALACION DE ENFIERRADURAS

Respecto a la instalación de barras, se deben verificar las dimensiones según la norma NCh211. Para la instalación de armaduras se debe tener en consideración: la ubicación, diámetros, calidad y tipo, dimensiones y espaciamiento conforme a especificaciones técnicas y última versión de planos de cálculo estructural autorizado para construcción. En particular, se debe revisar:

- Posición, diámetro y longitud de barras.
- Amarras, fijaciones y trabas según especificaciones técnicas y planos de cálculo.
- Revisión de la repartición y dimensionamiento de estribos
- Cantidad de trabas por m<sup>2</sup> en muros.
- Longitud y ubicación de empalmes por traslapo.
- Longitud de anclajes de barras en cambios de espesor de muro.
- Geometría de ganchos (estándar y sísmicos) en malla horizontal, trabas, estribos y coronación malla vertical.
- Chequeo de longitud de empalmes y empotramientos de barras.
- Separación de segunda y tercera capa de enfierradura longitudinal en vigas.
- Conectores mecánicos para acero en uniones especiales; según especificaciones técnicas y planos.

## 3.2. CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE HORMIGONADO

### 3.2.1. CONTROL DE CALIDAD EN LA PREPARACIÓN PREVIA

Los elementos de hormigón deben cumplir con las dimensiones, puesta en obra, plomos, altura y calidad del hormigón, de acuerdo con el proyecto de arquitectura y cálculo. Se recomienda consultar los documentos de apoyo "ET 004-06, ICH-Tolerancias Dimensionales en Elementos de Hormigón Armado". (Ver Anexo C -Tipos de hormigones, según clasificación).

Los aditivos a utilizar en obra deben cumplir con la norma de requisitos NCh 2182, punto 4.

La docilidad del hormigón debe ser concordante con las especificaciones técnicas, y cumplir con la norma NCh 170/2016 punto 16 y NCh 1019.

En la preparación previa al proceso de hormigonado, se deben contemplar los siguientes aspectos:

#### a) Recepción de moldajes (limpieza, plomo, puntales y alzaprimas):

Se debe realizar la recepción de acuerdo con la lista de verificación de la partida de moldajes y lo establecido en el punto 3.3.

#### b) Recepción de enfierraduras instalada:

Se debe realizar la recepción de acuerdo con lista de verificación correspondiente a la partida de enfierradura y lo establecido en punto 3.1.

#### c) Revisión de insertos, canalizaciones, tubos:

Se debe realizar la revisión conforme de todos los insertos, canalizaciones y tubos de acuerdo con su posición definitiva contemplada en el proyecto.

Previo al inicio de la ejecución de las faenas de hormigonado, se debe contemplar la coordinación del proyecto de cálculo estructural con los proyectos de instalaciones tales como eléctricas, sanitarias, corrientes débiles, gas, pasadas, entre otros, debiendo contar con la aprobación del proyectista estructural.

#### d) Acceso a zona de descarga de camiones:

Se debe contar con un espacio despejado que permita el libre acceso a la zona de descarga de los camiones.

#### e) Andamios y carreras:

Se debe contemplar la existencia de todos los andamios y carreras necesarias para la instalación del hormigón, verificando que las condiciones estructurales, de espacio y circulación sean aprobadas por un experto en prevención de riesgos.

#### f) Juntas de construcción:

Previo a la instalación del hormigón, se deben limpiar y preparar las juntas de hormigón de acuerdo con lo indicado en punto 3.2.2.

#### g) Personal para descarga:

Se debe disponer de la cantidad de personal necesaria para la descarga e instalación del hormigón.

#### h) Disponibilidad de equipos y herramientas:

En el caso de hormigón preparado en obra, se debe verificar el estado de la maquinaria necesaria para su confección (betonera, planta hormigonera, otros).

#### i) Revisión de los recubrimientos de las enfierraduras:

Se deben revisar los recubrimientos de todos los paramentos de hormigón armado de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto de cálculo. Se debe revisar la cantidad y disposición de separadores y soportes, entre otros.

#### j) Revisión de rellenos bajo radiere y/o fundaciones:

Se debe realizar la revisión de la compactación de todos los rellenos bajo radiere y/o fundaciones, de acuerdo con el estudio de mecánica de suelos.

### 3.2.2. CONTROL DE CALIDAD DE LAS JUNTAS DE HORMIGONADO

Para las juntas de hormigonado, se deben tener presentes las siguientes consideraciones:

#### a) Picado de capa superficial endurecida:

Previo al hormigonado sobre una superficie existente, se debe picar toda la capa superficial endurecida hasta lograr una textura rugosa. Retirar todo el material resultante y limpiar adecuadamente, dejando libre de polvo y partículas sueltas.

#### b) Humedad de la superficie de contacto:

Se debe humedecer anticipadamente la superficie de contacto, evitando el exceso de agua superficial; es decir, no debe existir apozamiento de agua.

#### c) Colocación de un puente de adherencia:

Previo al hormigonado sobre una superficie existente, se debe colocar un puente de adherencia, si corresponde.

#### d) Ubicación de las juntas de construcción:

Previo al hormigonado se deben definir claramente las juntas de construcción, las que deben estar de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto, o lo que indique expresamente el proyectista responsable del mismo.

### 3.2.3. CONTROL DE CALIDAD EN EL TRANSPORTE DEL HORMIGÓN AL INTERIOR DE LA OBRA

Para el transporte interno del hormigón en la obra se deben considerar los requisitos establecidos en la norma NCh 170/2016, punto 10. Se sugiere tener presente:

a) Verificar carreras y andamios de recorrido de carretillas.

- b) Verificar pendiente y largo de canaletas de descarga de hormigón: Se recomienda largo máximo de 7 m; pendiente máxima: 1V/2H para asentamiento de cono menor a 8 cm y 1V/3H para cono igual o mayor a 8 cm. Verificar el desempeño del hormigón para condiciones distintas a lo indicado. En caso de tener pendientes mayores, o situaciones con pendientes distintas a los criterios indicados, se puede necesitar un diseño especial de mezcla para la faena y pruebas de colocación que aseguren que el hormigón no se segrega ni derrapa una vez colocado y compactado. Lo anterior dependerá, entre otros factores, de la velocidad de colocación, evolución de la docilidad del hormigón y las condiciones ambientales.
- c) Verificar cintas transportadoras con pendiente máxima de 20 % con embudo L=50 cm como mínimo.
- d) Verificar trazado, afianzamiento y estado de tuberías para bombear
- e) Verificar alcance de “placer dome” y manga de descarga del hormigón.
- f) Verificar el tiempo máximo de transporte de 30 minutos desde la salida del equipo mezclador hasta la colocación final. Este plazo se puede aumentar si en el diseño de mezcla se han adoptado medidas técnicas que lo permitan.
- g) Limpiar los elementos de transporte luego del empleo diario.

### 3.2.4. CONTROL DE CALIDAD EN LA COLOCACIÓN DEL HORMIGÓN

Para la colocación del hormigón se debe contemplar lo establecido en la norma de requisitos NCh 170/2016, punto 11. Se recomienda consultar documento de referencia ET 002-05, ICH-Altura de Vaciado del Hormigón. Considerar los siguientes aspectos:

- a) Verificación del cono de Abrams:** Se debe verificar el cono de Abrams según especificaciones técnicas del proyecto.
- b) Tiempo de mezclado antes de la descarga del camión:** Controlar el tiempo de mezclado, el que debe ser superior a 1,5 min.
- c) Colocación del hormigón:** Colocar el hormigón en capas horizontales uniformes de 50 cm o 2/3 del largo de la botella del vibrador. La capa anterior debe estar fresca y se debe compactar completamente cada capa antes de colocar la siguiente.
- d) Velocidad de colocación en muros:** Se debe considerar una velocidad de colocación del hormigón en muros inferior a 1,5 m de altura/hora. Para mayores alturas se debe verificar la presión sobre los moldajes.
- e) Inicio del hormigonado de losas:** Se debe iniciar el hormigonado de losas en un extremo al lado del hormigón antiguo.
- f) Control de llenado de elementos inclinados:** Se debe iniciar el llenado de elementos inclinados desde el punto más bajo.
- g) Temperatura de colocación:** Se debe controlar la temperatura de colocación del hormigón, la que debe estar entre 5 °C y 35 °C.

### 3.2.5. CONTROL DE CALIDAD EN LA COMPACTACIÓN DEL HORMIGÓN

#### a) Consideraciones generales:

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

Siempre se procurará mantener la botella del vibrador en posición vertical.

No se debe desplazar lateralmente el hormigón con el vibrador, ni introducir el vibrador junto a la pared del moldaje para evitar la acumulación de burbujas de aire y lechada a lo largo de dicha pared.

Los equipos que se utilizan para la compactación son de los siguientes tipos:

- Mecánicos de alta potencia
- Mecánicos corrientes
- Especiales
- Manuales

Para la elección del equipo, se debe tener en cuenta el asentamiento de cono del hormigón, las condiciones particulares de la obra y su requerimiento de acabado superficial.

Los equipos de compactación pueden ser de aplicación interna (vibradores de inmersión) o externos (vibradores de placas y cerchas). Cuando se empleen vibradores internos, su frecuencia, en general, no debe ser inferior a 8.000 rpm, siendo ideal 12.000 rpm. Dichas frecuencias están asociadas a la capacidad real de excitar a las partículas de los áridos del hormigón, para disponerlas en el volumen que deben ocupar. Entre más fino sea el hormigón, mayor frecuencia se requiere.

CUADRO 2  
COMPACTACIÓN DEL HORMIGÓN

DIÁMETRO DE LA BOTELLA (mm)	FRECUENCIAS RECOMENDADAS (rpm)	DIÁMETRO DE ACCIÓN (cm)	VALOR APROXIMADO DE CANTIDAD DE HORMIGÓN POR VIBRADOR (M <sup>3</sup> /H)	APLICACIONES EN HORMIGONES
40 a 20	10.000 a 15.000	30 a 15	1 a 4	Alta fluidez en elementos delgados con alta densidad de armadura
60 a 30	9.000 a 13.500	50 a 25	2 a 8	Fluidez plástica para vigas, columnas, losas y muros delgados
90 a 50	8.000 a 12.000	70 a 35	5 a 15	Docilidad inferior a 8 cm y elementos de grandes dimensiones

Fuente: Basado en ACI 309

**b) Introducción de vibrador y tiempo de aplicación:**

Se debe controlar la introducción regular y vertical del vibrador, penetrando 10 a 15 cm la capa anterior.

El tiempo de vibración depende del asentamiento de cono, aumentando cuanto más seco sea el hormigón. También depende de la potencia del vibrador. Se recomienda sumergirlo rápidamente y retirarlo una vez que aparezca lechada en la superficie y/o deje de aparecer una alta cantidad de burbujas.

La velocidad de extracción depende del acabado de la superficie, en general se sugiere que sea a una velocidad aproximada de 7 a 8 cm/s para hormigones a la vista y 5 cm/s para hormigones arquitectónicos.

**c) Distancia entre puntos de colocación del vibrador;**

Se debe verificar la distancia entre puntos de inserción del vibrador, la que no debe ser mayor a su radio de acción.

El vibrador se debe sumergir profundamente en la masa, cuidando de introducir y retirar la botella con lentitud y a velocidad constante.

La vibración debe ser tal que se traslapen las áreas de influencia del vibrador en el molde del elemento construido, de forma que el elemento quede inscrito en el área cubierta por la disposición de la vibración diseñada. La distancia entre los sucesivos puntos de inmersión debe ser la adecuada para producir en toda la superficie de la masa una humectación brillante y no debe exceder de 40 cm. Es preferible vibrar poco tiempo en muchos puntos, que vibrar más tiempo en menos puntos. En general, la distancia entre inserciones no debe superar 0,75 veces el diámetro de acción del vibrador, o equivalentemente 1,5 veces el radio de acción, es decir, seis veces el diámetro de la botella.

**3.2.6. CONTROL DE CALIDAD EN EL CURADO DEL HORMIGÓN****a) Consideraciones generales:**

Para el curado del hormigón en la obra se deben considerar los requisitos establecidos en la norma NCh 170/2016, punto 13.

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

**b) Métodos y plazos de curado:**

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

- Agua nebulizada; lloviznas tenues de agua.
- Compuestos formadores de membranas de curado.
- Telas y tejidos absorbentes que se mantienen continuamente húmedos.

- Riegos permanentes.
- Diques con agua.
- Arenas u otros recubrimientos similares, los que se deben mantener continuamente húmedos.
- Cualquier material que evite la pérdida de agua del hormigón sin dañar su superficie.

Nota: cualquiera sea el método de curado utilizado, se deberán adoptar medidas para evitar una diferencia brusca de temperatura que afecte al hormigón.

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

- Condiciones climáticas esperadas (temperatura y humedad ambiente).
- Agresividad del ambiente.
- Geometría del elemento (vertical, horizontal, superficie expuesta, dimensiones, entre otros).
- Requisitos de durabilidad y resistencia.
- Requisito de desmolde y materialidad del moldaje.
- No se debe cargar ni vibrar durante el periodo de curado del hormigón.

**c) Protección del hormigón:**

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

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

En tiempo frío, el hormigón se debe proteger para mantener las condiciones indicadas en el punto 11.8.1.3 de la norma NCh170/2016. Si la temperatura ambiental es, o será, menor a 5 °C, se debe calefaccionar.

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

Durante el periodo de curado, se debe evitar que el hormigón sufra impactos, vibraciones, cargas de equipos y/o materiales, entre otros, que puedan dañar el hormigón o el material de curado. Si en dicho periodo el hormigón alcanza la resistencia suficiente que asegure la adherencia acero- hormigón, o es autorizado por el proyectista estructural, el elemento se puede someter a carga, aunque debe continuar su curado por el periodo definido en el punto 13.2.3.a de la norma NCh170/2016.

**d) Inicio del descimbre:**

Se debe solicitar autorización al profesional responsable para dar inicio al descimbre, teniendo presente el punto 15 de la norma NCh170/2016.

### 3.2.7. MUESTREO DE HORMIGÓN FRESCO

El hormigón, en general y acorde a la norma NCh170/2016, se clasifica según su resistencia especificada a compresión a los 28 días,  $f_c'$ , determinada en probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, según las normas NCh1017 y NCh1037. Solo en casos excepcionales, en los que no se disponga de probetas cilíndricas para realizar el control del hormigón, el proyectista puede autorizar el uso de probetas cúbicas, indicando el factor de conversión.

A fin de verificar el cumplimiento de la resistencia requerida, los resultados individuales de resistencia a compresión corresponden al promedio de la resistencia a 28 días, o a la edad especificada en el proyecto, de al menos dos probetas gemelas confeccionadas a partir de la misma muestra, conservadas según la norma NCh1017 y ensayadas a la misma edad.

Para lo anterior, el proceso de muestreo por parte de un laboratorio acreditado, se debe realizar en un plazo no superior a los 15 minutos entre la toma de la primera porción y la última. Se debe emplear el menor tiempo posible para obtener y manipular la muestra y protegerla del sol, viento u otras fuentes de evaporación excesiva, segregación o contaminación.

Se debe efectuar la extracción de la muestra en uno o más intervalos regulares durante la descarga, sin incluir el primer y último 10 %.

La selección del procedimiento de compactación de las probetas se debe basar en el asentamiento del cono de Abrams del hormigón establecido en la norma NCh1017/2009 y que se resume en la tabla siguiente:

**TABLA 2**  
ASENTAMIENTO DEL CONO DE ABRAMS

ASENTAMIENTO DE CONO DE ABRAMS DEL HORMIGÓN (CM)	PROCEDIMIENTO DE COMPACTACIÓN
Menor o igual que 12	Vibrado
Mayor que 12	Vibrado o apisonado

Fuente: NCh 1017

Las probetas una vez moldeadas, enrasadas y alisadas, deben recibir protección y el curado inicial en el mismo lugar. Eventualmente, pueden ser desplazadas inmediatamente en forma cuidadosa, y por el mismo personal que las ha moldeado, a un lugar cercano para ser sometidas al curado inicial con la precaución de volver a alisar la superficie, si esta ha sido alterada por el movimiento.

Durante el curado inicial de las probetas en obra se debe evitar siempre la pérdida de agua por evaporación y se debe mantener la temperatura de ellas entre 15 °C y 27 °C, desde el momento mismo del moldeado.

Para mantener la humedad y evitar la evaporación, inmediatamente después de ser moldeadas, enrasadas y alisadas, las probetas se deben sumergir completamente dentro de un recipiente con agua tranquila y saturada con cal. Este método es el más adecuado para los fines que se persiguen, esto es garantizar que no exista evaporación de agua desde el hormigón de las probetas, alta variabilidad de temperatura o desnivelación de las probetas.

Otro método, de menor garantía para evitar la evaporación y efectos dañinos, es proteger el conjunto de

probetas por todos sus lados con láminas plásticas, arena, aserrín o arpilleras constantemente húmedas, dentro de un envase o recinto adecuado, hasta el momento del desmolde.

Para mantener las probetas en un ambiente de temperaturas especificadas en el rango entre 16 °C y 27 °C se debe recurrir, entre otros, a algunos de los métodos siguientes o una combinación de ellos:

- Uso de techos para dar sombra.
- Permitir libre circulación de aire.
- Uso de hielo.
- Sistemas de calefactores o enfriadores controlados con termostatos.
- Protecciones térmicas.
- Cualquier otro sistema que permita cumplir el rango de temperaturas especificadas.

### 3.2.8. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE RESULTADOS

La evaluación estadística de los resultados tiene por objetivo verificar el cumplimiento de la resistencia especificada para el proyecto.

Este proceso de evaluación se realiza mediante el concepto de muestras consecutivas. Si el resultado de este proceso indica incumplimientos, se debe informar a los proyectistas estructurales. La evaluación estadística se debe realizar según la norma NCh1998.

### 3.2.9. REPARACIÓN DEL HORMIGÓN DEFECTUOSO

En caso de detectar hormigones con algún tipo de defecto, se debe informar al profesional administrador y pedir procedimiento al ingeniero proyectista.

### 3.3. CONTROL DE CALIDAD DE MOLDAJES: COLOCACIÓN, DESCIMBRE Y DESMOLDE

Para el descimbre y desmolde se debe considerar lo establecido en la norma NCh170 2016 punto 15, y las especificaciones técnicas del proyecto.

Para la colocación de los elementos del moldaje, se debe tomar en consideración las recomendaciones de los proveedores y de los profesionales competentes a cargo del diseño del moldaje.

Para el caso de elementos de hormigón repetitivos se recomienda realizar una modulación previa de la geometría.

#### 3.3.1. CONTROL DE CALIDAD EN LA COLOCACIÓN DE MOLDAJES

##### a) Preparación previa:

En la preparación previa de la colocación de moldajes se deben considerar y controlar los siguientes aspectos:

- Limpieza de moldaje.
- Aplicación de desmoldante.
- Revisión del correcto trazado.
- Existencia de separadores, según lo especificado.
- Definir y diseñar ubicación de huinchas de sacrificio en losas.
- Verificar pasadas e instalaciones.
- Revisión de geometría de placas.

##### b) Transporte interno:

Para el transporte de los moldajes se deben revisar los siguientes aspectos:

- Estado de estobos, grilletes, orejas y tuercas.
- Apriete de grilletes a orejas.
- Apriete de orejas al molde.
- Existencia de sogas auxiliares.
- Evitar pasar sobre personas en el transporte.

##### c) Colocación:

Para la colocación de los moldajes se deben controlar los siguientes aspectos:

- Alineamiento y verticalidad antes y después de hormigonado.
- Nivel de moldaje de losas considerando contraflecha antes y después de hormigonado.
- Afianzamiento de puntales, alzaprimas y largueros.
- Distancia entre vigas secundarias menor a 60 cm.
- Traslapo de alineadores.
- Cantidad y apriete de agarraderas.
- Cantidad y apriete de chavetas y cuñas.
- Estanqueidad y calafateos.

#### 3.3.2. DESCIMBRE Y DESMOLDE DE MOLDAJE

##### a) Consideraciones generales:

Se deben revisar los siguientes aspectos:

- Consultar el registro de fechas de hormigonado de losas.
- Solicitar autorización al profesional para efectuar descimbre.
- Respetar huinchas de sacrificio en losas sin retirar.
- Apuntalamiento y/o reapuntalamiento según instrucciones (distancia máxima entre puntales, 2 metros).
- Hormigones defectuosos (indicar en observaciones).

##### b) Transporte de accesorios de moldajes después del desmolde:

Para el transporte de los moldajes se deberán tener las consideraciones señaladas en 3.3.1 b).

# CAPÍTULO 04

CONTROL DE CALIDAD PARA EL SISTEMA  
CONSTRUCTIVO ALBAÑILERÍA

## 4. CONTROL DE CALIDAD PARA LA ALBAÑILERÍA

### 4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La albañilería corresponde a un sistema constructivo compuesto por distintos materiales, para los cuales deben implementarse diferentes procedimientos de control de calidad, considerando las etapas de recepción en obra, confección, ejecución de componentes y finalmente control del producto terminado.

Los principales componentes de la albañilería son:

- Unidades de albañilería: Ladrillos cerámicos o bloques de hormigón
- Mortero de pega
- Hormigón de relleno
- Acero de refuerzo

En este capítulo se entregan los principales requisitos normativos, así como también especificaciones y recomendaciones de fabricantes, que permiten velar por una correcta ejecución de un proyecto de albañilería.

### 4.2. CONTROL DE MATERIALES EN OBRA

Todos los materiales que ingresen a obra deben cumplir con las especificaciones técnicas del proyecto, la memoria de cálculo y planos, por lo que se debe verificar la concordancia entre la guía de despacho y los requisitos del proyecto.

#### 4.2.1. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: LADRILLOS CERÁMICOS O BLOQUES DE HORMIGÓN

##### 4.2.1.1. RECEPCIÓN

La unidad de albañilería (ladrillo o bloque) debe cumplir con los requisitos normativos especificados en la tabla N° 1.

**TABLA N° 1**  
REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PARA PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

ALBAÑILERÍA ARMADA	REQUISITOS NORMATIVOS PARA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SEGÚN NCH 1928
Ladrillo cerámico	Ladrillos con clasificación Clase MqM ó MqP, Grados 1 ó 2, según NCh169.
Bloque de hormigón	Bloques con clasificación Clase A, según NCh181, y requisitos de absorción máxima de agua y contenido de humedad de construcción según NCh1928.
ALBAÑILERÍA CONFINADA	REQUISITOS NORMATIVOS PARA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SEGÚN NCH2123
Ladrillo cerámico	Ladrillos con clasificación Clase MqM ó MqP, según NCh169. Ladrillos artesanales que cumplan con requisitos del Anexo B de la NCh2123.
Bloque de hormigón	Bloques con clasificación Clase A, según NCh 181, y requisitos de absorción máxima de agua y contenido de humedad de construcción según NCh2123.

Para acreditar las propiedades de las unidades de albañilería establecidas en las normas NCh169 y NCh181, se deben solicitar los respectivos informes de ensayos de laboratorio, emitidos por una institución con inscripción en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

En cuanto al procedimiento de recepción de las unidades de albañilería, se recomienda:

- Verificar que estos hayan sido trasladados de forma adecuada, agrupados en pallets, protegidos y asegurados para evitar su deterioro durante el transporte.
- Al momento de la descarga, la grúa se debe acercar lentamente al camión e introducir las horquillas dentro del pallet de madera evitando golpear los ladrillos, para posteriormente levantar y llevar cuidadosamente el pallet al lugar elegido.
- El pallet se debe bajar en una superficie plana y sin golpearlo en el piso.
- Se sugiere apilar solo dos pallets, como máximo.

FOTO 8  
(FUENTE: CERÁMICAS SANTIAGO)



FOTO 9  
(FUENTE: CERÁMICAS SANTIAGO)



FOTO 10  
(FUENTE: CERÁMICAS SANTIAGO)



FOTO 11  
(FUENTE: CERÁMICAS SANTIAGO)



FOTO 12  
(FUENTE: CERÁMICAS SANTIAGO)



#### 4.2.1.2. ALMACENAMIENTO

Es muy importante considerar la fase de acopio del ladrillo en la obra para evitar problemas posteriores en la instalación, para lo cual se recomienda seguir las siguientes disposiciones:

- Es conveniente que la descarga se realice directamente al pie de obra. También se pueden colocar sobre la superficie de la losa, siempre y cuando estas se encuentren apuntaladas con alzaprimas.
- Los ladrillos no deben estar en contacto con el terreno, ya que pueden absorber humedad, sales solubles, etc. Esto ayuda a evitar la aparición de manchas y eflorescencias en la instalación. De igual forma, se sugiere que los pallets estén cubiertos en caso de heladas.
- Siempre que se pueda, el traslado se debe realizar con medios mecánicos.
- La manipulación de los ladrillos debe ser cuidadosa; lo ideal es no mezclar su descarga con otros materiales, para evitar manchas, saltaduras y fisuras.
- Mantener zonas de circulación adecuadas para facilitar su manipulación y evitar ejecución de faenas ajenas alrededor del acopio, previniendo su deterioro por impactos o contaminación.

#### 4.2.2. MORTERO DE PEGA

##### 4.2.2.1. RECEPCIÓN

Los materiales utilizados para la confección del mortero deben cumplir con las normas indicadas en la Tabla N° 2.

**TABLA N° 2**  
REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PARA MATERIALES QUE COMPONEN EL MORTERO

Arena	Según NCh163.
Cemento	Según NCh148.
Cal	Según NCh1928 para Albañilería Armada Según NCh2256 para Albañilería Confinada
Agua	Según NCh1498.

Los morteros deben cumplir con las propiedades mecánicas indicadas en la Tabla N°3.

**TABLA N° 2**  
REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PARA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO

PROPIEDAD	REQUISITO	ENSAYO
Resistencia a la compresión	10 MPa (mínimo) 5 Mpa (mínimo) sólo para ladrillos artesanales, en el caso de albañilería confinada.	Ensayado según NCh158.
Retención de agua	70% (mínimo)	Ensayado según ASTM C91
Adherencia	0,20 MPa (mínimo) 0,15 Mpa (mínimo) sólo para ladrillos artesanales, en el caso de albañilería confinada.	Ensayado según NCh2471
Consistencia	Rango apto (consistencia Plástica): 180 mm a 220 mm ó Rango apto (Consistencia Plástica): 10 mm a 30 mm	Ensayado según NCh 2257/1 ó Ensayado según NCh 2257/3

Nota: Cuando la dosificación del mortero (cemento:cal:arena) corresponda a 1:0,22:4, y a la vez se especifique un contenido de agua a usar tal que su asentamiento según NCh1019 sea menor o igual a 18 cm., es posible no requerir ensayos de resistencia y retención de agua para la mezcla.

Para acreditar la calidad de los materiales y las propiedades del mortero de proyecto, se deben solicitar los respectivos informes de ensayos de laboratorio, emitidos por una institución con inscripción en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

En el caso de morteros industriales (húmedos, secos, predosificados o premezclados), al momento de su recepción en obra, se debe verificar que corresponda al indicado en el proyecto. También, se debe revisar que no sufra meteorización ni compactación, producto del mal almacenaje previo del material; por otro lado, se debe almacenar de manera ordenada, según el orden de llegada a la obra, de manera que su utilización obedezca a este mismo orden cronológico.

#### 4.2.2.2. ALMACENAMIENTO

Se recomienda resguardar las condiciones del material almacenado en obras, según se indica a continuación:

- **Arena**

- Determinar las superficies mínimas que se requieren para el almacenamiento de los áridos en obra, considerando el origen de estos (rodados o chancados) y su granulometría.
- En lo posible, considerar que el sector en donde se emplace el almacenamiento de los áridos esté alejado de zonas de circulación de vehículos que los puedan contaminar con el polvo que se levanta debido al tráfico.
- De existir circulación de vehículos cerca de la zona de acopio de los áridos, es necesario cubrirlos con alguna malla que impida la acumulación de partículas de polvo en ellos.
- Mantener húmedo el terreno colindante al acopio de áridos para evitar polución que pueda contaminarlos.
- Controlar las variaciones de humedad de los áridos durante la confección de la mezcla.
- Se debe evitar la mezcla de los áridos, tanto en origen como en granulometría.

- **Cemento / mortero**

- Contar con un lugar apropiado que resguarde los sacos de la humedad y contaminación.
- Cronograma de la obra de acuerdo con los consumos promedios esperados de cemento/mortero y los volúmenes de mortero a confeccionar.
- Medios de aprovisionamiento del cemento/mortero.
- Stock mínimo con que se debe contar en la bodega.
- Ubicación de los equipos de mezclado de mortero.
- Considerar la cantidad de cemento necesario para la fabricación de hormigón proyectado cada 15 o 20 días, de manera de evitar un tiempo prolongado de almacenaje del cemento/mortero.

- **Agua**

- Debe proveerse o almacenarse agua potable, o aquella que cumpla con los requisitos establecidos en la NCh1498.
- Protegerla de cualquier tipo de contaminante o turbiedad.

**TABLA N° 4**  
REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PARA PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN DE RELLENO

PROPIEDAD	REQUISITO	ENSAYO
Resistencia a la compresión	17,5 MPa (mínimo)	Ensayado según NCh1037.
Consistencia	Asentamiento (mínimo) 18 cm	Ensayado según NCh1019

#### 4.2.3. HORMIGÓN DE RELLENO

##### 4.2.3.1. RECEPCIÓN

Los materiales utilizados para la confección del hormigón de relleno de tensores deben cumplir con las normas indicadas en la tabla N° 2.

El hormigón de relleno debe cumplir con las propiedades mecánicas indicadas en la Tabla N° 4, tanto para albañilería armada como confinada.

Para acreditar la calidad de los materiales y las propiedades del hormigón de relleno de proyecto, se deben solicitar los respectivos informes de ensayos de laboratorio, emitidos por una institución con inscripción en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

##### 4.2.3.2. ALMACENAMIENTO

Para el resguardo de las condiciones del material almacenado en obra para confeccionar el hormigón de relleno, se deben seguir las recomendaciones especificadas en el literal b del punto 4.2.2.2.

#### 4.2.4. ACERO DE REFUERZO

##### 4.2.4.1 RECEPCIÓN

Las barras de acero utilizadas para albañilerías armadas deben cumplir con las prescripciones descritas en la norma NCh204 y contar con un certificado de conformidad emitido por un organismo certificador de producto, junto a informes de ensayos emitidos por una institución con inscripción en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Las normas de diseño para albañilería armada y confinada establecen calidades específicas de barras de acero, las que se indican en las tablas N° 5 y N° 6, respectivamente.

**TABLA N° 5**  
REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PARA CALIDADES DE ACERO PARA REFUERZO DE ALBAÑILERÍA ARMADA

A44-28H	Sin restricción
A63-42H	Uso restringido en construcciones on inspección especializada y $f_{sea}$ superior a 13 Mpa.
AT56-50	Uso restringido como refuerzo electrosoldado, en: a) armadura horizontal de muros, b) estribos, c) armadura de retracción y temperatura, d) armadura de repartición y e) elementos sin demanda sísmica.

**TABLA N° 6**  
REQUERIMIENTOS NORMATIVOS PARA CALIDADES DE ACERO PARA REFUERZO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

A44-28H	Sin restricción
A63-42H	Sin restricción
AT56-50	Uso restringido como acero de refuerzo en: a) Armadura longitudinal de pilares de edificaciones hasta 4 pisos, cuando la tensión de tracción sea menor al $0,25 f_y$ . b) Armadura longitudinal de cadenas de edificaciones hasta 4 pisos, cuando la tensión de tracción sea menor al $0,40 f_y$ .

#### 4.2.4.2. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de las barras se realizará teniendo las precauciones señaladas en el numeral 3.1.2.

### 4.3. CONTROL DE EJECUCIÓN

#### 4.3.1. CONTROLES PREVIOS

##### 4.3.1.1. PREPARACIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

Para la correcta ejecución de la albañilería, se deben contemplar los siguientes aspectos:

- Accesos y seguridad
- Limpieza de la cancha
- Herramientas, bateas, llaguero, cantero, plomos, lienzas, tizador, etc.
- Andamios
- Agua
- Betonera y/o mezcladora
- Juntas
- Dosificación del pegamento

Se debe controlar la correcta colocación de miras en los extremos del tabique a levantar, demarcándose en ellas el escantillón correspondiente, es decir, la altura de hilada más tendel. La altura de la junta horizontal (tendel) debe corresponder a las indicadas en las especificaciones técnicas y planos del proyecto.

Adicionalmente, se debe chequear la existencia a pie de la obra de todos los materiales necesarios para la confección de la albañilería.

#### 4.3.1.2. RECEPCIÓN DE OBRAS PREVIAS

##### a) Elementos de hormigón

Se debe verificar la horizontalidad del elemento estructural (losa, radier, cimiento, sobrecimiento, viga) sobre el cual se instalará la albañilería. En aquellas zonas donde exista riesgo de ascenso de agua por capilaridad, se debe considerar una mitigación de estos efectos, preferentemente a través de la incorporación de un aditivo hidrófugo en el hormigón de dicho elemento.

Se deben rectificar los ejes marcados y se deben controlar las dimensiones de ancho, largo y alto, de acuerdo con los planos.

Se debe lavar la superficie con agua a presión, la cual debe estar rugosa, con hormigón sano, sin poros ni material suelto.

##### b) Acero de refuerzo de albañilería

Se debe corroborar la correcta disposición e instalación de los tensores de los muros a edificar, corroborando especialmente las restricciones mínimas de armadura para encuentros de muros, bordes libre y vanos dispuestos en las NCh1928 y NCh 2123, para albañilería armada y albañilería confinada, respectivamente. La tabla N° 7 entrega algunos de los principales requisitos normativos en esta materia.

**TABLA N° 7**  
REQUISITOS NORMATIVOS PARA REFUERZOS DE ALBAÑILERÍA ARMADA

DIÁMETROS MÍNIMOS	Refuerzo Vertical	Repartidos en interior	Ø 8 mm	
		Encuentros y bordes de muro	Ø 12 mm	A44-28H / A63-42H
			Ø 10 mm	A63-42H (1 y 2 pisos)
	Alrededor de vanos	Ø 10 mm		
	Refuerzo Horizontal	Bajo vanos	1 escalerilla de 4,2 mm	
Espaciamiento máximo		Refuerzo Vertical y Horizontal	6 espesor del muro o 120 cm.	

**c) Instalaciones**

Se debe comprobar la existencia de canalizaciones para el trazado de las distintas instalaciones de la vivienda, las cuales deberán materializarse sin dañar la albañilería (ver 4.3.2.4., literal f).

**4.3.2. CONFECCIÓN DE LA ALBAÑILERÍA<sup>1</sup>****4.3.2.1. RESTRICCIONES POR FACTORES CLIMÁTICOS**

La albañilería no debe construirse a temperatura inferior a 3 °C. No se debe colocar mortero de junta y hormigón de relleno en superficies que hayan sufrido el efecto de heladas, debiendo eliminarse las partes dañadas antes de continuar con la faena.

La temperatura ambiente en torno a la albañilería no debe bajar de 5 °C durante las 72 horas siguientes a la colocación del mortero. En caso contrario, se deben tomar precauciones especiales.

De igual manera, cuando la colocación del mortero y del hormigón de relleno se efectúe en tiempo caluroso, es decir sobre 35 °C, se deben adoptar medidas para impedir la evaporación del agua de amasado.

**4.3.2.2. PREPARACIÓN Y MEZCLADO DEL MORTERO**

Se debe corroborar la fecha de caducidad de los sacos de mortero y cemento.

Los componentes sólidos se deben mezclar con anterioridad a la adición de agua, hasta alcanzar una homogeneidad del color de la mezcla.

Cuando se use mezclado mecánico, el tiempo mínimo de mezclado después de agregados todos los ingredientes deben ser de cinco minutos o el que necesite para completar 120 revoluciones.

El mezclado manual solo se permite en obras menores y aisladas, en amasada de menos de 0,25 m<sup>3</sup> con autorización de la ITO.

No se debe usar un mortero que ha empezado a fraguar o que tiene más de dos horas de edad desde el mezclado inicial, periodo en el cual puede ser remezclado con agua para recuperar su trabajabilidad.

**4.3.2.3. PREPARACIÓN DE UNIDADES**

Las unidades de ladrillo cerámico se deben mojar una hora antes de ser usado y en el momento de su colocación no deben tener agua superficial, quedando el ladrillo interiormente saturado y la superficie seca.

Por el contrario, en el caso de unidades de bloque de hormigón, no se deben mojar previo a su uso.

Se debe verificar la integridad de los ladrillos, para los cuales se acepta un porcentaje de fisuras superficiales igual a 2 %, como máximo, en cada paño.

**4.3.2.4. CONSTRUCCIÓN****a) Confección de la albañilería**

Para la colocación de la primera hilada, se debe confeccionar el primer tendel, es decir, la primera capa de mortero, ubicada tradicionalmente entre el sobrecimiento y la primera hilada de ladrillos o bloques, para asegurar la adherencia de la estructura y una nivelación adecuada de la albañilería.

Es altamente recomendado que el mortero de pega de la primera hilada incorpore un aditivo impermeabilizante, con el objetivo de impedir el paso de la humedad que pudiese ascender por capilaridad desde el sobrecimiento.

La colocación de los ladrillos a partir de la segunda hilada se realiza teniendo como referencia la altura del ladrillo más el mortero especificado en el escantillón. Además, se debe tener especial cuidado en la colocación de éstos, debiendo asentarlos mediante presión y movimientos longitudinales al muro, de modo de acomodarlos a la altura, nivel y ubicación para dar la traba especificada por proyecto.

Todo ladrillo o bloque debe ser instalado cuando el mortero de junta esté fresco y plástico, para asegurar una buena adherencia. Una vez colocado, el ladrillo debe ser presionado hacia abajo y adelante sobre el mortero, para conseguir una junta compactada.

No debe moverse ningún ladrillo después de fraguado el mortero, ya que esto rompe la adherencia. Si se detectan ladrillos o el mortero suelto, deben ser removidos. Si es preciso retirar uno o más ladrillos, se deben dejar aparte, sin volver a utilizarlos, y ser reemplazados por nuevos, debido a que, al tener el mortero en contacto, el ladrillo pierde la adherencia debido a que los poros están llenos de cemento.

La velocidad de avance en altura para la construcción de elementos de albañilería no debe ser superior a 120 cm por día.

**b) Canterías**

La cantería debe ser trabajada con herramientas adecuadas (“avión” para tendeles y “llagueros” para llagas), presionando el mortero hacia el interior, cuando este aun permita la deformación ante la presión de un dedo. La profundidad de la cantería se debe limitar a 5 mm como máximo, respecto del ladrillo o bloque inmediatamente inferior.

Se recomienda que la llaga y el tendel tengan un espesor no menor a 1 cm y no mayor a 2 cm, ya que espesores mayores a 2 cm significan mayores costos de mortero de pega y difícil control de compactación del mortero en esta zona. Por otra parte, espesores menores a 1 cm dificultan el trabajo de colocación, manipulación y terminación, especialmente de las llagas.

Se debe verificar que los espesores de junta correspondan a los especificados por proyecto. En caso de que estos sean superiores a 1,5 cm en albañilerías con ladrillos cerámicos hecho a máquina y 2,0 cm para ladrillo artesanal, se debe solicitar al calculista respaldo de la resistencia de la albañilería.

<sup>1</sup> Manual de Albañil de Ladrillo Cerámico [http://www.ceramicasantiago.cl/user/manuales/Manual\\_del\\_Albanil.pdf](http://www.ceramicasantiago.cl/user/manuales/Manual_del_Albanil.pdf)

**c) Relleno de tensores**

Se debe corroborar que todos los huecos que lleven armaduras sean rellenos con hormigón, así como todos los huecos que así lo especifique el proyecto.

Para lograr un adecuado llenado de huecos, se debe tener presente que:

- Los huecos a llenar deben estar libres de materiales extraños y de mortero de junta.
- En el caso de la albañilería armada, las alturas máximas de llenado deben cumplir con lo indicado en la tabla N° 8. Para alturas de llenado mayores a 120 cm, se deben usar ventanas de inspección y limpieza en la base de los elementos a llenar.

**TABLA N° 8**  
ALTURAS DE LLENADO DE HUECOS EN ALBAÑILERÍA ARMADA

MENOR DIMENSIÓN DEL HUECO DE LAS UNIDADES EN cm	ALTURA MÁXIMA DEL MURO A LLENAR EN CM
5	30
8	120
mayor o igual que 12	240

Nota 1: Para valores intermedios se debe interpolar linealmente entre los valores indicados.

Nota 2: Para unidades con dimensión mínima mayor o igual a 12 cm, la altura de llenado se podrá incrementar hasta 480 cm bajo la supervisión de la fiscalización técnica de obra.

- La interrupción de la colocación del hormigón de relleno se debe hacer a media altura del bloque o ladrillo; en el caso que la altura de estos sea superior a 10 cm, la interrupción debe hacerse a una distancia de 5 cm de la superficie superior de la unidad.
- El hormigón de relleno se debe compactar en forma tal que garantice el perfecto llenado del hueco en toda su altura. Se debe evitar el vibrado de las armaduras para no destruir la adherencia con el hormigón de relleno.
- No se deben doblar las armaduras después de iniciado el vaciado del hormigón de relleno.
- En caso de llenarse la altura de un piso se debe dejar dos días, como mínimo, entre la finalización de la faena de albañilería y la operación de llenado, a no ser que el mortero haya alcanzado el 80 % de la resistencia al momento de vaciar el hormigón de relleno.

Sólo para el caso de la albañilería armada y para edificaciones de hasta dos pisos, se permite que el relleno de los huecos sea realizado con el mortero de junta. En este caso, la altura de llenado de los huecos debe ser menor o igual a 250 mm, y la colocación y compactación del mortero debe realizarse en forma simultánea.

**e) Colocación de refuerzos**

La armadura horizontal debe extenderse en todo lo largo de los paños de albañilería, embebida en el mortero de junta en toda su longitud.

El recubrimiento mínimo de mortero para la armadura de junta y escalerillas debe ser de 16 mm en muros expuestos a la intemperie, y 12 mm en muros que no lo estén.

En el caso de utilizar barras como refuerzo horizontal, estas deben envolver la armadura vertical de borde, mediante un gancho estándar a 180°, o bien embeber en los huecos verticales de la armadura de borde a través de un gancho de 90°.

Se recomienda que la armadura de refuerzo vertical se extienda en todo lo alto del paño de albañilería, debiendo anclarse tanto en la losa, viga o cadena superior e inferior. Se prohíben empalmes de barras en el interior de albañilerías confeccionadas con ladrillos cuya menor dimensión de huecos sea igual o inferior a seis veces el diámetro de la barra de refuerzo, debiendo obligatoriamente anclarse estas a los elementos de confinamiento horizontales.

No se permite el empalme de armaduras cuando se utilice mortero de pega como relleno de huecos de los ladrillos o bloques.

Cualquiera sea el caso, el refuerzo debe cumplir con la longitud de anclaje establecida para el hormigón armado.

Especial atención se debe prestar a los refuerzos de aberturas, los cuales deberán cumplir con las limitaciones de diseño establecidas en la NCh1928 y NCh2123, para albañilería armada y albañilería confinada, respectivamente.

**f) Verticalidad de muros**

Los elementos de albañilerías no deben tener una desviación vertical que 2 por 1000. En el caso de albañilería armada, para alturas superiores a 3 m e inferiores a 6 m, la desviación máxima corresponderá a 1,5 por 1000, y para alturas superiores 1 por 1000.

**g) Elementos de confinamiento**

La construcción de vigas, cadenas y pilares de hormigón debe realizarse de acuerdo a las recomendaciones dispuestas en el capítulo 1.

Adicionalmente, se deben cumplir con las disposiciones normativas de las NCh1928 y NCh2123, para albañilería armada y albañilería confinada, respectivamente, en especial en lo referido secciones transversales, refuerzos y espaciamientos mínimos para elementos de confinamiento.

En particular, para edificaciones de albañilería confinada, se debe cumplir con lo siguiente:

- Para lograr una buena trabazón entre los paños de albañilería y los elementos de confinamiento, se deben construir primero los paños de albañilería, para luego proceder al hormigonado de los pilares, cadenas y vigas.

- La trabazón debe materializarse mediante un endentado de los bordes verticales del paño de albañilería, o con conectores hechos con barras redondas para hormigón armado, ubicados en las juntas horizontales de mortero. En dicho caso:
  - Los conectores deben ubicarse cada 3 hiladas o 40 cm (lo que resulte más conservador).
  - Los conectores deben anclarse en ambos extremos, cumpliendo con las longitudes de anclajes requeridas para hormigón armado.
- En todo muro estructural, se deben disponer pilares en:
  - Todos los bordes libres.
  - Todas las intersecciones de muros.
  - Donde se requiera respetar las dimensiones máximas de muros.
- En todo muro estructural, se deben disponer cadenas en:
  - A nivel de techumbre y piso.
  - Donde se requiera respetar las dimensiones máximas de muros.
  - Todo borde superior de antetechos que sobrepase el nivel de cielo del último piso.

#### h) Instalaciones

Las tuberías y ductos no se deben colocar a lo largo de los huecos que lleven armadura.

Toda instalación debe colocarse de tal forma que la colocación y eventuales reparaciones puedan materializarse sin dañar la albañilería.

Solo en el caso de la albañilería armada se permite picar y ubicar tuberías y ductos, siempre y cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- Los muros estén contruidos con unidades macizas o unidades con huecos verticales con relleno total de hormigón.
- El recorrido de la instalación es vertical y sólo se extienda en un 50 % (o menos) de la altura del muro.
- La profundidad de la perforación es menor o igual a 1/5 del espesor del muro.

#### i) Protección y curado

Una vez finalizada la construcción, se debe proceder inmediatamente al curado del paño de albañilería.

Cuando el curado se realice con agua, se debe evitar el humedecimiento de los bloques de hormigón.

El curado con riego debe considerar mojar la albañilería al menos dos veces al día, por un periodo de siete días, como mínimo, o hasta que el mortero alcance el 70 % de su resistencia.

La duración e intensidad del curado dependerá de las condiciones ambientales, tales como temperatura, humedad, viento, entre otros.

Se debe prestar atención a la aparición de fisuras en la zona de unión del ladrillo con el mortero, lo cual es un indicio de la falta de humedad del proceso de curado.

Mientras no concluya el periodo de curado del mortero y del hormigón de relleno, es necesario evitar cualquier causa externa que pueda agrietarlos o separar las armaduras del hormigón de relleno que las rodea, como, por ejemplo, la mala práctica de doblar las armaduras verticales para introducir nuevas unidades.

#### 4.3.3. CONTROL DE CALIDAD DE OBRA

Los ensayos de control de calidad y la frecuencia de muestreo para una obra de albañilería son los indicados en la tabla N° 9.

**TABLA N° 9**  
ENSAYOS Y FRECUENCIA DE MUESTREO PARA ALBAÑILERÍA

PARTIDA	PROPIEDAD	ENSAYO	FRECUENCIA
MORTERO	Resistencia a la compresión	Tres viguetas Rilem por muestra, ensayadas según NCh158; dos de las probetas deben tener al menos edad de 28 días	<b>Albañilería Armada:</b> Tres muestras cada 2.000 m2 de muros o fracción inferior. <b>Albañilería Confinada:</b> Tres muestras cada 500 m2 de muros o fracción inferior, pero no menos de una muestra por piso
	Retentividad o retención de agua	Una muestra confeccionada en obra, al momento de su colocación, ensayada según ASTM C91.	Una muestra cada 20 m3 de mortero elaborado o fracción inferior.
	Adherencia	Tres probetas confeccionadas al inicio de la obra, ensayadas según NCh2471, con una edad de 28 días.	Se debe controlar durante la ejecución ante cualquier cambio de dosificación.
	Consistencia	Una muestra confeccionada en obra, al momento de su colocación, ensayada según NCh2257/1 y NCh2257/3.	Una muestra cada 20 m3 de mortero elaborado o fracción inferior.
HORMIGÓN DE RELLENO	Resistencia a la compresión	Tres probetas cúbicas por muestra, ensayadas según NCh1037; dos de las probetas deben tener al menos edad de 28 días.	Tres muestras cada 500 m3 de hormigón o fracción inferior.
	Consistencia	Una muestra confeccionada en obra, al momento de su colocación, ensayada según NCh1019.	A definir entre las partes o bien adoptar la frecuencia para elementos de hormigón armado establecida en MITO.

**TABLA N° 9**  
ENSAYOS Y FRECUENCIA DE MUESTREO PARA ALBAÑILERÍA

PARTIDA	PROPIEDAD	ENSAYO	FRECUENCIA
ALBAÑILERÍA	Resistencia prismática (A. Armada y A. Confinada)	<b>Albañilería Armada:</b> Una probeta o prisma por muestra, ensayada según NCh1928, a la edad de 28 días.	Tres muestras cada 5.000 m2 de muros o fracción inferior.
	y Resistencia básica de corte (A. Confinada)	<b>Albañilería Confinada:</b> Un prisma y un murete por muestra, ensayados según NCh1928 y NCh2123, respectivamente, con una edad mínima de 28 días.	

Nota: Las normas NCh1928 y NCh2123 establecen excepción de ensayos en viviendas individuales que cumplan con las siguientes condiciones: superficie menor a 100 m2, número de pisos no superior a dos, construcción bajo supervisión del proyectista y no formar parte de un conjunto de viviendas.

Los requisitos para cada una de las propiedades del mortero y hormigón de relleno se encuentran indicados en las tablas N° 3 y N° 4 respectivamente.

La resistencia prismática y la resistencia básica de corte no pueden ser inferiores a las especificadas en el proyecto de cálculo del proyecto.

# CAPÍTULO 05

## CONTROL DE CALIDAD PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO MADERA

## 5. CONTROL DE CALIDAD PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO MADERA

### 5.1. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EN CONTROL DE CALIDAD DE LA RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MADERA ASERRADA

#### a) Revisión de uso o destino de la madera.

La madera tiene diversos usos, por lo tanto, se deben verificar su utilización o destino, revisando su especificación y realizando un almacenamiento diferenciado según su uso:

- Especificación, según cálculo, de madera para uso estructural o tabiquería. Usos para pie derecho, solera superior o inferior, entre otros.
- Especificación según arquitectura de madera para terminaciones. Usos para revestimiento exterior o interior.

#### b) Verificación de escuadrías de las maderas.

De acuerdo a la legislación vigente, en nuestro país se utiliza el sistema métrico decimal, debido a que, por uso y costumbre, la madera se comercializa en Chile utilizando como unidad la pulgada. Para cumplir con el sistema de unidades adoptado en Chile se incorpora en la NCh2824 y NCh174 el concepto de denominación comercial (DC), que corresponde a una designación adimensional de las dimensiones nominales de las piezas de madera.

Según el tipo de terminación de la madera especificada, se deben verificar las escuadrías madereras (espesor y ancho), con las tolerancias permitidas conforme a estas normas.

#### c) Comprobación del contenido de humedad, (CH), de la madera.

Se debe verificar que el contenido de humedad de la madera sea menor al 20 %, según la norma NCh1198.

El método del xilohigrómetro descrito en la norma NCh2827, es el método más usado en la industria y la construcción. Se basa en las propiedades eléctricas de la madera, donde la resistencia eléctrica de la madera aumenta a medida que disminuye el contenido de humedad.

**FOTO 13**  
XILOHIGRÓMETRO (FUENTE: MINVU)



RANGO	ERROR	PROCEDIMIENTO
6-27 %	±0.5 % y ±2 %	1. Medir el CH en áreas exentas de defectos visibles, humedad superficial y suciedad. 2. Orientar los electrodos en la madera de manera que la línea que une las puntas esté en la dirección de las fibras. 3. Realizar la medición a 50 cm de cada extremo y en el centro de la cara. 4. Insertar los electrodos en forma perpendicular a la superficie y a una profundidad entre 1/4 y 1/5 del espesor de la pieza, en el caso de piezas de sección rectangular y entre 1/6 y 1/7 en piezas circulares. Esta profundidad corresponde a la humedad promedio.
Registro de la madera		
Debe considerar:		
1. Contenido de humedad 2. Dimensiones 3. Especie 4. Densidad relativa 5. Tasa de crecimiento (N anillos/25 mm)		
Registro del xilohigrómetro		
Debe considerar:		
1. Fabricante 2. Modelo 3. Temperatura de referencia 4. Tipo de electrodos y configuración de los mismos.		

Fuente: Infor. Minvu

La medición de la humedad en la madera a través de xilohigrómetro presenta ventajas y desventajas.

**Ventajas**

- No requiere cortar probeta
- Apto para determinaciones de terreno

**Desventajas**

No adecuado para madera tratada con preservantes de retenciones altas. Carácter informativo.

- Previo a su utilización, se debe efectuar corrección de acuerdo a la densidad de la madera, lo que requiere un conocimiento previo por parte del fiscalizador. En el caso de Pino radiata se recomienda usar una densidad de 420 Kg/m<sup>3</sup>.

**d) Revisión de grado estructural de la madera**

Las maderas con destino estructural deben cumplir con alguna categoría de clasificación visual o mecánica, la cual se puede comprobar en timbre de la pieza o documentos adjuntos del proyecto, tales como las especificaciones técnicas de construcción o memoria de cálculo.

- Para clasificación visual, los grados estructurales establecidos según las normas NCh1207 y NCh1198 son: GS, G1, G2.
- Para clasificación mecánica, los grados estructurales según la norma NCh1198 son: C16, C24, MGP10, MGP12.
- Para otras especies, los grados se determinan según lo establecido en las normas NCh1970/1 y NCh1970/2 (u otras establecidas en la norma NCh1198).

**TABLA 4**  
TENSIONES ADMISIBLES PARA GRADOS VISUALES DE PINO RADIATA A 12 % DE HUMEDAD

GRADO ESTRUCTURAL	TENSIONES ADMISIBLES					MÓDULO DE ELASTICIDAD EN FLEXIÓN E f <sup>2</sup>	ÍNDICE DE APLASTAMIENTO EN COMPRESIÓN NORMAL Ecn, h (MPa/mm)
	FLEXIÓN <sup>1</sup> Ff	COMPRESIÓN PARALELA F cp	TRACCIÓN PARALELA <sup>1</sup> F tp	COMPRESIÓN NORMAL F cn	CIZALLE F cz		
GS	11,0	8,5	6,0	2,5	1,1	10.500	5,65
G1	7,5	7,5	5,0	2,5	1,1	10.000	
G1 y mejor	9,5	7,8	5,5	2,5	1,1	10.100	
G2	5,4	6,5	4,0	2,5	1,1	8.900	

1. Valores aplicables sobre piezas de altura de sección transversal de 90 mm.
2. Valores aplicables sobre piezas de altura de sección transversal ≥ 180 mm. El módulo de elasticidad característico inherente al percentil del 5 %, Efk, se puede estimar como 0,60 Ef.

Fuente: NCh1198

**TABLA 5**  
TENSIONES ADMISIBLES PARA GRADOS MECÁNICOS DE PINO RADIATA A 12 % DE HUMEDAD

GRADO ESTRUCTURAL	TENSIONES ADMISIBLES					MÓDULO DE ELASTICIDAD EN FLEXIÓN $E f^2$	ÍNDICE DE APLASTAMIENTO EN COMPRESIÓN NORMAL $E_{cn}, h$ (MPa/mm)
	FLEXIÓN <sup>1</sup> $F_f$	COMPRESIÓN PARALELA $F_{cp}$	TRACCIÓN PARALELA <sup>1</sup> $F_{tp}$	COMPRESIÓN NORMAL $F_{cn}$	CIZALLE $F_{cz}$		
C24	9,3	8,0	4,7	2,5	1,1	10.200	5,65
C16	5,2	7,5	3,5	2,5	1,1	7.900	

1. Valores aplicables sobre piezas de altura de sección transversal de 90 mm.  
2. Valores aplicables sobre piezas de altura de sección transversal  $\geq 180$  mm. El módulo de elasticidad característico inherente al percentil del 5 %,  $E_{fk}$ , se puede estimar como 0,60  $E_f$ .

Fuente: NCh1198

**CUADRO 3**  
USO Y RIESGO DE LA MADERA

NIVEL DE RIESGO DE DETERIORO	CONDICIONES DE USO	AGENTE BIOLÓGICO DE DETERIORO
Riesgo 1 (R1)	Uso en interiores, sobre el nivel del suelo y ambientes secos.	Insectos, incluida termita subterránea.
Riesgo 2 (R2)	Uso en interiores, sobre el nivel del suelo, con posibilidad de adquirir humedad, ambientes mal ventilados.	Hongos de pudrición e insectos, incluida termita subterránea.
Riesgo 3 (R3)	Uso en exteriores o interiores, exposición a las condiciones climáticas.	Hongos de pudrición e insectos, incluida termita subterránea.
Riesgo 4 (R4)	Uso en exteriores o interiores, en contacto con el suelo, con posibilidades de contacto esporádico con agua dulce.	Hongos de pudrición e insectos, incluida termita subterránea.
Riesgo 5 (R5)	Uso en exteriores o interiores, en contacto con el suelo, componentes estructurales críticos, contacto con agua dulce.	Hongos de pudrición e insectos, incluida termita subterránea.
Riesgo 6 (R6)	Uso en contacto con agua marina.	Horadores marinos, hongos de pudrición e insectos, incluida termita subterránea.

Fuente: NCh819

### e) Comprobación de tipo de preservación o impregnación

Las maderas utilizadas en construcción, según su especie y durabilidad natural (establecidas en la norma NCh789) pueden requerir un tratamiento de preservación.

Para esto, se deberá solicitar un informe oficial de ensayo de preservación. De acuerdo con el uso y riesgo esperado para la madera una vez puesta en servicio, esta debe cumplir las exigencias de retención y penetración que señala la norma NCh819.

### f) Retención mínima de ingrediente activo [kg/m<sup>3</sup>] según nivel de riesgo de la madera

La madera aserrada debe cumplir los siguientes requisitos mínimos de retención en albura, que se indican en la tabla siguiente:

**TABLA 6**  
REQUISITOS MÍNIMOS DE PENETRACIÓN EN ALBURA

RIESGO	ACQ Kg/m <sup>3</sup>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (SBX) Kg/m <sup>3</sup>	BS Kg/m <sup>3</sup>	CCA Kg/m <sup>3</sup>	LFF Kg/m <sup>3</sup>	LOSP (PERMETRINA + AZOLES) KG/M <sup>3</sup>	CA-B Kg/m <sup>3</sup>	MCAZ Kg/m <sup>3</sup>
1	4,0	4,4	11,2	4,0	34,0	0,086	1,7	1,0
2	4,0	4,4	11,2	4,0	34,0	0,086 / 0,2	1,7	1,0
3	4,0	No se debe usar	No se debe usar	4,0	42,0	0,086 / 0,26	1,7	1,0
4	6,4	No se debe usar	No se debe usar	6,4	51,0	No se debe usar	3,3	2,4
5	9,6	No se debe usar	No se debe usar	9,6	55,0	No se debe usar	5,5	3,7
6 <sup>a)</sup> . Zona de ensayo exterior	No se debe usar	No se debe usar	No se debe usar	24 o 40	No se debe usar	No se debe usar	No se debe usar	No se debe usar
6 <sup>b)</sup> . Zona de ensayo interior	No se debe usar	No se debe usar	No se debe usar	14 o 24	No se debe usar	No se debe usar	No se debe usar	No se debe usar

a) La retención mayor se debe usar cuando existe riesgo de ataque de Teredo y Limnoria Tripunctata.  
b) Densidad básica utilizada para madera de pino radiata: 429 Kg/m<sup>3</sup>.

Fuente: NCh819

**TABLA 7**  
REQUISITOS MÍNIMOS DE PENETRACIÓN EN ALBURA O PROFUNDIDAD MÍNIMA (MM) EN LAS CARAS

PRODUCTO	CLASIFICACIÓN DE RIESGO	REQUISITOS MÍNIMOS DE PENETRACIÓN EN ALBURA O PROFUNDIDAD MÍNIMA (MM) EN LAS CARAS	
		ALBURA	PROFUNDIDAD MÍNIMA (EN CASO DE DURAMEN EXPUESTO A LA SUPERFICIE)
MADERA ASERRADA DE ESPESOR < 50MM	R1, R2, R3 Y R4	100%	3 mm
MADERA ASERRADA DE ESPESOR ≥ 50MM	R1, R2, R3 Y R4	100%	3 mm
MADERA ASERRADA NO ESTRUCTURAL	R6	100%	3 mm
MADERA REDONDA SOBRE EL NIVEL DEL SUELO	R1, R2 Y R3	100%	13 mm
POSTES Y OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES	R5	90%	89 mm
CONTRACHAPADOS <sup>1</sup>	R1, R2, R3, R4, R5 y R6	Cada una de las chapas debe estar penetrada 100 %	---
MADERA LAMINADA ENCOLADA <sup>2</sup>	R1, R2, R3, R4, R5 y R6	100%	75 mm
PILOTES MARINOS	R6	100%	64 mm

NOTA 1: Ver AWPA C.  
NOTA 2: Ver AWPA C28.

Fuente: NCh819

Los ensayos de retención y penetración de preservante en madera se realizan según las especificaciones de las normas NCh763/1 y NCh755, respectivamente.

Si en terreno existen dudas de la calidad de la preservación de la madera, se puede verificar la penetración utilizando reactivos. Estos se aplican con un rociador en un corte transversal de la pieza de madera, lo que permite evidenciar la presencia de solución preservante. Dependiendo del tipo de producto utilizado para impregnar, se debe seleccionar el reactivo adecuado para la verificación en terreno.

**CUADRO 4**  
PRESERVANTES Y SUS REACTIVOS

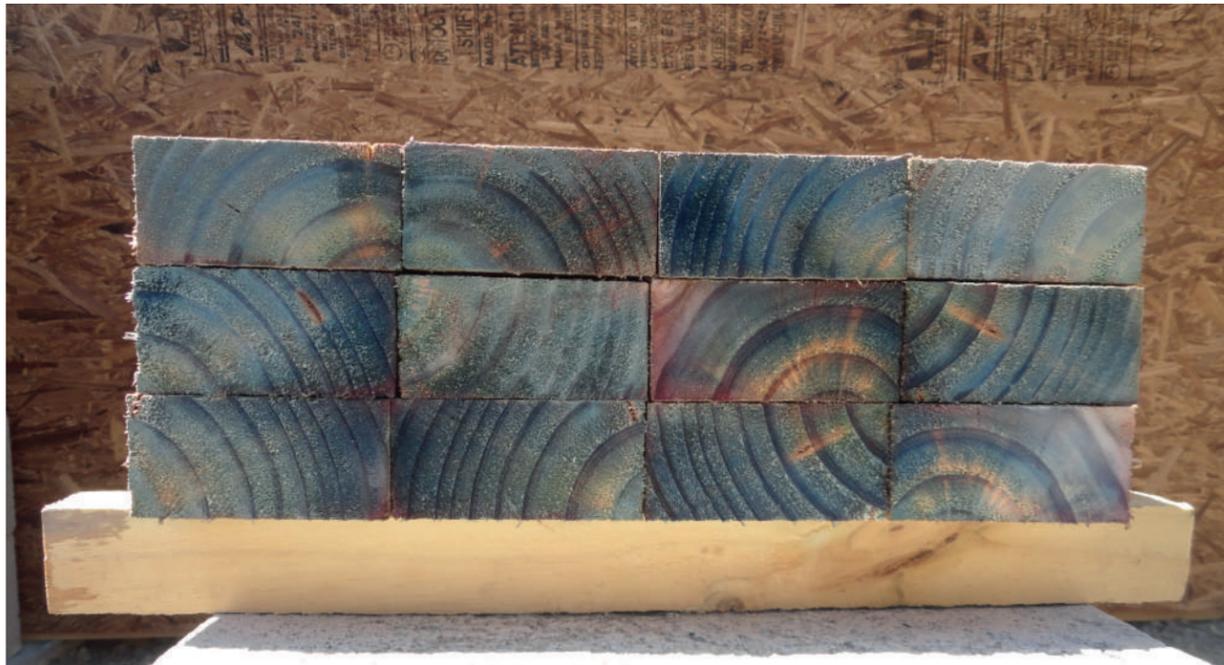
TIPO DE PRESERVANTE	INGREDIENTE ACTIVO	NOMBRE DEL REACTIVO PARA VERIFICAR PRESENCIA DEL INGREDIENTE ACTIVO/ COLOR EN MADERA
CA-B	Cobre + Tebuconazol	Cromo azulol / tonalidad azul
μCA-C	Cobre micronizado + Tebuconazol + Propiconazol	Cromo azulol / tonalidad azul
CCA	Óxidos de cobre, cromo y arsénico	Cromo azulol / tonalidad azul
MCAz	Cobre micronizado + Tebuconazol	Cromo azulol / tonalidad azul
SBX	Óxido de boro	Cúrcuma / tonalidad roja

Fuente: Elaboración INFOR – MINVU

**FOTO 14**  
MADERA PRESERVADA CON CCA ADQUIERE UN COLOR VERDOSO



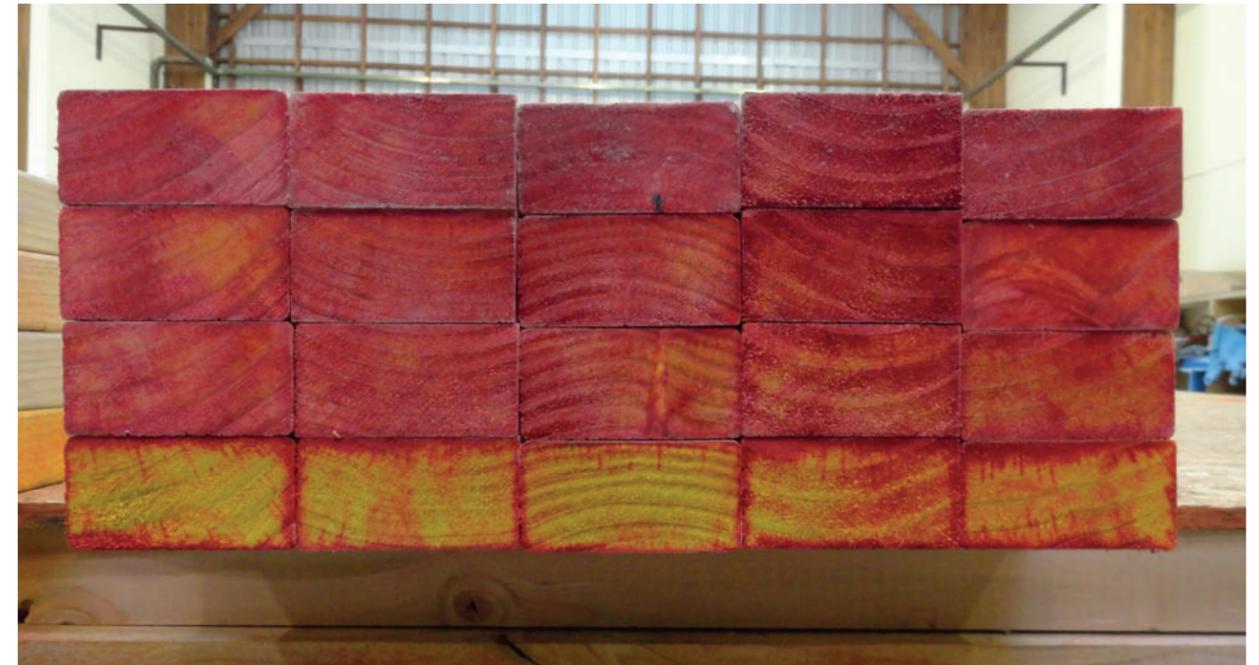
**FOTO 15**  
CONTROL DE PENETRACIÓN DE LA MADERA PRESERVADA CON CCA ROCIADA CON EL REACTIVO DE COLORACIÓN "CROMO AZUROL". EL COLOR AZUL INDICA LA PENETRACIÓN DEL PRESERVANTE CCA EN LA MADERA IMPREGNADA, ESTE REACCIONA CON EL COBRE



**FOTO 16**  
MADERA PRESERVADA CON UN PRODUCTO FORMULADO CON BASE EN BORO (NOMBRE COMERCIAL, SILLBOR). LA MADERA PRESERVADA NO REGISTRA CAMBIO DE COLOR



**FOTO 17**  
MADERA PRESERVADA Y ROCIADA CON EL REACTIVO DE COLORACIÓN "CÚRCUMA". LA PRESENCIA DEL BORO SE OBSERVA CON LA TONALIDAD ROJA

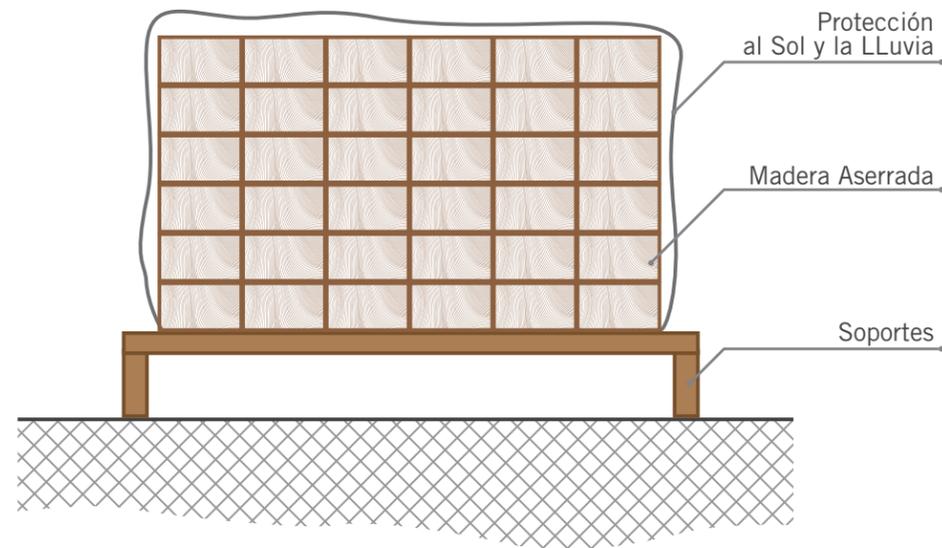


#### g) Revisión de las condiciones de almacenamiento

Para asegurar su correcto desempeño en obra, la madera debe cumplir con ciertas condiciones mínimas de almacenaje:

- Ubicarse en un lugar seco y bien ventilado
- Protegido del sol y de la lluvia (techo u otro)
- Separada del suelo, apoyada sobre soportes (altura libre de al menos 8 cm) y nivelada.
- Ordenadas por escuadría, evitando piezas derrumbadas.

**FIGURA 1**  
ACOPIO CORRECTO DE LOS PAQUETES DE MADERA ESTRUCTURAL (FUENTE: INFOR-MINVU)



**FOTO 18**  
ACOPIO INCORRECTO DE MUROS (FUENTE: INFOR)



## 5.2. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL ALMACENAMIENTO DE TABLEROS ESTRUCTURALES

Los productos se deben almacenar en áreas limpias y secas, separadas del piso en una altura libre de al menos 8 cm sobre una superficie lisa y con a lo menos con tres puntos de apoyo, distanciados a no más de 1,20 m.

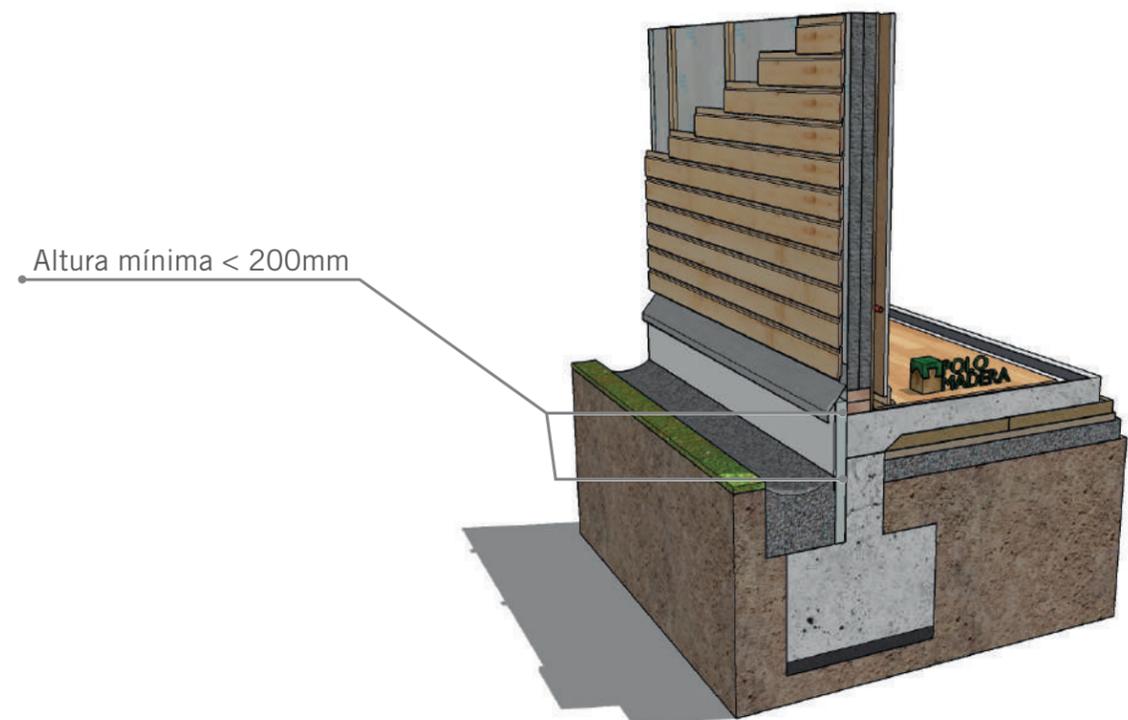
Se recomienda almacenar bajo techo; si se almacena al aire libre, se debe cubrir con mangas plásticas de polietileno.

## 5.3. CONSIDERACIONES PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE USOS Y APLICACIONES EN OBRA

### 5.3.1. CONTROL DE CALIDAD DE LAS FUNDACIONES DEL PISO VENTILADO

Se debe verificar la altura mínima del sobrecimiento según los antecedentes del proyecto. El diseño del sobrecimiento de fundación debe considerar una altura mínima libre de 20 cm sobre el terreno natural, de forma tal de aislar la estructura del terreno y evitar su contacto con el agua, para protegerla de la acción directa del sol o lluvia y de las variaciones de temperatura y humedad. En el caso de no contar con la altura mínima de sobrecimiento requerida, se debe adoptar una solución constructiva a fin de evitar el contacto de la humedad con la estructura de madera.

**FIGURA 2**  
ESQUEMA FUNDACIÓN CON RADIER MONOLÍTICO - ALTURA MÍNIMA DEL SOBRECIMIENTO



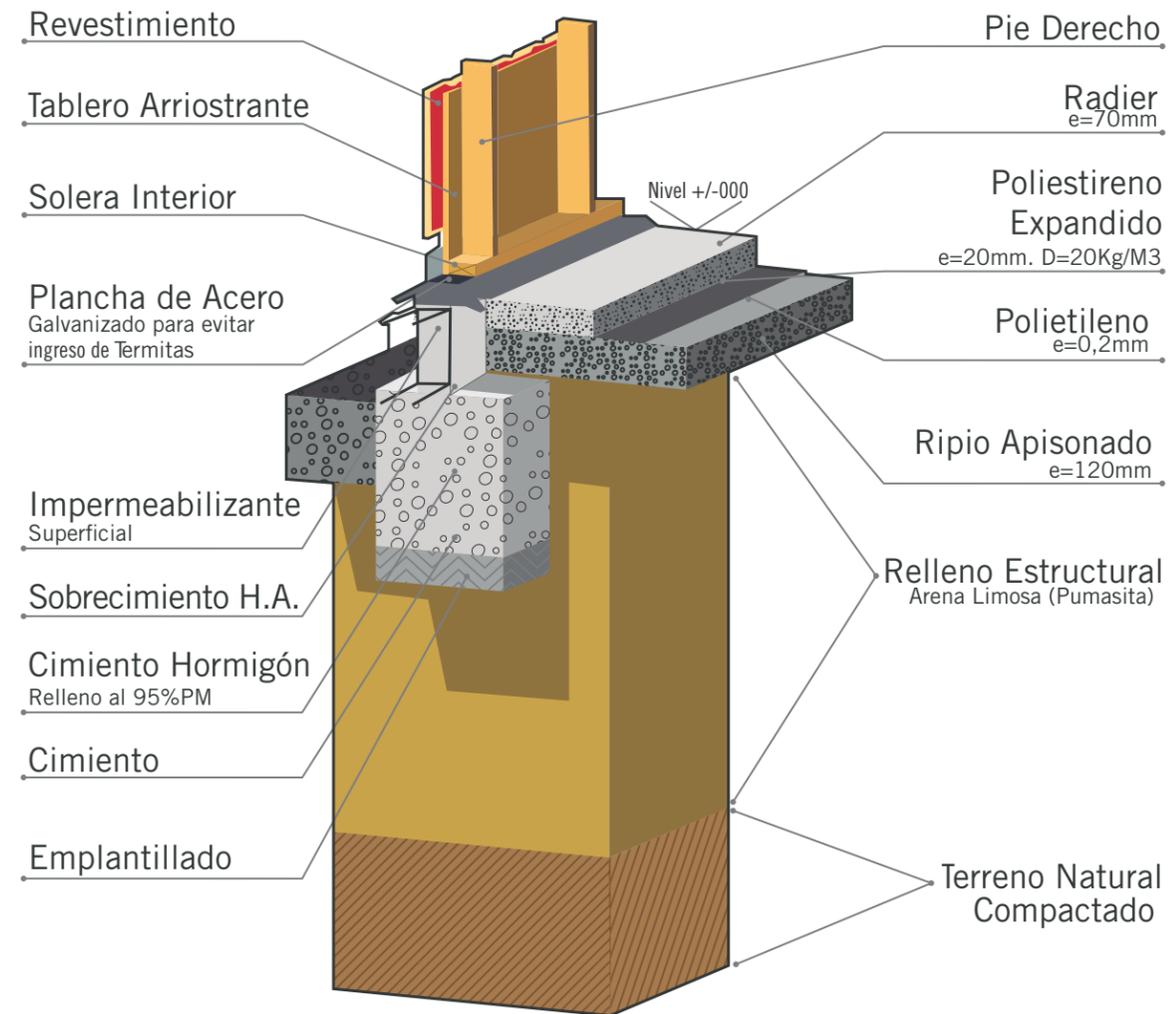
En algunos casos como barrera física contra las termitas, es recomendable colocar entre el sobrecimiento y la solera inferior de los muros perimetrales una lámina de acero galvanizado con alas a ambos lados que sobresalgan del sobrecimiento.

Se debe verificar que las maderas en contacto con el sobrecimiento se protejan de la humedad del hormigón por una membrana, además deben tener un tratamiento de preservación, (según especie indicado en las normas NCh789 y NCh819).

Para fundaciones aisladas se debe verificar la colocación de soleras sobre pilotes y el arriostamiento de estos.

Para fundaciones corridas se debe verificar la colocación de una barrera de humedad entre la fundación y solera inferior.

**FIGURA 3**  
RECOMENDACIÓN DE DISEÑO PARA PROTEGER LA ESTRUCTURA DE MUROS



### 5.3.2. CONTROL DE CALIDAD DE ENTRAMADOS HORIZONTALES

#### 5.3.2.1. CONTROL DE CALIDAD DE PISOS VENTILADOS

Para el control de calidad de pisos ventilados, se debe tener en consideración las especificaciones contenidas en los planos de cálculo indicadas por el ingeniero calculista del proyecto. Entre las consideraciones a controlar, es necesario tener en cuenta:

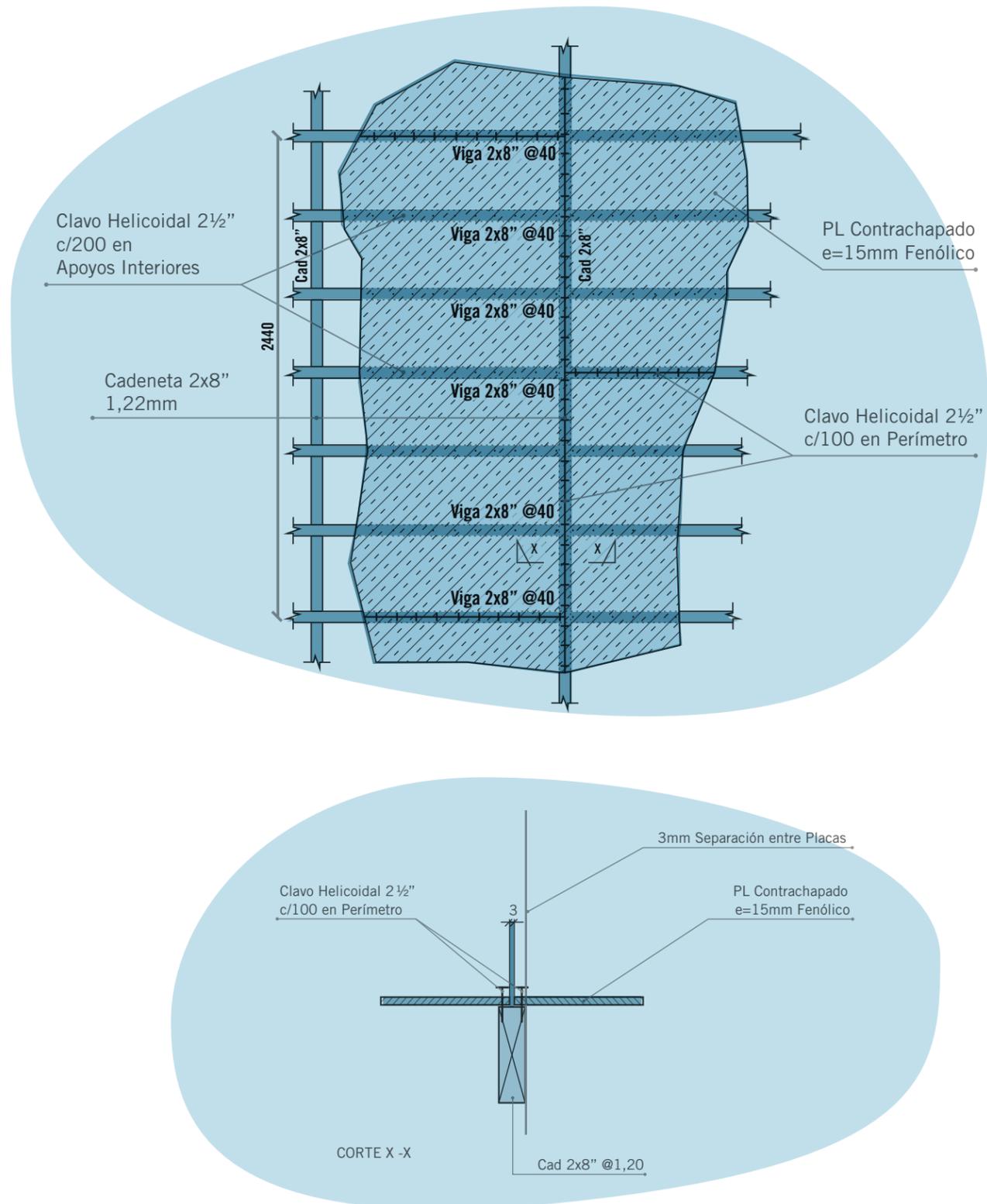
- Revisión de las fijaciones de las vigas principales y secundarias a pilotes o fundación.
- Comprobación de instalación de aislación térmica y barrera de vapor en pisos ventilados y sobre los tableros arriostantes inferiores al entramado, para lo que se recomienda instalar primero una barrera de vapor y sobre esta la aislación térmica, según especificaciones.
- Revisión de la instalación de placas arriostantes superiores.

#### 5.3.2.2. CONTROL DE CALIDAD DEL ENTREPISO

Para el control de calidad de los entrepisos, se debe tener en consideración las especificaciones contenidas en los planos de cálculo indicadas por el ingeniero calculista del proyecto. Entre las consideraciones a controlar, es necesario tener en cuenta:

- Inspección de la geometría previa al montaje del entrepiso, para lo cual se debe revisar el paralelismo de los muros, como también el ángulo recto de ellos. Las tolerancias no deben superar los 5 mm.
- Verificación de refuerzos de entrepiso, los cuales se presentan en casos de aberturas en el entramado de entrepiso, ya sea para escaleras, ventilaciones, cuando hay un muro estructural que queda entre dos vigas secundarias, entre otras.
- Revisión de traslapos de vigas secundarias.
- Revisión de uniones entre elementos de entramado.
- Verificación de la instalación de placas arriostantes. En el caso de existencia de una sobrelosa, se debe revisar la instalación de fieltro de protección de las placas de madera bajo esta.

**FIGURA 4**  
EJEMPLO DE DETALLE DE ENTREPISO

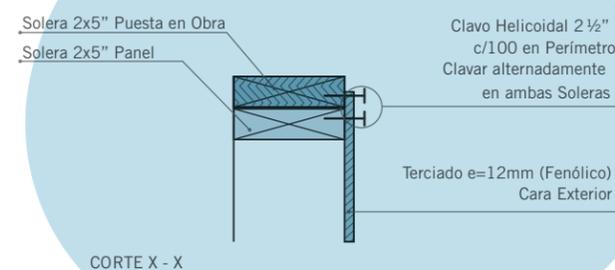
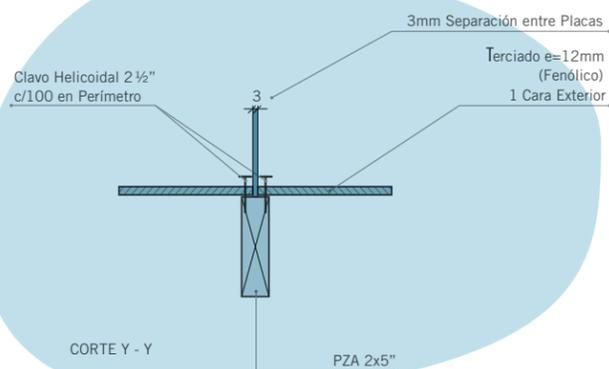
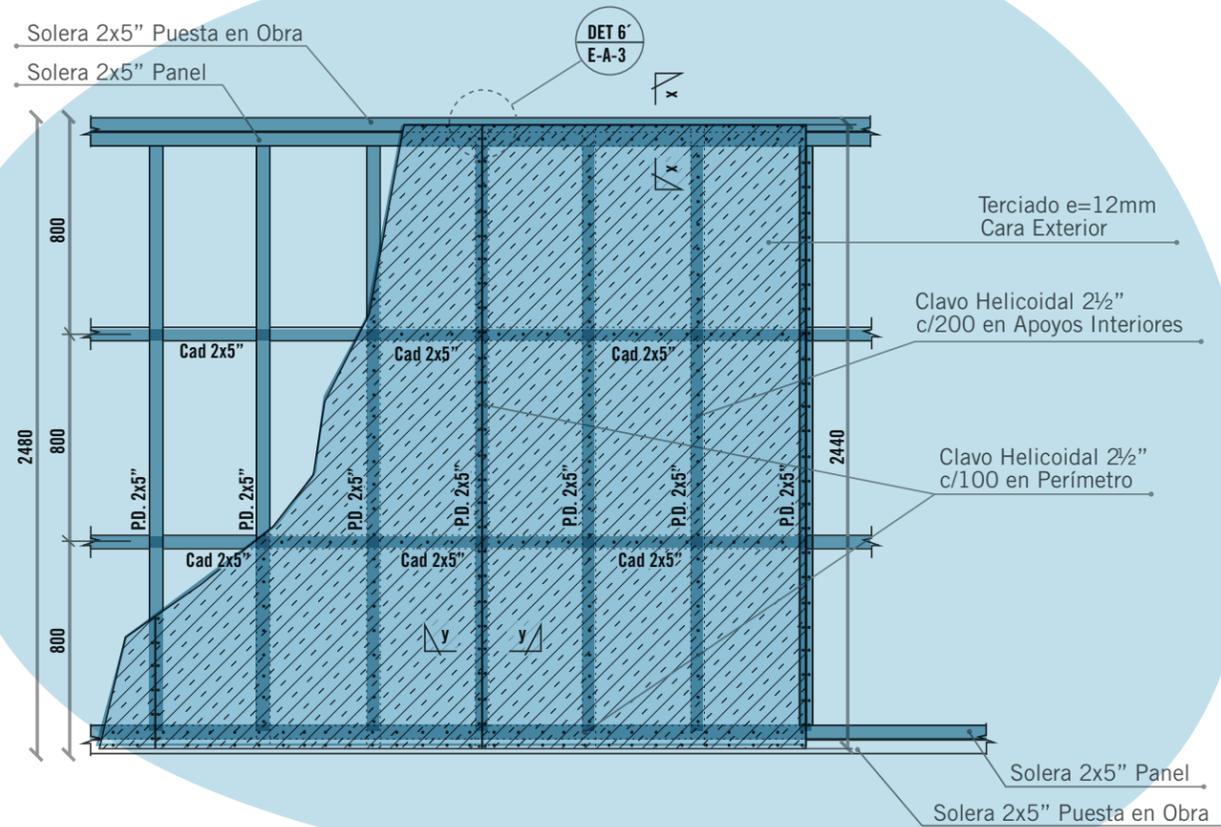


### 5.3.3. CONTROL DE CALIDAD DE ENTRAMADOS VERTICALES (MUROS)

Para el control de calidad de los entramados verticales, se debe tener en consideración las especificaciones contenidas en los planos de cálculo indicadas por el ingeniero calculista del proyecto. Entre las consideraciones a controlar, es necesario tener en cuenta:

- Verificación de trazado de solera base y pie derecho de acuerdo con los planos.
- Revisión de distancia y modulación entre pies derechos.
- Revisión de la existencia de soleras de amarre.
- Revisión de los encuentros en esquina.
- Revisión de cadenas de refuerzo para fijación de artefactos y muebles en los lugares donde irán instalados (generalmente cocinas y baños).
- Revisión de la configuración de vanos, para lo cual se deben agregar piezas de refuerzo como jambas, dinteles y alfeizar.
- Verificación de la colocación de placa estructural, teniendo especial cuidado en la revisión del patrón de colocación de clavos o tornillos, según especificaciones de cálculo, y su distanciamiento al borde de la placa, el cual no debiese ser inferior a 20 mm.
- Revisión de anclajes entre entramados y entrepisos con soleras y vigas, tanto al piso ventilado como al entrepiso, según sea el caso.

FIGURA 5  
EJEMPLO DE DETALLE DE MURO SISTEMA PLATAFORMA



### 5.3.4. CONTROL DE CALIDAD DE LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

Para el control de calidad de la estructura de techumbre se deben considerar las especificaciones contenidas en los planos de cálculo indicadas por el ingeniero calculista del proyecto. Entre las consideraciones a controlar, es necesario tener en cuenta:

- Verificación de la geometría de muros perimetrales con tolerancias que no deben superar los 5 mm.
- Revisión de uniones entre piezas de cercha.
- Verificación de unión entre cercha y la solera superior de amarre siempre verificando su plomo. Instalación de placas arriostrantes y sus fijaciones, la que debe ser alternada y perpendicular a las cerchas. Se recomienda dejar 3 mm entre ellas como junta de dilatación.
- Verificar que el plano estructural tenga concordancia con la acreditación de resistencia al fuego del proyecto.

### 5.3.5. CONTROL DE CALIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE DUCTOS Y CAÑERÍAS

Para el control de calidad de la instalación de ductos y cañerías se deben considerar las especificaciones contenidas en los planos de instalaciones. Entre las consideraciones a controlar, es necesario tener en cuenta:

- Verificación de las instalaciones en entramados verticales y horizontales: Se recomienda, previo a la ejecución de las instalaciones, revisar los lugares donde la estructura se verá afectada por esta instalación y prever las piezas de refuerzo que se necesitarán (pudiendo ser conectores metálicos). Esto permitirá que no se realicen perforaciones en elementos estructurales que no puedan ser reforzadas posteriormente.
- Revisión de la dimensión y distanciamiento de las perforaciones en elementos estructurales: En caso de requerir perforaciones en un elemento estructural, se debe solicitar la aprobación del ingeniero calculista.
- Verificar que la colocación de ductos y cañerías no genere puentes térmicos en la edificación.
- No está permitido en muros divisorios entre unidades confrontar cajas eléctricas o generar instalaciones que puedan reducir el comportamiento al fuego del elemento constructivo.

### 5.3.4. CONTROL DE CALIDAD DE LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

Para el control de calidad de la estructura de techumbre se deben considerar las especificaciones contenidas en los planos de cálculo indicadas por el ingeniero calculista del proyecto. Entre las consideraciones a controlar, es necesario tener en cuenta:

- Verificación de la geometría de muros perimetrales con tolerancias que no deben superar los 5 mm.
- Revisión de uniones entre piezas de cercha.
- Verificación de unión entre cercha y la solera superior de amarre siempre verificando su plomo. Instalación de placas arriostrantes y sus fijaciones, la que debe ser alternada y perpendicular a las cerchas.

Se recomienda dejar 3 mm entre ellas como junta de dilatación.

d) Verificar que el plano estructural tenga concordancia con la acreditación de resistencia al fuego del proyecto.

### **5.3.5. CONTROL DE CALIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE DUCTOS Y CAÑERÍAS**

Para el control de calidad de la instalación de ductos y cañerías se deben considerar las especificaciones contenidas en los planos de instalaciones. Entre las consideraciones a controlar, es necesario tener en cuenta:

a) Verificación de las instalaciones en entramados verticales y horizontales: Se recomienda, previo a la ejecución de las instalaciones, revisar los lugares donde la estructura se verá afectada por esta instalación y prever las piezas de refuerzo que se necesitarán (pudiendo ser conectores metálicos). Esto permitirá que no se realicen perforaciones en elementos estructurales que no puedan ser reforzadas posteriormente.

b) Revisión de la dimensión y distanciamiento de las perforaciones en elementos estructurales: En caso de requerir perforaciones en un elemento estructural, se debe solicitar la aprobación del ingeniero calculista.

c) Verificar que la colocación de ductos y cañerías no genere puentes térmicos en la edificación.

e) No está permitido en muros divisorios entre unidades confrontar cajas eléctricas o generar instalaciones que puedan reducir el comportamiento al fuego del elemento constructivo.

### **5.3.6. CONTROL DE CALIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE REVESTIMIENTO**

Para el control de calidad de la instalación del revestimiento se deben considerar las especificaciones técnicas del proyecto. Entre los puntos a controlar, se deben tener en cuenta:

a) Revisión de la geometría de muros a revestir: Las superficies a revestir se deben chequear en paralelismo, horizontalidad y verticalidad.

b) Instalación de barrera de humedad: En el caso de que se especifique una barrera de humedad, se debe verificar su correcta fijación a la placa estructural, según especificaciones técnicas.

c) Instalación de cortagoteras en vanos y muros: Se debe chequear la pendiente especificada, especialmente en vanos, para evitar el ingreso de agua a la edificación.

d) Fijación de elementos de revestimiento: Se debe chequear que los elementos de fijación no queden rehundidos, para proteger de la humedad y asegurar la integridad del revestimiento.

### **5.3.7. CONTROL DE CALIDAD DE CONECTORES PARA MADERA**

Se debe chequear que todos los conectores utilizados en obra, correspondan a los especificados por el ingeniero calculista y que su instalación se realice según las recomendaciones del fabricante.

# ANEXOS

## ANEXO A - CERTIFICADOS E INFORMES TIPO

Ejemplo de certificado de conformidad y puntos a chequear en partida recepcionada.

### CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

INFORME ASOCIADO  
A LA EVALUACIÓN  
DE CONFORMIDAD

: INFORME DE ENSAYO OFICIAL N°XXXXXX-XX

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD N°XXXXXX-XXA		
		
NOMBRE DEL SOLICITANTE	:Sr. XXXXXXXX XXXXXXXXXXXX	
DIRECCIÓN	:Calle XX, Comuna YY	
DESTINATARIO	:XXXXXXXXXXXX X.X.	
INFORME ASOCIADO A LA EVALUACIÓN DE CONFORMIDAD	:INFORME DE ENSAYO OFICIAL N°XXXXXX-XX	
CERTIFICACIÓN DEL PRODUCTO		
TIPO DE PRODUCTO	:Barras laminadas en caliente	
FECHA DE PRODUCCIÓN	:11-11-2011	MARCA SOBRELIEVE XX-A630 B
COLADA	:123456	GRADO DE ACERO A630-420H
DIÁMETRO NOMINAL	: 8mm	LONGITUD NORMAL ... mm
NORMA DE REFERENCIA		
Nch2040/2006 Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado. No se considera para esta certificación el punto 4.5.1 de la norma citada.		
NORMA RESPECTIVAS A PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO, INSPECCIÓN, ACEPTACIÓN Y RECHAZO		
Nch2040/2006 Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado.		
FECHA DE MUESTREO	:11-11-2012	
FECHA DE INSPECCIÓN	:11-11-2012	
FECHA ENSAYOS	:12-11-2012	
RESULTADO DE LA CERTIFICACIÓN SEGÚN ISO/CASCO 7		
Lote aceptado	: Sí	
Peso lote	: 60000 kg	
FORMA DE IDENTIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS Y CERTIFICADOS		
No se considera el uso de sellos.		
FECHA DE ENTRADA EN VIGENCIA DE LA CERTIFICACIÓN	:13 de Noviembre de 2012	
OBSERVACIONES	: ...	
  JEFE DIVISIÓN ESTRUCTURAS Y MATERIALES		

COLADA : 123456

RESULTADO DE LA CERTIFICACIÓN SEGÚN ISO/CASCO 7

Lote aceptado : Sí

Peso lote : 60000 kg

# INFORME DE ENSAYOS

## INFORME DE ENSAYO OFICIAL N°XXXXXX-XX

**INFORME DE ENSAYO OFICIAL N°XXXXXX-XX**

**INN - CHILE**  
SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION  
Acreditación LE300  
Resolución exenta N°9111 MINVU del 21/12/2009  
Resolución exenta N°5959 MINVU del 26/07/2012

Código de Obra : ...  
Correlativo Informe Obra : ...

**Cliente** : XXXXXXXXXXXX X.X.  
At. Sr. XXXXXXXX XXXXXXXXXX  
Dirección, Calle XX, Comuna YY

**Laboratorio** : Laboratorio de Control de Acero - XXXXX  
Dirección, Panamericana Norte Km XX, Comuna YY

**Material** : Una muestra de barras de acero para hormigón armado la que fue muestreada con la supervisión de xxxxx en la planta XX, ubicada en YY, con la identificación que se indica en la Tabla N°1

**Tabla N°1**  
Identificación de las muestras

Muestra N°	Identificación de la muestra colada	Peso colada (kg)	Diámetro nominal (mm)	Largo barra (m)	Tipo producto	Grado nominal	Marcas en las barras
1	123456	60000	8	...	barra	A630-420H	XX A630 8

**Ensayo** : Se realizaron ensayos de tracción de doblado y medición de masa y resalte a las probetas indicadas en la Tabla N°1

**Procedimiento** : El ensayo de tracción se realizó de acuerdo al procedimiento interno SEM-PP-006 "Procedimiento para el ensayo a tracción de barras de acero laminadas en caliente para hormigón armado" basado en la norma chilena NCh2000f72

El ensayo de doblado se realizó de acuerdo al procedimiento interno SEM-PP-007 "Procedimiento de ensayo de doblado de barras de acero laminadas en caliente para hormigón armado" basado en la norma chilena NCh2010f68

La medición de masa y resalte se realizó de acuerdo al procedimiento interno SEM-PP-025 "Procedimiento de medición de masa lineal y de resalte en barras de acero laminadas en caliente para hormigón armado" basado en la norma chilena NCh2040f2006

**Resultado** : En la Tabla N°2 se indican los valores obtenidos en los ensayos de tracción y doblado de las muestras. En la Tabla N°3 se indican los valores obtenidos de la medición de masa y resalte de las muestras.

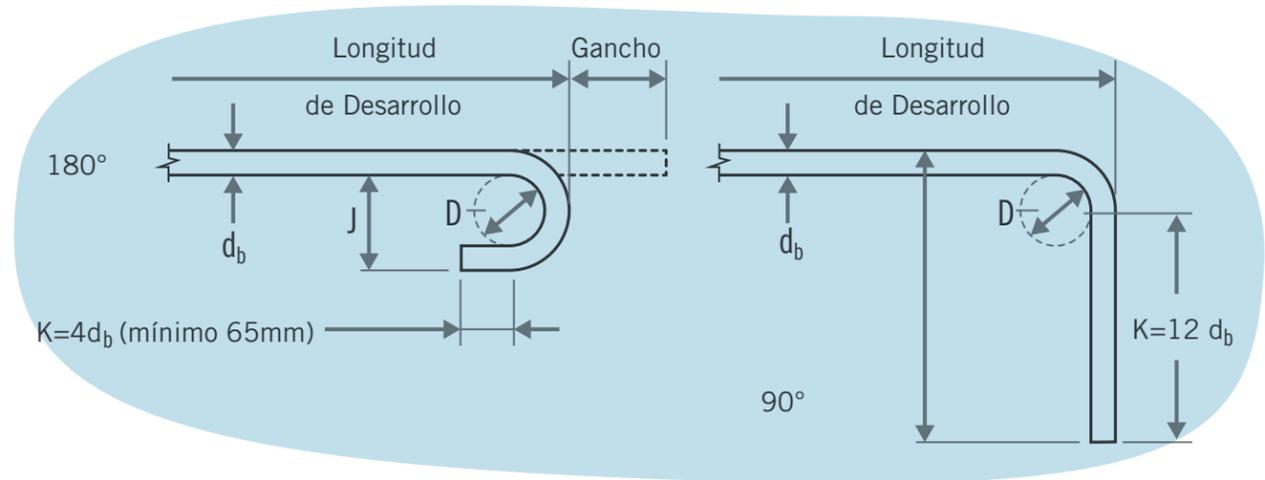
**INN - CHILE**  
SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION  
Acreditación LE300  
Resolución exenta N°9111 MINVU del 21/12/2009  
Resolución exenta N°5959 MINVU del 26/07/2012

Código de Obra : ...  
Correlativo Informe Obra : ...

Muestra N°	Identificación de la muestra colada	Peso colada (kg)	Diámetro nominal (mm)
1	123456	60000	8

# ANEXO B - TABLAS Y CUADROS PARA DOBLADO DE ENFIERRADURA

**CUADRO B.1**  
DOBLECES DE BARRAS Y GANCHOS ESTÁNDAR



**TABLA B.1**  
REQUISITOS MÍNIMOS DE PENETRACIÓN EN ALBURA O PROFUNDIDAD MÍNIMA (MM) EN LAS CARAS

db (mm)	D (mm)		90°	180°
			K (mm)	K (mm)
8	6db	48	96	65
10	6db	60	120	65
12	6db	72	144	65
14	6db	84	168	65
16	6db	96	192	65
18	6db	108	216	72
20	6db	120	240	80
22	6db	132	264	88
25	6db	150	300	100
28	8db	224	336	112
32	8db	256	384	128
36	8db	288	432	144
40	8db	320	480	160

CUADRO B.2  
GANCHOS SÍSMICOS

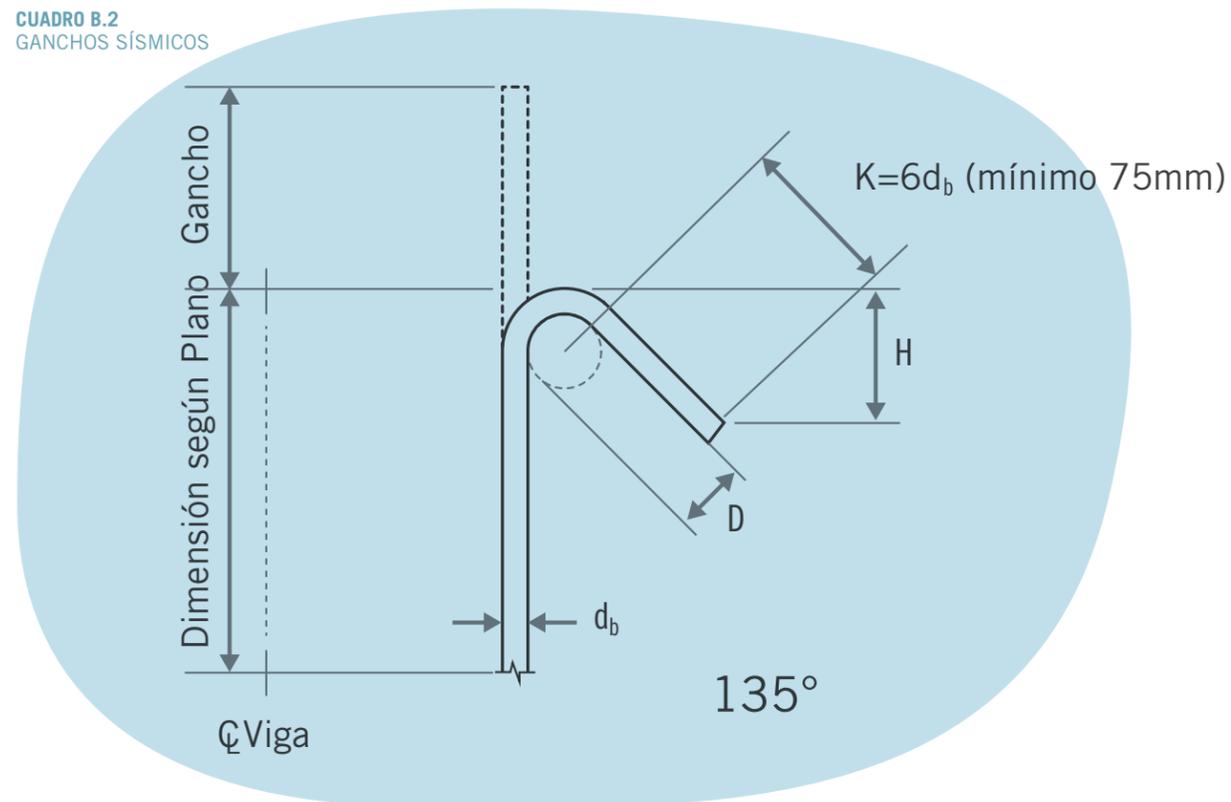


TABLA B.2  
DIÁMETROS DE DOBLADO Y LONGITUD DE EXTREMO LIBRE PARA GANCHOS SÍSMICOS.

$d_b$ (mm)	D (mm)		135°
			K (mm)
8	$4d_b$	32	75
10	$4d_b$	40	75
12	$4d_b$	48	75
14	$4d_b$	56	84
16	$4d_b$	64	96
18	$6d_b$	108	108
20	$6d_b$	120	120
22	$6d_b$	132	132
25	$6d_b$	152	150

## ANEXO C - TIPOS DE HORMIGONES SEGÚN CONFECCIÓN

### 1. CONFECCIÓN DEL HORMIGÓN

#### 1.1. HORMIGÓN PREPARADO EN CENTRAL HORMIGONERA

**a) Definición:**

Hormigón dosificado en una central hormigonera, mezclado en la misma central o en un camión mezclador, transportado a un lugar predeterminado y entregado en el sitio de descarga.

**b) Requisitos a verificar:**

Normas de requisito: NCh 170/2016; norma NCh 1934. Es fundamental verificar la correcta descripción del hormigón indicado en la respectiva guía de despacho con lo que aparece en las especificaciones del proyecto.

#### 1.2. HORMIGÓN PREDOSIFICADO

**a) Definición:**

Hormigón consistente en el material sólido (cemento y áridos) previamente dosificado y combinado en seco al que se adiciona agua en el proceso de mezclado en obra.

**b) Requisitos a verificar:**

La calidad del agua debe cumplir la norma NCh1498/2012 (punto 4) y la cantidad a utilizar debe ser concordante con las especificaciones del proveedor.

A su vez, en caso de considerar la inclusión de aditivos, estos deben cumplir con la norma NCh2182 (punto 4) y ser utilizados bajo las condiciones indicadas por las especificaciones técnicas del proyecto y/o del proveedor de los mismos.

En caso de uso de adiciones, estas deben cumplir a cabalidad con las especificaciones que se indiquen en las especificaciones técnicas del proyecto y/o del proveedor de las mismas.

#### 1.3. HORMIGÓN ELABORADO EN OBRA

**a) Definición:**

Corresponde al hormigón cuya preparación se realiza en la obra mezclando cada uno de los materiales que lo componen, esto es: cemento, áridos y agua, cuya dosificación debe cumplir las especificaciones de comportamiento y resistencia provistas por el ingeniero diseñador.

**b) Requisitos a verificar:**

En los casos en que se confecciona el hormigón en obra, el diseño del mismo debe estar establecido por el profesional competente que indique las especificaciones técnicas del proyecto, teniendo presente el punto 8 de la norma NCh 170/2016.

La calidad del cemento debe estar respaldada por un laboratorio acreditado que verifique el cumplimiento de lo indicado en la norma NCh 148.

Los áridos deben cumplir los requisitos de NCh 163/2013 (punto 5) y estar respaldados por informes de ensayos otorgados por un laboratorio acreditado.

Asimismo, el agua de amasado debe cumplir con la norma NCh 1498/2012 (punto 4).

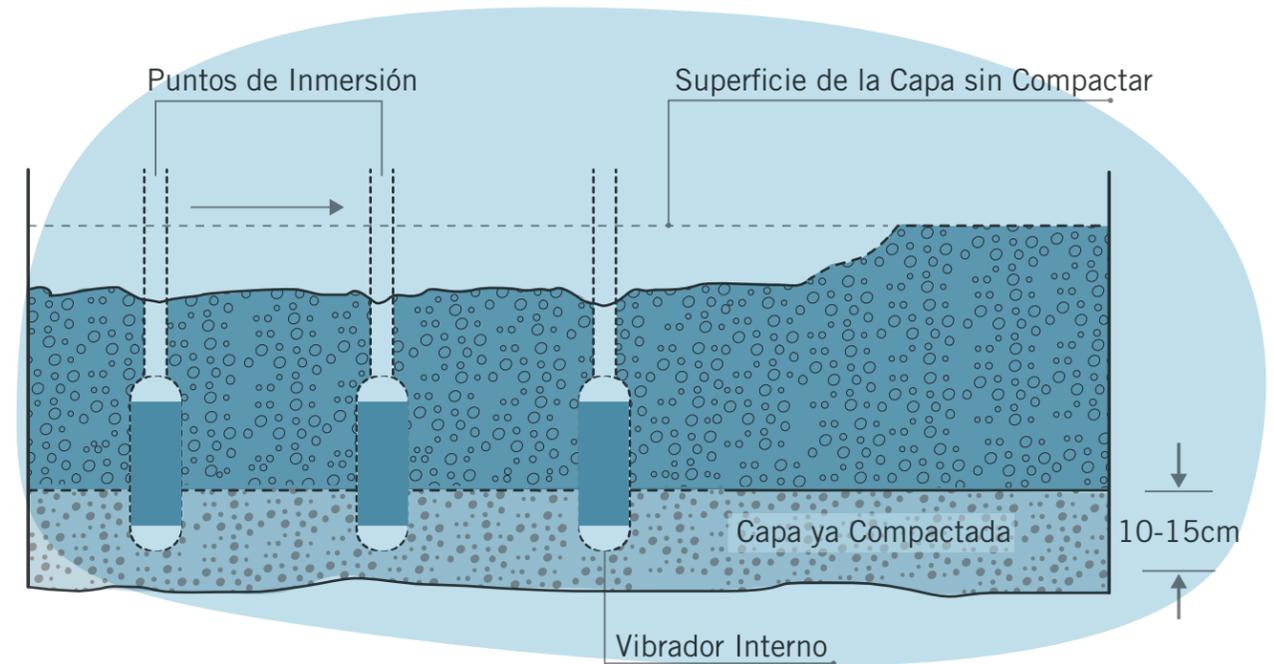
En caso de que el diseño del hormigón considere aditivos, estos deben cumplir con la norma NCh 2182 (punto 4) y las recomendaciones del fabricante.

Si se incluye el uso de adiciones, estas se deben utilizar acorde a las indicaciones de las especificaciones técnicas del proyecto y, de ser considerado necesario, ser concordantes con las indicaciones del fabricante.

El proceso de confección del hormigón debe cumplir con la norma NCh 170/2016 (punto 9).

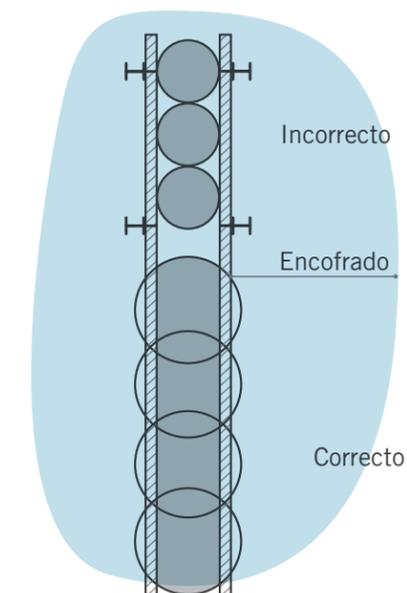
**ANEXO D - VIBRACIÓN DEL HORMIGÓN**

**CUADRO D.1**  
PROFUNDIDAD DE INMERSIÓN DEL VIBRADOR



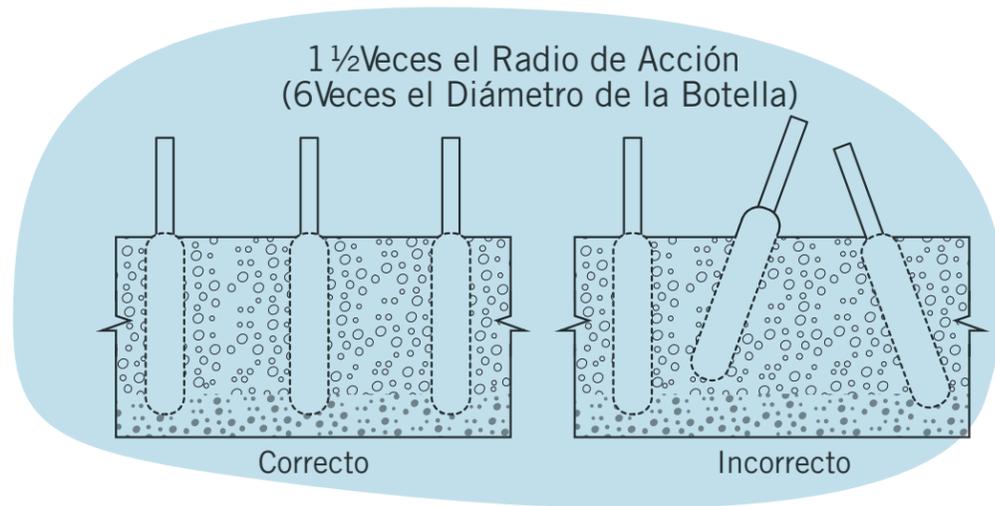
Fuente: Fundamentos sobre la compactación de hormigón. Wacker, 1999

**CUADRO D.2**  
PUNTOS DE INMERSIÓN DEL VIBRADOR EN MUROS



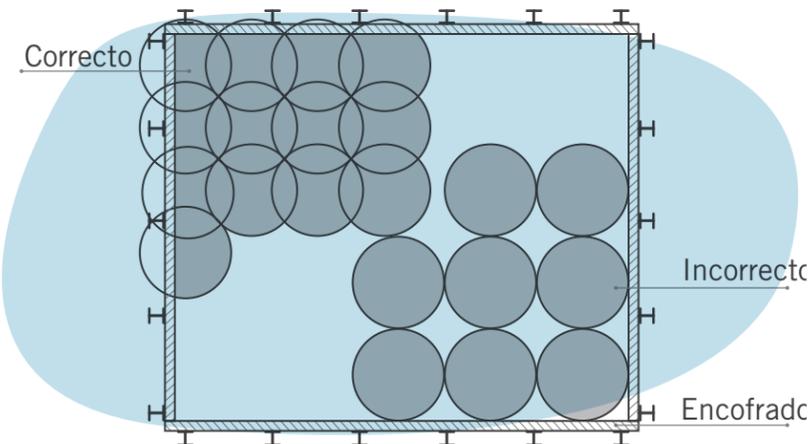
Fuente: Fundamentos sobre la compactación de hormigón. Wacker, 1999

**CUADRO D.3**  
INMERSIÓN CORRECTA DE LA BOTELLA



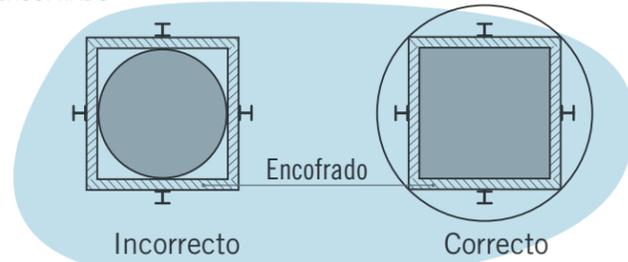
Fuente: Fundamentos sobre la compactación de hormigón. Wacker, 1999

**CUADRO D.4**  
INMERSIÓN DE VIBRADOR EN GRANDES SUPERFICIES



Fuente: Fundamentos sobre la compactación de hormigón. Wacker, 1999

**CUADRO D.5**  
SELECCIÓN CORRECTA DEL ENCOFRADO



Fuente: Fundamentos sobre la compactación de hormigón. Wacker, 1999

## ANEXO E - CLASIFICACIÓN DEL LADRILLO DE ARCILLA FABRICADO A MÁQUINA

### 1. CLASIFICACIÓN POR CLASE:

**MqM:**

Ladrillos macizos, son aquellos ladrillos que no poseen orificios de ningún tipo en su fabricación. Su uso en albañilerías está limitado netamente a las albañilerías confinadas.

**MqH:**

Ladrillos huecos, son aquellos ladrillos que tienen perforaciones en su masa, de modo que el volumen de ellos es mayor o igual al 50 %. Su utilización preferente es en la confección de tabiques divisorios y livianos que no reciben cargas y no son estructurales.

**MqP:**

Ladrillos perforados, son aquellos ladrillos que tienen perforaciones en su masa perpendiculares a su cara de apoyo, de modo que el volumen de ellos es inferior al 50 % del volumen total del ladrillo industrial. Puede ser utilizado tanto en albañilerías armadas como en confinadas.

### 2. CLASIFICACIÓN POR GRADOS:

Grados 1, 2 y 3, según sean los requisitos de resistencia a la compresión, absorción y adherencia, ver Tabla 1 de la norma NCh169.

A continuación, se incluye Tabla E.1 que indica la clasificación de los ladrillos según clase y grado.

Asimismo, el agua de amasado debe cumplir con la norma NCh 1498/2012 (punto 4).

**TABLA E.1**  
CARACTERÍSTICAS DE LOS LADRILLOS CERÁMICOS

Requisitos mecánicos	GRADOS DE LADRILLOS CERÁMICOS						
	1		2		3		
	CLASES DE LADRILLOS CERÁMICOS						
	MqM	MqP	MqH	MqP	MqH	MqP	MqH
Resistencia a la compresión (MPa)	15	15	15	11	11	5	5
Absorción de agua, máxima (%)	14	14	14	16	16	18	18

**TABLA E.1**  
CARACTERÍSTICAS DE LOS LADRILLOS CERÁMICOS (CONTINUACIÓN)

Requisitos mecánicos	GRADOS DE LADRILLOS CERÁMICOS						
	1		2		3		
	CLASES DE LADRILLOS CERÁMICOS						
	MqM	MqP	MqH	MqP	MqH	MqP	MqH
Adherencia, mínima (MPa) (área neta) Adherencia, mínima (MPa) (área neta)	0,4	0,4	0,4	0,35	0,35	0,3	0,25
NOTA: Los requisitos de los ladrillos cerámicos artesanales son tratados en NCh2123							

Fuente: Extracto NCh 169

### 3. CLASIFICACIÓN POR USOS:

- Cara vista (V)
- Para ser revestidos o enlucidos (NV)

A continuación, se incluye Tabla E.2 que indica los parámetros de aceptación del ladrillo dependiendo si su uso es cara vista o revestida.

**TABLA E.2**  
REQUISITOS DE FORMA Y TERMINACIÓN

Requisitos	TIPO DE LADRILLO (SEGÚN SU USO)	
	CARA VISTA (V)	CARA PARA SER REVESTIDA (NV)
Fisura superficial	La fisura superficial se limita en longitud a no más de 1/3 de la dimensión de la cara con respecto a la dirección de la fisura. En los cabezales se acepta la existencia de fisuras superficiales sin importar su longitud.	Se acepta en cualquier cara sin importar su longitud.
Fisura pasada	No se acepta en caras mayores. Se acepta a lo más una fisura pasada en algunos de los cabezales.	Se acepta una fisura pasada en cualquiera de sus caras.
Desconchamiento	Se acepta la existencia de a lo más un desconchamiento superficial y, siempre que su diámetro no supere los 10 mm.	Se acepta hasta un desconchamiento por cara, limitando también su diámetro a 10 mm como máximo.
Eflorescencia	Se acepta presencia de eflorescencias, de fácil remoción, cuya extensión se limita por acuerdo entre las partes.	
Tolerancias de planeidad	+ 4 mm	+ 4 mm
Tolerancias dimensionales: - Largo - Ancho - Alto	+ 5 mm + 3 mm + 3 mm	+ 5 mm + 3 mm + 3 mm

Fuente: Extracto NCh 169





MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO



ISBN: 978-956-9432-84-2

