

## Índice

|                                                         | <b>Página</b> |
|---------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Preámbulo</b>                                        | III           |
| <b>1 Alcance y campo de aplicación</b>                  | <b>1</b>      |
| <b>2 Referencias</b>                                    | <b>1</b>      |
| <b>3 Terminología y simbología</b>                      | <b>2</b>      |
| 3.1 Terminología                                        | 2             |
| 3.2 Simbología                                          | 3             |
| <b>4 Disposiciones de diseño</b>                        | <b>5</b>      |
| 4.1 Generalidades                                       | 5             |
| 4.2 Cargas de diseño                                    | 5             |
| 4.3 Tensiones de diseño                                 | 5             |
| 4.4 Ensayos de materiales y pruebas estructurales       | 6             |
| <b>5 Criterios de diseño</b>                            | <b>6</b>      |
| 5.1 Generalidades                                       | 6             |
| 5.2 Tensiones admisibles                                | 6             |
| 5.3 Solicitación sísmica                                | 10            |
| <b>6 Limitaciones de diseño</b>                         | <b>12</b>     |
| 6.1 Disposiciones generales sobre armaduras de refuerzo | 12            |
| 6.2 Vigas                                               | 13            |
| 6.3 Columnas                                            | 14            |
| 6.4 Muros                                               | 15            |
|                                                         | I             |

## Indice

|          |                                                                | <b>Página</b> |
|----------|----------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>7</b> | <b>Requisitos constructivos</b>                                | <b>17</b>     |
| 7.1      | Disposiciones sobre el llenado de los huecos                   | 17            |
|          | <b>Anexo A - Materiales</b>                                    | <b>19</b>     |
|          | <b>Anexo B - Confección y ensayo de prismas de albañilería</b> | <b>28</b>     |
|          | <b>Anexo C - Disposiciones constructivas</b>                   | <b>32</b>     |
|          | <b>Anexo D - Inspección y Control</b>                          | <b>35</b>     |
|          | <b>Anexo E - Bibliografía consultada</b>                       | <b>38</b>     |
|          | <b>Anexo F - Comentarios a la norma y sus anexos</b>           | <b>42</b>     |

## **Albañilería armada - Requisitos para el diseño y cálculo**

### **Preámbulo**

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh1928 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en el estudio de su primera versión oficializada en 1986 participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería  
Antisísmica  
Cemento Melón

COPRESA  
Empresa Nacional de Electricidad S.A., ENDESA  
G + V Ingenieros  
Grau S.A.  
INEIN Sociedad Ltda.  
Instituto Nacional de Normalización, INN

Ladrillos PRINCESA  
Ministerio de Obras Públicas, MOP  
Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU

Pontificia Universidad Católica de Chile,  
Depto. Ingeniería Estructural, DICTUC  
PROINCO Ingenieros

Julio Ibáñez V.  
Hernán Medina V.  
Armando Soto O.  
Roger Tenney  
Enrique Arias  
Rodolfo Vergara del P.  
Pedro Grau B.  
Fernando Jabalquinto L.  
Pedro Hidalgo O.  
Hernán Pavez G.  
Emilio Velasco M.  
Hugo Hinrichsen M.  
Francisco Osorio M.  
Jorge Rojas T.

Carl Lüders Sch.  
Antonio Delpiano P.

## NCh1928

Rivera, Balada, Lederer y Baeza  
Servicio de Vivienda y Urbanización, SERVIU

### SOPROCAL

Universidad de Chile, Depto. Ingeniería Civil  
Universidad de Chile, IDIEM

Universidad Técnica Federico Santa María

Marcial Baeza S.  
Edgardo Beckmann C.  
Ernesto Herbach A.  
Juan Martínez M.  
Sergio Rojas I.  
Maximiliano Astroza I.  
Federico Delfín A.  
Francisco Véliz A.  
Fernando Yáñez U.  
Pablo Jorquera

Con motivo de la revisión de la norma NCh433, se modificó el párrafo 5.3 de esta norma y el anexo F. En el estudio de estas modificaciones participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Instituto Chileno del Cemento  
Instituto de Ingenieros de Chile  
Instituto Nacional de Normalización, INN

Augusto Holmberg F.  
Julio Ibáñez V.  
Arturo Arias S.  
Pedro Hidalgo O.

Ministerio de Obras Públicas, Dirección de  
Arquitectura  
Pontificia Universidad Católica de Chile,  
Depto. Ingeniería Estructural y Geotécnica  
Rivera, Balada y Baeza, Ingenieros Civiles  
SOPROCAL

Carlos Díaz I.

Universidad de Chile, Depto. Ingeniería Civil  
Universidad Técnica Federico Santa María

Carl Lüders Sch.  
Marcial Baeza S.  
Juan Martínez M.  
Sergio Rojas I.  
Maximiliano Astroza I.  
Patricio Bonelli C.

Esta norma se estudió para establecer las disposiciones mínimas exigibles al diseño estructural de las construcciones de albañilería armada.

Los anexos A, B, C y D forman parte del cuerpo de la norma.

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

La norma NCh1928 modificada anula y reemplaza a la NCh1928.Of86 declarada Oficial de la República por Decreto N° 14, de fecha 29 de Enero de 1986, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, publicado en el Diario Oficial N° 32.407 del 25 de Febrero de 1986.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 28 de Septiembre de 1993.

Esta norma ha sido declarada norma chilena Oficial de la República por Decreto N° 140, de fecha 20 de Diciembre de 1993, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, publicado en el Diario Oficial N° 34.760, del 10 de Enero de 1994.

**MODIFICACION 2003**

La modificación a la norma NCh1928 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización y el Instituto de la Construcción, en el marco del Proyecto FDI *Calidad en la Construcción - Actualización Técnica de Normas Chilenas Oficiales*, y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

|                                                           |                        |
|-----------------------------------------------------------|------------------------|
| Cemento Polpaico S.A.                                     | Patricio Downey A.     |
|                                                           | Yuri Tomicic C.        |
| Cerámica Santiago S.A.                                    | Gustavo Morales G.     |
| Industrias Princesa S.A.                                  | Mauricio Cepeda G.     |
| Instituto de la Construcción, IC                          | Claudio Acuña C.       |
| Instituto Nacional de Normalización, INN                  | Federico Delfín A.     |
|                                                           | Agnes Leger A.         |
| Laymaco Ltda.                                             | Arnaldo Bacchiega B.   |
| Servicio de Vivienda y Urbanización, SERVIU Metropolitano | Joel Prieto V.         |
| Universidad Católica de Chile                             | Carl Lüders Sch.       |
| Universidad de Concepción                                 | Gian M. Giuliano M.    |
| Universidad de Chile, Depto. Ingeniería Civil             | Maximiliano Astroza I. |

Esta modificación es el resultado de la actualización de las normas NCh167.Of2001, *Construcción - Ladrillos cerámicos - Ensayos*, y NCh169.Of2001, *Construcción - Ladrillos cerámicos - Clasificación y requisitos*, y considera cambios en Anexo A, *Materiales*, sólo en los aspectos relativos a clasificación, requisitos y ensayos de los ladrillos cerámicos.

Se debe hacer presente que los criterios de diseño que establece NCh1928.Of1993 se elaboraron a partir de ensayos realizados en la década de los ochenta, que comprendieron solamente unidades de ladrillo cerámico hechos a máquina de 7,1 cm de altura que cumplieran con NCh169.EOf1973 *Ladrillos cerámicos - Clasificación y requisitos* y bloques de hormigón de 19 cm de altura que cumplieran con NCh181.Of1965 *Bloques huecos de hormigón de cemento*.

El uso de unidades de altura superior implica que el proyectista estructural modifique las disposiciones de diseño de esta norma de acuerdo a los antecedentes experimentales obtenidos con estas unidades, de altura diferente a 7,1 cm.

Esta modificación ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 19 de Diciembre de 2002.

Esta modificación a NCh1928.Of1993 ha sido declarada Oficial de la República por Decreto N° 216, de fecha 1 de octubre de 2003, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, publicado en el Diario Oficial del 20 de octubre de 2003.



## **Albañilería armada - Requisitos para el diseño y cálculo**

### **1 Alcance y campo de aplicación**

**1.1** Esta norma establece los criterios de diseño y sus limitaciones y los métodos de cálculo de la albañilería armada, usada en las construcciones que utilicen estructuralmente unidades de albañilería cerámica o de hormigón que cumplen los requisitos de la presente norma.

**1.2** Esta norma no se aplica a la albañilería semi-armada, a la albañilería reforzada y a las albañilerías que no cumplen con los requisitos de cuantías mínimas establecidos en esta norma.

**1.3** Esta norma excluye, entre otras, unidades de albañilería que no tengan un proceso de fabricación industrial, que garantice una calidad uniforme.

### **2 Referencias**

|         |                                                                                                              |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NCh30   | <i>Unidades SI y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y de ciertas otras unidades.</i>               |
| NCh147  | <i>Cemento - Análisis químico.</i>                                                                           |
| NCh148  | <i>Cemento - Terminología, clasificación y especificaciones generales.</i>                                   |
| NCh150  | <i>Cemento - Determinación de la finura por tamizado.</i>                                                    |
| NCh152  | <i>Cemento - Método de determinación del tiempo de fraguado.</i>                                             |
| NCh158  | <i>Cemento - Ensayo de flexión y compresión de mortero de cemento.</i>                                       |
| NCh159  | <i>Cemento - Determinación de la superficie específica por el permeabilímetro según Blaine.</i>              |
| NCh163  | <i>Aridos para morteros y hormigones - Requisitos generales.</i>                                             |
| NCh167  | <i>Construcción - Ladrillos cerámicos - Ensayos.</i>                                                         |
| NCh169  | <i>Ladrillos cerámicos - Clasificación y requisitos.</i>                                                     |
| NCh181  | <i>Bloques huecos de hormigón de cemento.</i>                                                                |
| NCh204  | <i>Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado.</i>                                            |
| NCh218  | <i>Acero - Mallas de alta resistencia para hormigón armado - Especificaciones.</i>                           |
| NCh219  | <i>Construcción - Mallas de acero de alta resistencia - Condiciones de uso en el hormigón armado.</i>        |
| NCh433  | <i>Diseño sísmico de edificios.</i>                                                                          |
| NCh1019 | <i>Construcción - Hormigón - Determinación de la docilidad - Método del asentamiento del cono de Abrams.</i> |

## NCh1928

|           |                                                                                                         |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NCh1037   | <i>Hormigón - Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas.</i>                               |
| NCh1172   | <i>Hormigón - Refrentado de probetas.</i>                                                               |
| NCh1208   | <i>Control de calidad - Inspección por variables - Tablas y procedimiento de muestreo.</i>              |
| NCh1498   | <i>Hormigón - Agua de amasado - Requisitos.</i>                                                         |
| NCh1517/1 | <i>Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 1: Determinación del límite líquido.</i>        |
| NCh1517/2 | <i>Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 2: Determinación del límite plástico.</i>       |
| NCh1517/3 | <i>Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 3: Determinación del límite de contracción.</i> |
| NCh1537   | <i>Cargas permanentes y sobrecargas de uso para diseño de edificios.</i>                                |
| NCh2256/1 | <i>Morteros - Parte 1: Requisitos generales.</i>                                                        |

b) Normas ASTM (American Society for Testing and Materials):

|                          |                                                                                               |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| C 90- 75 <sup>1)</sup>   | <i>Standard Specification for Hollow Load-Bearing Concrete Masonry Units.</i>                 |
| C 91 – 83 <sup>1)</sup>  | <i>Standard Specification for Masonry Cement.</i>                                             |
| C 110 - 84 <sup>1)</sup> | <i>Standard Test Methods for Physical Testing of Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone.</i> |

## 3 Terminología y simbología

### 3.1 Terminología

**3.1.1 albañilería:** material estructural que se obtiene con unidades de albañilería ordenadas en hiladas según un aparejo prefijado y unidas con mortero.

**3.1.2 albañilería armada:** albañilería que lleva incorporados refuerzos de barras de acero en los huecos verticales y en las juntas o huecos horizontales de las unidades, en conformidad con la presente norma.

**3.1.3 albañilería confinada:** albañilería que está enmarcada por pilares y cadenas de hormigón armado y que satisface la definición de NCh433.

**3.1.4 albañilería semi-armada:** albañilería que lleva incorporados refuerzos de barras de acero en los huecos verticales y/o en las juntas o huecos horizontales de las unidades, pero que no cumple los requisitos mínimos de refuerzo, (cantidad, separación, ubicación) de la presente norma.

**3.1.5 aparejo:** disposición en que se colocan las unidades de albañilería, según un ordenamiento prefijado.

**3.1.6 área neta de la unidad de albañilería:** resultante de dividir el volumen sólido por la dimensión de la unidad paralela a la dirección de los huecos. (No se usa para efectos de cálculo).

---

1) Mientras no exista una Norma Chilena Oficial.

**3.1.7 área bruta:** superficie total, incluyendo el área de las perforaciones y huecos verticales.

**3.1.8 área de contacto del elemento estructural:** área de la superficie efectiva de contacto, generalmente entre dos hiladas sucesivas, medida perpendicularmente al eje del elemento estructural. Normalmente, es la superficie ocupada por el mortero y el hormigón de relleno entre dos hiladas.

**3.1.9 armadura:** barras de acero estructural incluidas en el mortero o en el hormigón de relleno de la albañilería.

**3.1.10 cáscara:** pared exterior de la unidad de albañilería.

**3.1.11 escalerilla:** armadura de refuerzo, formada por dos o más barras o alambres de acero unidos entre sí con elementos de acero transversales y soldados a las barras longitudinales. La separación entre las uniones de los alambres de acero que forman la escalerilla, medida sobre una de las barras o alambres longitudinales, debe ser menor o igual a 40 cm.

**3.1.12 hilada:** conjunto de unidades de albañilería ubicadas en un mismo plano.

**3.1.13 hormigón de relleno (grout):** material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, arena, gravilla y agua.

**3.1.14 mortero:** material que resulta de mezclar cemento, arena y agua, o, cemento, cal, arena y agua.

**3.1.15 muro de albañilería armada de doble chapa:** albañilería armada formada por dos paños de albañilería (chapas) puestos paralelamente de manera de lograr un espacio continuo en su interior, donde se colocan las armaduras de refuerzo con hormigón de relleno. Las chapas se unen entre sí con anclajes metálicos o con unidades de albañilería. Las unidades de albañilería podrán tener un porcentaje de huecos, siempre que éste no supere el 25%.

**3.1.16 tabique:** pared interior de la unidad de albañilería.

**3.1.17 unidades de albañilería:** pieza simple empleada en la construcción de albañilería: ladrillo cerámico, bloque de hormigón u otro.

## 3.2 Simbología

$A_g$  : área bruta;

$A_v$  : área del refuerzo de corte contenido en la distancia  $s$ ;

$b$  : ancho de la sección rectangular o espesor del alma en secciones I, T, L o C;

## NCh1928

- $d$  : altura útil de una viga o columna, longitud de un muro;
- $E$  : módulo de elasticidad;
- $F_a$  : tensión admisible por compresión axial en muros o columnas de albañilería;
- $F_s$  : tensión admisible de la armadura;
- $f$  : resistencia a la compresión especificada para el material que corresponda;
- $f_m'$  : resistencia prismática de proyecto de la albañilería;
- $f_p$  : resistencia a la compresión de la unidad de albañilería;
- $f_y$  : tensión de fluencia de la armadura de refuerzo;
- $G$  : módulo de corte;
- $h$  : altura, longitud de pandeo, distancia libre;
- $k$  : constante de aceptabilidad;
- $kg$  : kilogramo masa;
- $kgf$  : kilogramo fuerza;
- $l$  : litro;
- $M$  : momento flector;
- $MPa$  : megapascal (para efectos de esta norma  $1 \text{ MPa} = 10 \text{ kgf/cm}^2$  como relación aproximada. La relación exacta es  $1 \text{ MPa} = 10,1972 \text{ kgf/cm}^2$ );
- $N$  : newton (unidad de fuerza equivalente a  $0,102 \text{ kgf}$ );
- $n$  : relación entre los módulos de elasticidad de la armadura y la albañilería;
- $P_a$  : pascal ( $\text{Pa} = \text{N/m}^2$ );
- $\rho_g$  : cuantía, razón entre el área de la armadura vertical y el área  $A_g$ ;
- $s$  : espaciamiento del refuerzo de corte en la dirección paralela al refuerzo longitudinal;

- $\sigma$  : desviación normal;
- $t$  : espesor de muro, menor dimensión de una columna;
- $V$  : esfuerzo de corte solicitante;
- $v$  : tensión por esfuerzo de corte.

## 4 Disposiciones de diseño

### 4.1 Generalidades

**4.1.1** El diseño de la albañilería armada considera que los materiales que la componen, (unidad de albañilería, mortero, hormigón y armadura), actúan como un todo para resistir las solicitaciones.

**4.1.2** Se considera que las disposiciones constructivas contenidas en esta norma garantizan lo establecido en 4.1.1.

**4.1.3** Podrán usarse materiales o métodos constructivos no contemplados en la presente norma, previa comprobación experimental certificada por un laboratorio oficial.

### 4.2 Cargas de diseño

**4.2.1** Todas las estructuras deben proyectarse para el total del peso propio y sobrecargas establecidas en NCh1537.

**4.2.2** A los esfuerzos provenientes del peso propio y sobrecargas deben agregarse los esfuerzos originados por las acciones eventuales (sismo, viento, nieve, impacto, etc.).

### 4.3 Tensiones de diseño

**4.3.1** En el diseño de estructuras de albañilería armada el valor de  $f_m'$ , definido en A.6.1, corresponde a la resistencia prismática de proyecto de la albañilería.

**4.3.2** Los planos de cálculo usados en la obra deben especificar el valor de  $f_m'$ , considerado en los cálculos de la albañilería armada.

**4.3.3** Las tensiones admisibles indicadas en la tabla 1 para la albañilería, pueden aumentarse en 33,3% para la combinación de la acción sísmica u otras solicitaciones eventuales con el peso propio y sobrecargas. La sección así determinada debe ser mayor o igual que la requerida por el diseño para el peso propio y sobrecargas.

#### **4.4 Ensayos de materiales y pruebas estructurales**

**4.4.1** Los ensayos deben hacerse de acuerdo a las normas chilenas oficiales vigentes, en lo que no contradiga las disposiciones de la presente norma.

**4.4.2** Los resultados de los ensayos deben estar a disposición de la Inspección durante la ejecución de los trabajos; el Contratista de la obra debe conservar un archivo de ellos por el plazo determinado en la legislación vigente.

**4.4.3** Cuando existan dudas respecto a la seguridad de la estructura, el Proyectista y/o Inspector podrá exigir los ensayos adicionales necesarios de los materiales, elementos estructurales y/o la estructura completa.

### **5 Criterios de diseño**

#### **5.1 Generalidades**

**5.1.1** La presente norma usa el método de diseño elástico, también llamado de tensiones admisibles, y acepta las siguientes hipótesis:

- a) la albañilería trabaja como un material homogéneo;
- b) las secciones planas permanecen planas al deformarse la pieza;
- c) los módulos de elasticidad de la albañilería y de la armadura permanecen constantes;
- d) la albañilería no resiste tensiones de tracción;
- e) la armadura está embebida y adherida a la albañilería.

**5.1.2** La determinación del módulo de elasticidad de la albañilería debe hacerse de acuerdo a lo indicado en el anexo A, párrafo A.6.2.

#### **5.2 Tensiones admisibles**

##### **5.2.1 Generalidades**

Las tensiones admisibles para las distintas solicitaciones se indican en la tabla 1.

El uso de armadura A63-42H sólo se permitirá cuando la construcción consulte inspección especializada y cuando la albañilería tenga una resistencia  $f_m'$  igual o superior a 13 MPa.

Las tensiones de diseño por esfuerzo de compresión axial o esfuerzo de corte deben referirse a la misma área que se usó para determinar  $f_m'$ . En elementos con unidades tipo rejilla o en el caso que se use hormigón de relleno en todos los huecos, se debe usar el área bruta del elemento. En elementos de albañilería construida con bloques de hormigón o unidades de cáscaras y tabiques sólidos, en las que no se llenan todos los huecos, las tensiones de diseño deben referirse al área de contacto del elemento; para ello el ancho  $b$  puede reemplazarse por un "ancho efectivo" que resulta de dividir el área de contacto por la longitud.

### 5.2.2 Tracción axial

Se supone que la albañilería no resiste tracción axial, por lo tanto, debe colocarse armadura para resistirla.

### 5.2.3 Compresión axial

#### 5.2.3.1 Compresión en muros

La tensión de compresión axial en muros no debe exceder:

$$\text{a) } F_a = 0,2 f_m' \left[ 1 - \left( \frac{h}{40t} \right)^3 \right], \text{ en construcciones con inspección especializada;}$$

$$\text{b) } F_a = 0,1 f_m' \left[ 1 - \left( \frac{h}{40t} \right)^3 \right], \text{ sin inspección especializada.}$$

en que:

$h$  = es el menor valor entre la longitud de pandeo vertical y la distancia libre entre soportes laterales; en caso que el muro tenga algún borde libre se debe usar la longitud de pandeo vertical.

**Tabla 1 - Tensiones admisibles y módulos de elasticidad en elementos de albañilería armada**  
(Valores expresados en MPa)

| Tipo de esfuerzo                                     | Con inspección especializada        | Sin inspección especializada  |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| <b>I. Albañilería</b>                                |                                     |                               |
| A. Tensiones admisibles                              |                                     |                               |
| 1) Compresión axial en muros                         | Ver 5.2.3.1                         | Ver 5.2.3.1                   |
| 2) Compresión axial en columnas                      | Ver 5.2.3.2                         | Ver 5.2.3.2                   |
| 3) Compresión-flexión                                | $0,33 f_m'$ pero $\leq 6,3$         | $0,166 f_m'$ pero $\leq 3,2$  |
| 4) Esfuerzo de corte <sup>1)</sup>                   |                                     |                               |
| a) Sin considerar armadura de corte                  |                                     |                               |
| - Elementos en flexión                               | $0,09 \sqrt{f_m'}$ pero $\leq 0,35$ | 0,175                         |
| - Muros                                              |                                     |                               |
| M/Vd $\geq 1$                                        | $0,06 \sqrt{f_m'}$ pero $\leq 0,19$ | 0,10                          |
| M/Vd = 0                                             | $0,13 \sqrt{f_m'}$ pero $\leq 0,28$ | 0,14                          |
| b) Con armadura diseñada para resistir todo el corte |                                     |                               |
| - Elementos en flexión                               | $0,25 \sqrt{f_m'}$ pero $\leq 1,05$ | 0,525                         |
| - Muros                                              |                                     |                               |
| M/Vd $\geq 1$                                        | $0,13 \sqrt{f_m'}$ pero $\leq 0,52$ | 0,26                          |
| M/Vd = 0                                             | $0,17 \sqrt{f_m'}$ pero $\leq 0,84$ | 0,42                          |
| 5) Aplastamiento                                     | $0,25 f_m'$ pero $\leq 6,3$         | $0,125 f_m'$ pero $\leq 3,15$ |
| B. Módulo de elasticidad                             | Ver A.6.2                           | Ver A.6.2                     |
| <b>II. Armadura</b>                                  |                                     |                               |
| A. Tensiones admisibles                              |                                     |                               |
| 1) Acero A44-28H                                     |                                     |                               |
| - Estático                                           | 140                                 | 140                           |
| - Sísmico                                            | 185                                 | 185                           |
| 2) Acero A63-42H                                     |                                     |                               |
| - Estático                                           | 170                                 | no usar                       |
| - Sísmico                                            | 220                                 | no usar                       |
| 3) Acero AT56-50 <sup>2)</sup>                       |                                     |                               |
| - Estático                                           | 170                                 | 170                           |
| - Sísmico                                            | 220                                 | 220                           |
| B. Módulo de elasticidad                             | $2,1 \times 10^5$                   | $2,1 \times 10^5$             |

## NOTAS

1) El valor de  $f_m'$  debe expresarse en MPa.

2) El acero AT 56-50 sólo debe usarse en armadura de refuerzo soldada (ver 6.1.7).

### 5.2.3.2 Compresión en columnas

La tensión de compresión axial en columnas no debe exceder:

a)

$$F_a = (0,18 f_m' + 0,65 \rho_g F_s) \left[ 1 - \left( \frac{h}{40t} \right)^3 \right]; \quad \text{en construcciones con inspección especializada;}$$

b)

$$F_a = \frac{1}{2} (0,18 f_m' + 0,65 \rho_g F_s) \left[ 1 - \left( \frac{h}{40t} \right)^3 \right]; \quad \text{sin inspección especializada.}$$

en que:

$h$  = longitud de pandeo de la columna.

### 5.2.4 Flexión

El cálculo de elementos sometidos a flexión debe hacerse con los supuestos indicados en 5.1. Para la albañilería en que no se llenan todos los huecos debe considerarse la posible existencia de huecos sin llenar en la zona comprimida. En caso que esta zona incluya huecos sin hormigón de relleno, debe usarse el área comprimida efectiva y el menor valor de  $f_m'$  que se obtenga para los prismas con y sin hormigón de relleno.

Para los efectos de solicitaciones perpendiculares al plano del muro, se debe considerar un ancho de muro por barra de refuerzo igual a la distancia entre armaduras. Para el caso en que no se llenen todos los huecos, se debe considerar la sección equivalente indicada por la zona achurada de la figura 1.

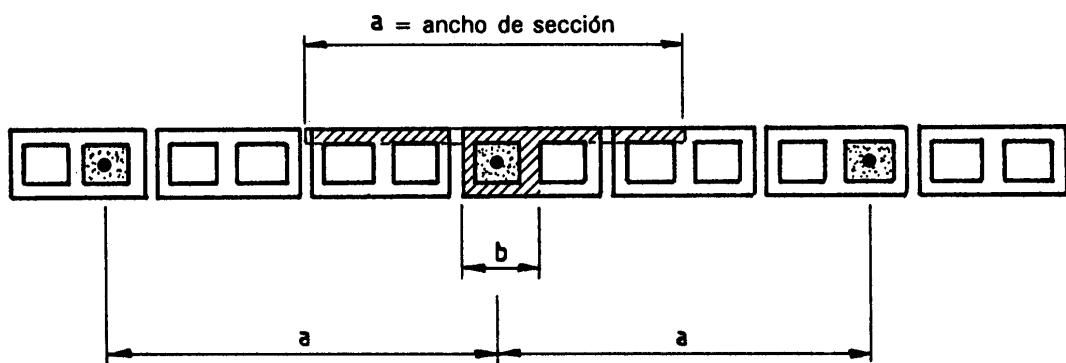


Figura 1

### 5.2.5 Esfuerzo de corte

La tensión de corte solicitante se determina de:

$$v = \frac{V}{b \cdot d}$$

Cuando la tensión de corte calculada con la fórmula anterior excede las tensiones admisibles para la albañilería sin considerar armadura de corte (tabla 1), la armadura de corte debe diseñarse para absorber el 100% del esfuerzo de corte.

La armadura de corte perpendicular a la armadura longitudinal del elemento debe determinarse de:

$$A_v = \frac{1,1 \cdot V \cdot s}{F_s \cdot d}$$

Cuando se use armadura de corte, el espaciamiento se debe elegir de modo que cada línea a 45°, (representando una grieta potencial), trazada desde la mitad de la altura del elemento a la armadura longitudinal de tracción, sea atravesada al menos por una barra de la armadura de corte.

En caso que  $M/Vd$  esté comprendido entre 0 y 1, la tensión admisible por esfuerzo de corte en muros se determina de la línea recta que une los valores obtenidos de la tabla 1 para  $M/Vd = 0$  y  $M/Vd = 1$ .

### 5.2.6 Flexo-compresión

Los elementos sometidos a solicitaciones combinadas de flexión y esfuerzo axial deben dimensionarse para la acción conjunta y simultánea de ambos efectos, de modo que se satisfagan las siguientes condiciones:

- a) La fibra extrema en compresión de la albañilería no debe exceder el valor admisible dispuesto en la tabla 1 para compresión-flexión;
- b) la carga axial admisible debe limitarse de acuerdo a lo especificado en 5.2.3.1 para muros, y en 5.2.3.2 para columnas.

## 5.3 Solicitación sísmica

**5.3.1** El diseño para el esfuerzo de corte de los muros que resisten la acción sísmica debe satisfacer lo estipulado en 5.3.1.1 y 5.3.1.2.

**5.3.1.1 Albañilería de ladrillos cerámicas tipo rejilla con y sin relleno de huecos, y albañilería de bloques de hormigón o unidades de geometría similar en que no se llenan todos los huecos:**

- a) Las tensiones por esfuerzo de corte calculadas con las fuerzas sísmicas establecidas en la norma NCh433, no deben exceder los valores establecidos en la tabla 1 para la albañilería sin considerar la armadura de corte, modificadas por lo indicado en 4.3.3 y en 6.4.2.
- b) La armadura de corte debe diseñarse para tomar el 80% del esfuerzo de corte originado por las fuerzas sísmicas establecidas en la norma NCh433. Ella debe cumplir con la armadura mínima establecida en 6.4.3.

**5.3.1.2 Albañilería de bloques de hormigón o unidades de geometría similar en la que se llenan todos los huecos, y albañilería de muros de doble chapa:**

- a) La componente del esfuerzo de corte basal en la dirección de la acción sísmica no necesita ser mayor que  $0,48 A_0/g$ . En caso que dicha componente sea mayor que la cantidad anterior, los desplazamientos y rotaciones de los diafragmas horizontales y las solicitaciones de los elementos estructurales pueden multiplicarse por un factor de manera que dicho esfuerzo de corte no sobrepase el valor  $0,48 A_0/g$ .
- b) Las tensiones por esfuerzo de corte deben calcularse con las solicitaciones sísmicas establecidas en la norma NCh433, modificadas por la disposición anterior. Si dicha tensión no excede el valor admisible para la albañilería sin considerar armadura de corte (tabla 1; 4.3.3 y 6.4.2) debe usarse la armadura mínima establecida en 6.4.3; en caso contrario, la armadura de corte debe diseñarse para absorber el 100% del esfuerzo de corte del elemento.

**5.3.2** El diseño a flexo-compresión de los muros debe hacerse con el 50% de las solicitaciones sísmicas establecidas en la norma NCh433.

**5.3.3** El momento volcante sísmico para el diseño de las fundaciones debe calcularse con el 70% de las solicitaciones sísmicas establecidas en la norma NCh433.

**5.3.4** El cálculo de las deformaciones para satisfacer las limitaciones estipuladas en 5.9 de la norma NCh433, debe hacerse con las solicitaciones sísmicas especificadas en dicha norma, sin ningún tipo de reducción.

## **6 Limitaciones de diseño**

### **6.1 Disposiciones generales sobre armaduras de refuerzo**

**6.1.1** El diámetro del refuerzo vertical debe ser menor o igual a la mitad de la menor dimensión del hueco<sup>2)</sup> donde se ubica.

**6.1.2** El diámetro de la armadura colocada en el mortero de junta entre hiladas debe ser menor o igual a la mitad del espesor de la junta.

#### **6.1.3 Espaciamiento entre armaduras**

El espaciamiento entre barras paralelas ubicadas en un mismo hueco, no debe ser menor que el diámetro de las barras, ni menor que 2,5 cm cuando las barras son verticales.

#### **6.1.4 Recubrimiento de armaduras**

Todas las barras deben estar embebidas en hormigón de relleno o en mortero de junta. Las barras ubicadas en los huecos de las unidades deben tener un recubrimiento mayor o igual a 1 cm, con respecto a la pared interior del tabique o cáscara. Además, en elementos sin protección a la intemperie o en contacto con tierra, debe usarse un recubrimiento mínimo de 5 cm con respecto a la cara exterior del elemento. Sin perjuicio de lo anterior, en ambientes agresivos deben tomarse medidas para garantizar la protección de las armaduras.

#### **6.1.5 Empalmes de armaduras**

Los planos de diseño deben indicar la ubicación, tipo y longitud de los empalmes de armadura.

En huecos con dimensión mínima menor que seis veces el diámetro de la barra de mayor diámetro, sólo se aceptan empalmes soldados o mecánicos o empalmes por traslapo desarrollados en la cadena o viga de hormigón armado ubicada a nivel de cada piso.

Los empalmes soldados o mecánicos deben ser capaces de desarrollar el 100% de la capacidad de fluencia de la armadura.

Para empalmes de barras por traslapo, su longitud debe determinarse a partir de datos experimentales; en caso que no se disponga de ellos, la longitud de traslapo debe ser mayor o igual a 40 veces el menor diámetro de las barras.

#### **6.1.6 Anclaje de armaduras**

Para las longitudes de anclaje de las armaduras, deben usarse los valores especificados en la norma de hormigón armado.

---

2) Los requisitos de las dimensiones del hueco se indican en A.2.2.

### 6.1.7 Armadura de refuerzo soldada

Sólo se permite el uso de armadura de refuerzo soldada (ver A.5) en la armadura horizontal de muros, en estribos, como armadura de retracción y temperatura, como armadura de repartición y en elementos que no tienen responsabilidad sísmica. En estos casos el diámetro mínimo debe ser 8 mm para la armadura longitudinal del elemento estructural y 4 mm para la armadura transversal.

**6.1.8** Las cuantías mínimas especificadas en 6.3.4.1 y 6.4.3.2 deben cumplir independientemente de la calidad del acero de la armadura de refuerzo.

## 6.2 Vigas

### 6.2.1 Definición

Viga de albañilería armada es el elemento construido con unidades de albañilería que permitan la formación de ductos donde se ubiquen las armaduras longitudinales y los estribos. Todos los ductos deben llenarse con hormigón de relleno de modo de formar un elemento continuo y monolítico. No se acepta la colocación de estribos embebidos en el mortero de junta entre hiladas.

El diseño de las vigas debe satisfacer las disposiciones que se indican en 6.2.2; 6.2.3 y 6.2.4.

### 6.2.2 Distancia entre apoyos laterales

La distancia entre apoyos laterales de la zona comprimida de una viga debe ser inferior a 32 veces su ancho.

### 6.2.3 Detalles de la armadura de refuerzo

**6.2.3.1** El área de la armadura longitudinal de tracción debe ser mayor o igual a  $0,25 A_g / f_y$ , donde  $f_y$  debe expresarse en MPa.

**6.2.3.2** El diámetro mínimo de la armadura longitudinal debe ser 10 mm.

**6.2.3.3** El área mínima de armadura transversal debe determinarse de:

$$A_v = 0,05 \sqrt{f_m} \frac{b \cdot s}{F_s}$$

donde:  $f_m$ , y  $F_s$ , deben expresarse en MPa.

**6.2.3.4** El diámetro mínimo de la armadura transversal debe ser 6 mm. El espaciamiento de los estribos debe ser inferior a la altura útil de la viga, a 16 veces el diámetro de las barras de compresión requeridas por el diseño, y a 48 veces el diámetro de los estribos.

### **6.2.3.5 Anclajes**

**6.2.3.5.1** La tracción o compresión en la armadura, en cualquier sección, debe desarrollarse a cada lado de la sección por un adecuado anclaje.

**6.2.3.5.2** En vigas simplemente apoyadas o en los extremos libremente apoyados de vigas continuas, por lo menos  $1/3$  del área de la armadura inferior debe extenderse dentro del apoyo en una longitud no inferior a 12 veces el diámetro de la barra.

**6.2.3.5.3** El 25% del refuerzo inferior de vigas continuas debe extenderse dentro de los apoyos intermedios en una longitud no inferior a 12 veces el diámetro de la barra.

**6.2.3.5.4** La armadura de tracción de una viga debe prolongarse, más allá de los puntos donde no se requiere para resistir esfuerzos, una distancia no inferior a la altura útil de la viga ni a 12 veces el diámetro de la barra.

**6.2.3.5.5** Sin perjuicio de lo estipulado en 6.2.3.5.4, el 33% de la armadura de tracción superior debe extenderse más allá del punto de inflexión una distancia no inferior a la altura útil de la viga, a 12 veces el diámetro de la barra, ni a  $1/16$  de la luz libre.

**6.2.3.5.6** Las barras que forman estribos deben doblarse alrededor de la armadura longitudinal. Los extremos de los estribos deben tener un doblar no inferior a  $135^\circ$  con un radio no menor que tres veces el diámetro, y una extensión de seis veces el diámetro en el extremo libre pero no menor que 5 cm.

### **6.2.4 Deformaciones máximas**

Las vigas de albañilería armada deben diseñarse con una rigidez que evite deformaciones que puedan afectar el uso de la estructura. Las vigas y dinteles deben diseñarse para una flecha instantánea máxima de  $1/360$  de su luz para la acción de la sobrecarga de servicio y el peso propio; y una flecha instantánea máxima de  $1/600$  de su luz para la acción del peso propio.

## **6.3 Columnas**

### **6.3.1 Definición**

Todo elemento vertical aislado que soporte principalmente cargas axiales, en que la razón entre la mayor y la menor dimensión de la sección transversal sea inferior a 3, debe diseñarse como columna.

### **6.3.2 Dimensiones límites**

La menor dimensión de una columna de albañilería armada no debe ser inferior a 29 cm. Esta dimensión puede reducirse hasta 19 cm si la columna se dimensiona para la mitad de las tensiones admisibles.

### **6.3.3 Longitud de pandeo**

**6.3.3.1** La longitud de pandeo de columnas de albañilería armada debe ser menor o igual a 20 veces su menor dimensión.

**6.3.3.2** La longitud de pandeo debe considerar las restricciones de giro y desplazamiento en sus extremos.

### **6.3.4 Armadura de refuerzo**

**6.3.4.1** La cuantía de armadura de columnas de albañilería armada no debe ser menor que un 0,4% ni mayor que un 4%, referida al área bruta de la sección.

**6.3.4.2** El diámetro mínimo de las barras verticales debe ser 10 mm.

**6.3.4.3** El número mínimo de barras verticales en columnas debe ser cuatro.

**6.3.4.4** Los estribos de columnas deben tener un diámetro mínimo de 6 mm y deben distanciarse no más de 16 veces el diámetro de las barras verticales, ni 48 veces el diámetro de los estribos, o la menor dimensión de la sección de la columna.

## **6.4 Muros**

### **6.4.1 Dimensiones límite**

**6.4.1.1** Los muros resistentes de albañilería armada deben tener un espesor mayor o igual a  $1/25$  del menor valor entre la altura libre y el ancho libre del muro. En todo caso, el espesor no debe ser menor que 14 cm.

La altura libre a considerar para un muro sin restricción al desplazamiento y al giro en su extremo superior, debe ser igual al doble de su altura real.

**6.4.1.2** En muros de doble chapa el espesor del núcleo central ejecutado en hormigón de relleno no debe ser menor que 7,5 cm ni menor que el requerido para la colocación de las armaduras de acuerdo a lo establecido por la norma chilena de hormigón armado.

### **6.4.2 Tensiones admisibles**

No se permite el aumento de tensiones admisibles indicado en 4.3.3 en aquellos muros que en cualquier piso tomen un 45% o más de la sollicitación total del piso.

### **6.4.3 Detalle de la armadura de refuerzo**

**6.4.3.1** La armadura de los muros debe diseñarse para las acciones contenidas en su plano y para aquellas perpendiculares a su plano.

**6.4.3.2** El área de la armadura de muros, tanto en dirección vertical como horizontal, debe ser mayor o igual a un 0,06% de la sección bruta medida perpendicularmente a la dirección de la armadura. La suma de los porcentajes de armadura vertical y horizontal debe ser mayor o igual a 0,15%. Sólo las armaduras que se extienden a lo largo de todo el ancho y la altura del muro, se consideran en el cálculo del área mínima de armadura. El cálculo del área mínima debe efectuarse multiplicando el porcentaje indicado por el área definida por el espesor del elemento y el espaciamiento entre las barras.

**6.4.3.3** El diámetro mínimo de la armadura vertical debe ser 8 mm.

**6.4.3.4** La máxima separación de la armadura vertical u horizontal no debe ser mayor que seis veces el espesor del muro, ni mayor que 120 cm.

**6.4.3.5** La armadura vertical mínima en los bordes y en los encuentros de muros debe ser igual a una barra de 12 mm de diámetro.

**6.4.3.6** Se deben colocar armaduras horizontales en la parte superior de los cimientos, en la base y parte superior de los vanos, a nivel de los pisos y techos y en el coronamiento de los parapetos. Alrededor de los vanos deben colocarse barras verticales de diámetro mayor o igual a 10 mm. Las barras alrededor de vanos deben prolongarse un mínimo de 60 cm más allá de las esquinas del vano.

**6.4.3.7** Sin perjuicio de lo indicado en 6.1.4, el recubrimiento mínimo de mortero para la armadura de junta y escalerillas debe ser 16 mm en muros expuestos a la intemperie, y 12 mm en muros no expuestos a la intemperie.

**6.4.3.8** Las armaduras verticales deben fijarse en su posición en los extremos superior e inferior de la barra y en puntos intermedios a distancias menores o iguales a 200 veces el diámetro de la barra, con un máximo de 3 m.

#### **6.4.4 Encuentro de muros. Ancho de ala colaborante**

Cuando se produzcan encuentros de muros debe verificarse la tensión de corte en el encuentro.

En la distribución del esfuerzo de corte en planta debe usarse la sección completa del muro, considerando las alas colaborantes. Para secciones I o T, el ala colaborante no debe exceder 1/6 de la altura del muro sobre la sección analizada ni 13 veces el espesor del ala. Para secciones L o C, el ala colaborante no debe exceder 1/16 de la altura del muro sobre la sección analizada ni 7 veces el espesor del ala. Estos anchos de ala colaborante incluyen el espesor del alma del elemento.

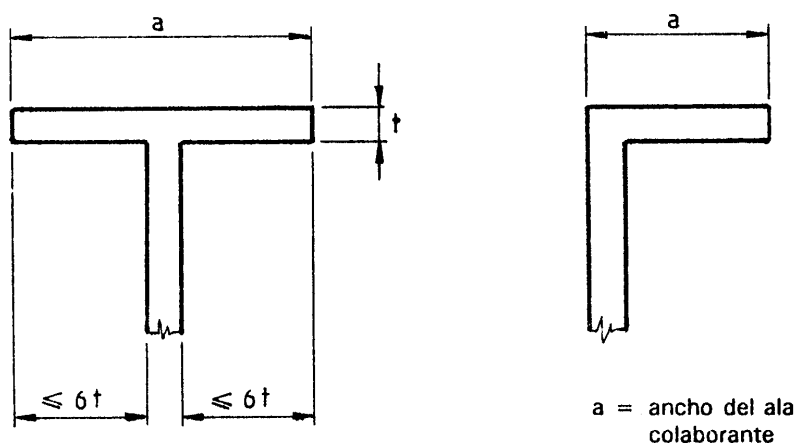


Figura 2

#### 6.4.5 Cargas concentradas

Se debe verificar que en la sección de contacto la tensión de aplastamiento no exceda el valor admisible.

### 7 Requisitos constructivos

#### 7.1 Disposiciones sobre el llenado de los huecos

Todos los huecos que llevan armadura de refuerzo deben llenarse con hormigón de relleno. También deben llenarse todos los huecos de las unidades si así lo especifica el proyectista de la obra.

El llenado de los huecos debe hacerse considerando las siguientes medidas:

- a) Las unidades deben colocarse apoyadas sobre una capa de mortero extendida sobre la parte sólida de la sección; podrán eximirse de esta exigencia los tabiques conectores de los bloques de hormigón o de las unidades de cáscaras y tabiques sólidos, en el caso en que ellos no limiten un hueco con armadura vertical.

b) Las alturas máximas de llenado deben cumplir con:

| Menor dimensión del hueco de las unidades en cm | Altura máxima del muro a llenar en cm |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 5                                               | 30                                    |
| 8                                               | 120                                   |
| igual o mayor que 12                            | 240                                   |

Interpolarse linealmente entre los valores indicados

Para alturas de llenado superiores a 120 cm, deben usarse ventanas de inspección y limpieza en la base de los huecos a llenar. Para unidades con dimensión mínima de hueco superior a 12 cm, la altura de llenado podrá incrementarse hasta 480 cm bajo la supervisión de la Inspección Técnica de la obra.

## **Anexo A**

(Normativo)

### **Materiales**

#### **A.1 Generalidades**

**A.1.1** Los materiales componentes deben cumplir con los requisitos de calidad especificados por las normas chilenas vigentes para cada material, en lo que no contradiga las disposiciones de la presente norma.

**A.1.2** Los materiales se deben almacenar protegiéndolos de manera de impedir su degradación.

**A.1.3** No se deben emplear unidades de segundo uso en la construcción de albañilería armada.

#### **A.2 Unidades de albañilería**

**A.2.1** Las unidades de ladrillo cerámico usadas en los elementos estructurales de albañilería armada deben satisfacer los requisitos de los grados 1 y 2 clases *MqM* y *MqP*, especificados en NCh169. Adicionalmente, se limita a un 2% como máximo, en el paño, el porcentaje de unidades con fisuras superficiales.

Las unidades de bloques de hormigón usadas en elementos estructurales de albañilería armada deben satisfacer los requisitos de la clase A especificados en NCh181, en lo que no contradiga las disposiciones de la presente norma.

##### **A.2.2 Requisitos geométricos**

Las unidades de albañilería deben cumplir, para el caso de ladrillos cerámicos, lo establecido en NCh169.

Los bloques de hormigón deben cumplir, en cuanto a sus requisitos geométricos, con los espesores mínimos siguientes:

a) **cáscaras simples:**

- 25 mm en unidades de 15 cm de ancho nominal;
- 32 mm en unidades de 20 cm de ancho nominal;
- 38 mm en unidades de 30 cm de ancho nominal.

b) **tabiques:**

- 25 mm en unidades de 15 cm y de 20 cm de ancho nominal;
- 29 mm en unidades de 30 cm de ancho nominal.

En adición a lo anterior, la suma de los espesores de los tabiques conectores entre cáscaras debe ser mayor o igual a 185 mm por metro lineal de muro o elemento estructural.

### **A.2.3 Requisito de absorción de agua para los bloques de hormigón**

La absorción de agua de bloques de hormigón debe cumplir con lo especificado en Tabla A.1.

**Tabla A.1 - Requisitos de absorción máxima  
para los bloques de hormigón**

| <b>Densidad del bloque de hormigón,<br/>kg/m<sup>3</sup></b> | <b>Absorción máxima,<br/>l/m<sup>3</sup></b> |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| menor que 1 700                                              | 290                                          |
| entre 1 700 y 2 000                                          | 240                                          |
| mayor que 2 000                                              | 210                                          |

### **A.2.4 Contenido de humedad de los bloques de hormigón**

El contenido de humedad de los bloques de hormigón en el instante de recepción en el sitio de la construcción, debe ser menor o igual al 40% de la absorción máxima medida en el ensayo correspondiente (valor promedio de tres probetas). En caso que se requiera el uso de bloques de hormigón con humedad controlada para satisfacer diferentes condiciones de retracción lineal, se podrán usar las disposiciones de la última versión de ASTM C 90.

### **A.2.5 Resistencia a la compresión de unidades**

La determinación de la resistencia a compresión de unidades se debe efectuar usando probetas compuestas por una unidad de albañilería cada una. Para los efectos de las exigencias y relaciones establecidas en esta norma, el ensayo de referencia para los ladrillos cerámicos es el indicado en NCh167, y para los bloques de hormigón es aquel que usa una pasta de azufre para refrentar las caras de las probetas, según lo especificado en NCh1172.

El valor mínimo de la resistencia característica a compresión de las unidades, medida sobre el área bruta, debe ser:

- a) 11,0 MPa para las unidades de ladrillo cerámico; y
- b) 5,0 MPa para las unidades de bloques de hormigón.

El cálculo de la resistencia característica a compresión de las unidades de albañilería se debe realizar considerando un 4% de fracción defectuosa. La evaluación estadística de este requisito se debe efectuar de acuerdo a los criterios establecidos en NCh1208.

### **A.3 Mortero**

El mortero debe cumplir con lo establecido en NCh2256/1, en lo que no contradiga las disposiciones de la presente norma.

#### **A.3.1 Requisitos para los materiales componentes**

##### **A.3.1.1 Arena**

**A.3.1.1.1** Debe cumplir con lo establecido en NCh163, y con la granulometría indicada en Tabla 4 de NCh2256/1 para el tamaño máximo 2,5 mm.

**A.3.1.1.2** En el caso que una arena no cumpla con los límites granulométricos especificados en esta tabla, se puede hacer uso de ella en un mortero si se demuestra en ensayos previos que éste cumple con los requisitos de resistencia a la compresión y retención de agua establecidos en la presente norma.

##### **A.3.1.2 Cemento**

El cemento debe cumplir con lo establecido en NCh148.

##### **A.3.1.3 Cal**

Para los efectos de esta norma sólo se acepta el uso de cales aéreas hidratadas e hidráulicas hidratadas, que cumplan los requisitos siguientes:

###### **a) Composición química**

Esta composición debe cumplir con lo indicado en Tabla A.2. Los porcentajes de los sólidos están referidos a la masa del producto exento de materias volátiles. El ensayo para determinar esta composición se debe hacer de acuerdo a lo especificado en NCh147.

Tabla A.2 - Composición química de las cales hidratadas (%)

| Componentes                                                              | Cal aérea | Cal hidráulica |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------|
| 1) $\text{CaO} + \text{MgO}$ , mín.                                      | 80        | 30             |
| 2) $\text{MgO}$ , máx.                                                   | 5         | -              |
| 3) $\text{SiO}_2$ , mín.                                                 | -         | 12             |
| 4) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$ , mín. | -         | 15             |
| 5) $\text{CO}_2$ (det. en fábrica), máx.                                 | 5         | 8              |
| (det. en obra), máx.                                                     | 7         | -              |
| 6) Residuos insolubles, máx.                                             | 5         | -              |

## b) Propiedades físicas

Las cales deben cumplir con los requisitos establecidos en Tabla A.3 de acuerdo a los ensayos especificados en las normas que se indican en la última columna de esta tabla.

Tabla A.3 - Propiedades físicas de las cales hidratadas

| Características                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Cal aérea | Cal hidráulica | Norma de ensayo      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------|----------------------|
| 1) Finura                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |                |                      |
| Tamiz 0,630 mm, %, máx.                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,5       | 0,5            | NCh150 <sup>1)</sup> |
| Tamiz 0,160 mm, %, máx.                                                                                                                                                                                                                                                                         | -         | 5,0            |                      |
| Tamiz 0,080 mm, %, máx.                                                                                                                                                                                                                                                                         | 10,0      | 15,0           |                      |
| 2) Superficie específica                                                                                                                                                                                                                                                                        |           |                |                      |
| Blaine, $\text{cm}^2/\text{g}$ , mín.                                                                                                                                                                                                                                                           | 14 000    | -              | NCh159               |
| 3) Índice de plasticidad, %, mín.                                                                                                                                                                                                                                                               | 12        | -              | NCh1517              |
| 4) Tiempo de fraguado                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |                | NCh152               |
| Tiempo inicio, h, mín.                                                                                                                                                                                                                                                                          | -         | 2              |                      |
| Tiempo final, h, máx.                                                                                                                                                                                                                                                                           | -         | 48             |                      |
| 5) Retentividad de agua, %, mín.                                                                                                                                                                                                                                                                | 85        | 75             | <sup>2)</sup>        |
| 6) Resistencia de la compresión 28 días, MPa, mín.                                                                                                                                                                                                                                              | -         | 2              | NCh158               |
| 7) Resistencia a la flexotracción 28 días, MPa, mín.                                                                                                                                                                                                                                            | -         | 0,8            | NCh158               |
| 1) El tamizado se debe realizar por el procedimiento húmedo establecido en ASTM C 110.                                                                                                                                                                                                          |           |                |                      |
| 2) Mientras no exista norma chilena, el ensayo se debe realizar según ASTM C 91, usando la arena normal especificada en NCh158.                                                                                                                                                                 |           |                |                      |
| NOTA - En el caso que una cal no cumpla con algunos de los requisitos especificados en esta tabla, se puede hacer uso de ella en un mortero si se demuestra en ensayos previos que este mortero cumple con los requisitos de resistencia y retención de agua establecidos en la presente norma. |           |                |                      |

#### **A.3.1.4 Agua**

El agua debe cumplir con lo establecido en NCh1498.

#### **A.3.1.5 Aditivos**

Se puede usar solamente aditivos expresamente recomendados en las especificaciones y previamente verificados, bajo la supervisión y autorización de la Inspección Técnica de la Obra.

### **A.3.2 Requisitos para el mortero**

#### **A.3.2.1 Resistencia a la compresión**

La determinación de la resistencia a la compresión del mortero se debe efectuar a los 28 días de edad, de acuerdo a lo especificado en NCh158. El valor mínimo de la resistencia característica a la compresión debe ser 10 MPa. El cálculo de la resistencia característica a la compresión del mortero se debe realizar considerando un 4% de fracción defectuosa. La evaluación estadística de este requisito se debe efectuar de acuerdo a los criterios establecidos en NCh1208, y su cumplimiento se debe ceñir a lo estipulado en D.2.

#### **A.3.2.2 Retención de agua**

La determinación de la retentividad del mortero se debe efectuar de acuerdo a lo especificado en ASTM C 91. El mortero debe tener una retención de agua, después de la succión establecida en dicha norma, mayor o igual a 70%.

#### **A.3.2.3 Dosificación impuesta**

Se acepta que el mortero no se someta a ensayos para satisfacer los requisitos estipulados en A.3.2.1 y A.3.2.2, cuando su dosificación en peso sea 1: 0,22: 4 (cemento: cal: arena) y use una cantidad de agua tal que el asentamiento medido según NCh1019 sea menor o igual a 18 cm, ciñéndose en cuanto a la calidad de los materiales, a los requisitos establecidos en NCh2256/1. El uso de cal se debe limitar a cales aéreas que cumplen con las propiedades indicadas en Tablas A.2 y A.3.

## A.4 Hormigón de relleno

**A.4.1** Los áridos que se utilicen en el hormigón de relleno deben cumplir con los requisitos establecidos en NCh163.

**A.4.2** La granulometría de los áridos debe cumplir con los límites establecidos en Tabla A.4, según NCh163.

**Tabla A.4 - Composición granulométrica de los áridos para el hormigón de relleno**

| Tamaño del tamiz,<br>mm | Porcentaje que pasa en peso, % |          |
|-------------------------|--------------------------------|----------|
|                         | Arena                          | Gravilla |
| 12,5                    | -                              | 100      |
| 10,0                    | 100                            | 90 a 100 |
| 5,0                     | 95 a 100                       | 10 a 30  |
| 2,5                     | 80 a 100                       | 0 a 10   |
| 1,25                    | 50 a 85                        | 0 a 5    |
| 0,630                   | 25 a 60                        | -        |
| 0,315                   | 10 a 30                        | -        |
| 0,160                   | 2 a 10                         | -        |

NOTA - En el caso que un árido no cumpla con los límites granulométricos especificados en esta tabla, se puede hacer uso de él en un hormigón de relleno si se demuestra en ensayos previos que éste cumple con los requisitos de resistencia a la compresión y fluidez establecidos en la presente norma. No obstante lo anterior, se deben respetar los tamaños máximos de los áridos indicados en esta tabla.

**A.4.3** En caso que se use cal en la dosificación, su peso no debe superar el 5% del peso del cemento.

**A.4.4** El cemento, la cal, el agua y los aditivos que se usen en la confección del hormigón de relleno deben cumplir con los requisitos indicados en A.3.1.2, A.3.1.3, A.3.1.4 y A.3.1.5, respectivamente.

### A.4.5 Resistencia a la compresión

La determinación de la resistencia a la compresión del hormigón de relleno se debe efectuar a los 28 días de edad, de acuerdo a lo especificado en NCh1037 usando la probeta cúbica de 20 cm de arista. El valor mínimo de la resistencia característica a la compresión debe ser 17,5 MPa, aceptándose una fracción defectuosa máxima de 4%. La evaluación estadística de este requisito se debe efectuar de acuerdo a los criterios establecidos en NCh1208, y su cumplimiento se debe ceñir a lo estipulado en D.2.

#### A.4.6 Fluidez

La cantidad de agua que se use en la confección del hormigón de relleno debe ser tal que el asentamiento medido según NCh1019 sea mayor o igual a 18 cm. Se deben tomar las medidas necesarias para garantizar un llenado total de los huecos.

#### A.5 Armadura de refuerzo

Las armaduras deben cumplir con las exigencias vigentes para barras de acero para hormigón armado (ver NCh204). Sólo se permiten barras lisas en estribos, en armaduras horizontales de muros, cuando sus extremos consideren ganchos de 180° en torno a la armadura vertical, y en escalerillas. Salvo lo estipulado en la presente norma, la armadura soldada debe cumplir con las exigencias de NCh218 y NCh219.

#### A.6 Albañilería

##### A.6.1 Resistencia prismática de proyecto

La resistencia prismática de proyecto de albañilería,  $f_m'$ , se debe especificar a la edad de 28 días o a una edad menor, si se espera que la albañilería pueda recibir antes la totalidad de las cargas. Esta se debe determinar con alguno de los procedimientos indicados en A. 6. 1.1 y A. 6.1.2.

##### A.6.1.1 A partir de ensayos de prismas de albañilería

Se deben ensayar cinco probetas; la resistencia prismática de proyecto,  $f_m'$ , queda definida por el siguiente valor:

$$a) \quad f_m' = \bar{X} - 0,431 (X_5 - X_1)$$

en que:

$\bar{X}$  = resistencia promedio a la compresión de los cinco prismas ensayados;

$X_5, X_1$  = corresponden al mayor y al menor valor de resistencia a la compresión obtenidos de los ensayos.

**A.6.1.2 A partir de la resistencia a compresión de las unidades de albañilería**

Cuando la resistencia prismática de proyecto de la albañilería no ha sido determinada por medio de ensayos de prismas, y tanto las unidades de albañilería como el mortero cumplen con los requisitos especificados en este anexo, la resistencia prismática de proyecto de la albañilería se puede determinar a partir del valor mínimo de la resistencia a compresión de la unidad (ver A.2.5), en la forma siguiente:

- a)  $f_m' = 0,25 f_p$ , pero no mayor que 6,0 MPa, para albañilería de ladrillos cerámicos;
- b)  $f_m' = 0,30 f_p$ , pero no mayor que 4,5 MPa, para albañilería de bloques de hormigón sin hormigón de relleno.

En estas expresiones, tanto  $f_m'$  como  $f_p$  están referidas al área bruta del prisma y de la unidad de albañilería, respectivamente.

Estas expresiones son válidas para albañilería con espesores de junta comprendidos entre 10 y 15 mm. Para valores fuera de este intervalo, el valor de la resistencia prismática de proyecto se debe determinar de acuerdo al procedimiento indicado en A.6.1.1.

**A.6.1.3** El ensayo a compresión de prismas de albañilería se debe hacer de acuerdo a lo estipulado en Anexo B.

**A.6.2 Módulo de elasticidad**

Para los efectos de esta norma, el módulo de elasticidad de la albañilería se determina a partir de la resistencia prismática de proyecto, en la forma siguiente:

- a) para efectos de calcular propiedades dinámicas y distribución de carga sísmica:

$$E = 1\,000 f_m'$$

- b) para efectos de diseño elástico de elementos de albañilería armada:

$$E = 700 f_m', \text{ para albañilería de ladrillos cerámicos, y de bloques de hormigón sin hormigón de relleno;}$$

$$E = 800 f_m', \text{ para albañilería de bloques de hormigón con hormigón de relleno.}$$

En estas expresiones, el valor de  $f_m'$  está referido al área bruta de la albañilería. Cuando se requiera usar el módulo de elasticidad referido al área de contacto, se debe usar  $E = 700 f_m'$  con la corrección correspondiente en el valor de  $f_m'$ .

### **A.6.3 Módulo de corte**

Para los efectos de esta norma, el módulo de corte se determina de:

$$G = 0,3 E$$

**Anexo B**  
(Normativo)

**Confección y ensayo de prismas de albañilería**

**B.1 Alcance y campo de aplicación**

Este anexo establece el método para la confección de prismas de albañilería y para efectuar el ensayo de compresión.

**B.2 Aparatos**

**B.2.1 Prensa de ensayo**

**B.2.1.1** Debe tener la rigidez suficiente para transmitir los esfuerzos del ensayo sin alterar las condiciones de distribución y dirección de la carga.

**B.2.1.2** Debe tener un sistema de rótula que permita hacer coincidir la resultante de la carga aplicada con el eje del prisma.

**B.2.1.3** Las superficies de aplicación de la carga deben ser lisas y planas; no se aceptan desviaciones con respecto al plano mayores que 0,015 mm en 100 mm, medidos en cualquier dirección.

**B.2.1.4** Las dimensiones de las aristas de las placas de carga deben ser mayores o iguales a las aristas del prisma.

NOTA - En caso de usar placas suplementarias para aumentar la dimensión de las placas de carga de la prensa, éstas deben tener superficies rectificadas de acuerdo con B.2.1.3, espesor mayor o igual a 50 mm y dureza mayor o igual a la de las placas de la prensa.

**B.2.1.5** La sensibilidad de la prensa debe ser tal que la menor división de la escala de lectura sea menor o igual al 1 % de la carga máxima.

**B.2.1.6** La exactitud de la prensa debe tener una tolerancia de  $\pm$  el 1% de la carga dentro del rango utilizable de la escala de lectura.

**B.2.1.7** La prensa debe contar con dispositivos de regulación de la carga que permitan aplicarla como se indica en B.9.d).

**B.2.2 Regla graduada**

La regla graduada o cinta metálica de medir debe contar con una escala graduada en mm.

### **B.3 Dimensiones del prisma**

#### **B.3.1 Espesor**

El espesor del prisma debe ser igual al espesor de los muros y vigas de la estructura.

#### **B.3.2 Longitud**

La longitud del prisma debe ser mayor o igual al espesor y a la longitud de la unidad de albañilería.

#### **B.3.3 Altura**

La altura del prisma debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a) incluir un mínimo de tres hiladas;
- b) el cuociente entre la altura y el espesor debe ser mayor o igual a 3.

### **B.4 Construcción de prismas en laboratorio y en obra**

**B.4.1** Los prismas deben construirse reflejando, tanto como sea posible, las condiciones y calidad de los materiales y mano de obra que se tendrán efectivamente en la construcción. En este aspecto, se tendrán especialmente en cuenta la consistencia y el tipo de mortero, el contenido de humedad de las unidades, el espesor y el trabajo de juntas y el relleno de los huecos con hormigón de relleno.

**B.4.2** Los huecos de las unidades deben llenarse con hormigón de relleno sólo en el caso que en la obra estén todos llenos. La colocación del hormigón de relleno en los huecos debe hacerse desde el extremo superior, dos días después de construido el prisma, usando el mismo método de compactación usado en la obra.

**B.4.3** Los prismas contruidos en la obra deben protegerse y transportarse de manera tal que se eviten los golpes y caídas.

### **B.5 Curado de los prismas**

Los prismas contruidos en laboratorio deben almacenarse cubriéndolos con polietileno durante los primeros 14 días. Durante las últimas semanas deben mantenerse descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio.

## NCh1928

Los prismas contruidos en la obra deben mantenerse en ella por un plazo no inferior a los catorce días, en condiciones similares a los elementos que representan. Después que los prismas hayan sido despachados al laboratorio, el curado debe realizarse manteniéndolos descubiertos en las condiciones ambientales del laboratorio hasta el momento del ensayo.

### **B.6 Refrentado de las caras de apoyo**

**B.6.1** El prisma debe refrentarse en sus extremos con una pasta de yeso. El espesor promedio de la capa de refrentado debe ser menor o igual a 3,5 mm. Las capas de refrentado deben colocarse por lo menos 24 horas antes de efectuar el ensayo.

**B.6.2** La pasta de yeso debe tener una resistencia a la compresión mayor o igual a 35 MPa en el momento del ensayo. Esta resistencia debe determinarse usando la probeta de NCh158.

### **B.7 Edad de ensayo**

Los prismas deben ensayarse, en general, a la edad de 28 días, la cual se considera como edad de referencia.

### **B.8 Medición del prisma**

#### **B.8.1 Espesor y longitud**

El espesor y la longitud del prisma deben determinarse con el promedio de las mediciones de las caras laterales de la unidad ubicada a media altura del prisma.

#### **B.8.2 Altura**

La altura del prisma debe determinarse con el promedio de las alturas de las cuatro caras laterales del prisma. Estas medidas deben hacerse aproximadamente al centro de cada cara y deben incluir el refrentado.

**B.8.3** Las medidas del prisma deben expresarse en mm con aproximación a 1 mm.

## B.9 Ensayo

El procedimiento debe consultar las siguientes etapas:

- a) limpiar la superficie de las placas de carga y las caras extremas del prisma;
- b) colocar el prisma sobre la placa de carga inferior alineando su eje central con el centro de esta placa;
- c) asentar cuidadosamente la placa de carga superior sobre el prisma;
- d) aplicar la carga en forma continua, sin choques, a una velocidad uniforme, de modo que el ensayo demore entre 3 y 4 minutos en alcanzar la carga máxima;
- e) registrar la carga máxima, expresándola en N (kgf).

## B.10 Resistencia prismática

La resistencia prismática debe calcularse como el cuociente entre la carga máxima y el área de la sección transversal. Cuando el prisma tenga los huecos llenos debe usarse el área bruta calculada con las dimensiones obtenidas en B. 8. 1; cuando el prisma tenga los huecos vacíos debe usarse el área de contacto.

Los resultados deben expresarse en MPa ( $\text{kgf/cm}^2$ ) con una aproximación inferior o igual a 0,1 MPa ( $1,0 \text{ kg f/cm}^2$ ).

## B.11 Informe de resultados

El informe debe incluir los siguientes antecedentes para cada uno de los prismas:

- a) fecha y edad en el momento del ensayo;
- b) espesor medio de la sección transversal;
- c) longitud media de la sección transversal;
- d) altura media del prisma;
- e) defectos exteriores del prisma;
- f) carga máxima registrada, N (kgf);
- g) resistencia prismática, calculada según B. 10, en MPa ( $\text{kg f/cm}^2$ );
- h) observaciones relativas al modo de falla y cualquier otra información específica del ensayo que sea útil para su mejor interpretación;
- i) referencia a esta norma.

**Anexo C**  
(Normativo)

**Disposiciones constructivas**

**C.1 Equipos**

Los equipos empleados en la construcción de la albañilería deben cumplir con los requisitos exigidos por el proyectista.

**C.2 Preparación y puesta en obra en tiempo frío**

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

La temperatura ambiente en torno a la albañilería no debe bajar de 5 °C durante las 72 h siguientes a la colocación del mortero. En caso que no se cumplan las condiciones de temperatura anteriores, deben tomarse precauciones especiales.

**C.3 Preparación y puesta en obra en tiempo caluroso**

Cuando la colocación del mortero y del hormigón de relleno se efectúe en tiempo caluroso (sobre 35 °C), deben adoptarse medidas para impedir la evaporación del agua de amasado.

**C.4 Mezclado del mortero**

Los componentes sólidos deben mezclarse 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 debe ser de cinco minutos o el que se necesite para completar 120 revoluciones.

El mezclado manual sólo se permite en obras menores y aisladas, en amasada de menos de 0,25 m<sup>3</sup> con autorización de la Inspección Técnica de la obra, [ver subpárrafo D.2.1 c)].

No debe usarse mortero que ha empezado a fraguar o que tiene más de 2 h de edad desde el mezclado inicial, período en el cual el mortero puede ser remezclado con agua para recuperar su trabajabilidad. Cualquier excepción a estas disposiciones, motivada por el uso de aditivos, debe ser autorizada por la Inspección Técnica de la obra.

### **C.5 Preparación y colocación de la unidades**

Las unidades de ladrillo cerámico deben colocarse saturadas en agua con superficie seca, mientras que los bloques de hormigón deben colocarse sin mojarlos previamente.

La velocidad de avance en altura para la construcción de los elementos de albañilería debe limitarse a 120 cm por día.

### **C.6 Albañilería armada con hormigón de relleno**

Para lograr un adecuado llenado de los huecos deben tomarse las siguientes precauciones:

- a) los huecos a llenar deben estar libres de materiales extraños y de mortero de junta;
- b) la interrupción de la colocación del hormigón de relleno debe hacerse a media altura de la unidad; en unidades de más de 10 cm de altura, esta interrupción debe hacerse a una distancia de 5 cm de la superficie superior de la unidad;
- c) el hormigón de relleno debe vibrarse o compactarse en forma tal que garantice el perfecto llenado del hueco en toda su altura. Debe evitarse el vibrado de las armaduras para no destruir la adherencia con el hormigón de relleno;
- d) no debe permitirse el doblado de la armadura después de iniciado el vaciado del hormigón de relleno;
- e) 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 su resistencia al momento de vaciar el hormigón de relleno;
- f) en muros de doble chapa se debe usar amarras metálicas provistas de ganchos embebidos en el mortero de junta de las chapas. La distancia entre las amarras no debe superar los 60 cm en vertical y los 90 cm en horizontal. No será necesario colocar estas amarras cuando se use armadura soldada para unir las chapas.

### **C.7 Verticalidad de muros y columnas**

Las caras mayores de los muros deben estar contenidas en un plano vertical. Los muros y columnas no deben tener una desviación vertical mayor que el 2 por mil para alturas máximas de 3 m. Para alturas máximas de 6 y 12 m, las desviaciones máximas permitidas son de 1,5 por mil y 1 por mil, respectivamente. Para alturas máximas superiores a 12 m la desviación máxima debe limitarse al 1 por mil de la altura, con un tope máximo de 2,5 cm.

## **C.8 Tuberías y ductos**

Las tuberías y ductos no deben colocarse a lo largo de los huecos que llevan armadura; además deben instalarse oportunamente con el fin de evitar roturas posteriores que dañen los muros de albañilería. Los proyectos de instalaciones deben hacerse de tal forma que la colocación y las eventuales reparaciones puedan materializarse sin dañar la albañilería.

## **C.9 Juntas de construcción**

Toda junta de construcción debe ejecutarse sobre una superficie limpia, rugosa y húmeda en el caso de la albañilería de ladrillos cerámicos, con el propósito de lograr una adecuada adherencia. Las unidades de albañilería y el mortero que hayan quedado sueltos deben retirarse.

## **C.10 Cantería**

La cantería debe ser trabajada con una herramienta adecuada, presionando el mortero hacia el interior, cuando éste aún permita la deformación ante la presión de un dedo. La profundidad de la cantería debe limitarse a 5 mm como máximo, con respecto a la arista de la unidad inferior.

## **C.11 Protección y curado de la albañilería**

Cuando el curado se realiza con agua, debe evitarse el humedecimiento de las unidades en el caso de la albañilería de bloques de hormigón. La duración e intensidad del curado dependen de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, soleamiento, viento, etc.). El tiempo de curado mínimo debe ser de siete días.

Mientras no concluya el período 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. (Por ejemplo, la mala práctica de doblar las armaduras verticales para introducir las nuevas unidades).

## **Anexo D** (Normativo)

### **Inspección y Control**

#### **D.1 Inspección especializada**

La presente norma establece condiciones diferentes para el diseño de obras de albañilería armada, según que ella se ejecute con o sin inspección especializada.

Las obras que se diseñen para ser construidas sin inspección especializada, no están eximidas de la necesidad de contar con la inspección general que debe tener toda construcción.

La construcción de una obra bajo el régimen de inspección especializada, debe contar con un Inspector especializado en albañilería armada, de estadía permanente en la obra durante la etapa de obra gruesa. Este Inspector debe contar con la aceptación del profesional responsable del proyecto estructural, debe estar calificado por alguna institución idónea para cumplir las funciones de la inspección, y debe ser independiente de la empresa ejecutora de la obra. Las funciones de este Inspector consisten en hacer cumplir lo establecido en esta norma y en los planos y especificaciones de la obra, y en velar por la correcta ejecución de cada una de las etapas constructivas.

Cuando el diseño estructural se realice bajo el régimen de inspección especializada, ello debe quedar explícitamente indicado en los planos de cálculo.

#### **D.2 Control en obra**

##### **D.2.1 Programa de ensayos**

###### **a) Control general en obras con y sin inspección especializada**

1) *Mortero*. Deben tomarse como mínimo tres muestras cada 2 000 m<sup>2</sup> de muros, columnas y vigas de albañilería, o fracción inferior; cada muestra debe estar compuesta por tres viguetas Rilem, las cuales deben ensayarse según la norma NCh158; al menos dos de estas viguetas deben ensayarse a los 28 días. El promedio de los valores obtenidos para cada una de estas viguetas ensayadas a los 28 días constituye el resultado de la muestra.

2) *Hormigón de relleno*. Deben tomarse como mínimo tres muestras cada 500 m<sup>3</sup> de hormigón o fracción inferior; cada muestra debe estar compuesta por tres probetas; al menos dos de estas probetas deben ensayarse a los 28 días. El promedio de los valores obtenidos de los ensayos realizados a los 28 días constituye el resultado de la muestra.

**b) Control en obras con inspección especializada**

1) *Albañilería*. Deben tomarse como mínimo tres muestras cada 5 000 m<sup>2</sup> de muros, columnas y vigas de albañilería, o fracción inferior; cada muestra debe estar compuesta por una probeta o prisma, los cuales deben ensayarse a los 28 días. El valor obtenido de cada uno de estos ensayos constituye el resultado de la muestra.

c) Se eximen de los controles anteriores las viviendas individuales que cumplan las condiciones siguientes:

- tener una superficie inferior a 100 m<sup>2</sup>;
- tener un número de pisos no superior a 2;
- ser construida bajo la supervisión del proyectista, quien certificará la calidad de la ejecución;
- no formar parte de un conjunto de viviendas.

**D.2.2 Criterio de aceptabilidad**

El criterio de aceptabilidad considera el resultado de 3 muestras, y es el siguiente:

$$\frac{\bar{X} - f}{\sigma} \geq 0,958$$

donde:

$\bar{X}$  = valor promedio de los resultados de las tres muestras;

$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 (X_j - \bar{X})^2}$  = desviación normal de los resultados de las tres muestras;

$f$  = resistencia mínima a la compresión especificada:

$f$  = 10 MPa para el mortero;

$f$  = 17,5 MPa para el hormigón de relleno;

$f$  = valor de  $f_m'$  especificado en los planos de cálculo para la albañilería.

**D.2.3 Ensayos de materiales componentes y de la albañilería**

Deben hacerse de acuerdo a las especificaciones y procedimientos indicados en los anexos A y B.

**D.2.4 Archivo de resultados**

Los resultados y antecedentes de los ensayos y sus evaluaciones deben estar a disposición de la Inspección y/o Supervisión de la obra durante la ejecución de los trabajos. El archivo correspondiente debe permanecer disponible por un plazo igual o superior a cinco años en poder del Arquitecto o del Ingeniero responsable del proyecto.

**Anexo E**  
(Informativo)

**Bibliografía consultada**

- 1) American Concrete Institute, *Building Code Requirements for Concrete Masonry Structures and Commentary*, ACI 531-79, ACI 531 R-79 (Revised 1983), Detroit, Michigan, USA, 1983
- 2) American Concrete Institute *Specification for Concrete Masonry Construction*, ACI 531.1-76 (Revised 1981), Detroit, Michigan, USA, 1981.
- 3) American Society for Testing and Materials, Normas ASTM, Philadelphia, Pa, USA.
  - C5 - 74 Quicklime for Structural Purposes, Spec. for,
  - C55 - 75 Concrete Building Brick, Spec. for,
  - C62 - 75a Building Brick (Solid Masonry Units Made from Clay or Shale), Spec. for,
  - C67 - 78 Brick and Structural Clay Tile, Sampling and Testing.
  - C109 - 77 Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50-mm Cube Specimens), Test for,
  - C126 - 71 (1976) Ceramic Glazed Structural Clay Facing Tile, Facing Brick, and Solid Masonry Units, Spec. for,
  - C140 - 75 (1980) Method of Sampling and Testing Concrete Masonry Units.
  - C141 - 67 Hydraulic Hydrated Lime for Structural Purposes, Spec. for,
  - C144- 81 Specification for Aggregate for Masonry Mortar,
  - C145 - 75 Solid Load-Bearing Concrete Masonry Units, Spec. for,
  - C207 - 76 Hydrated Lime for Masonry Purposes, Spec. for,
  - C212 - 60 (1975) Structural Clay Facing Tile, Spec. for,
  - C216 - 77 Facing Brick (Solid Masonry Units Made from Clay or Shale), Spec. for,
  - C270 - 73 Mortar for Unit Masonry, Spec. for, (including Tentative Revision).
  - C404 - 76 (1981) Specification for Aggregates for Masonry Grout,
  - C476 - 71 (1976) Mortar and Grout for Reinforced Masonry, Spec. for,
  - C780 - 80 Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry.
  - E4 - 79 Load Verification of Testing Machines.
  - E447 - 80 Compressive Strength of Masonry Prisms, Standard Test Methods for,
- 4) Hidalgo P., *Comportamiento Sísmico de Muros de Albañilería Armada, III Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica*, Concepción, Chile, noviembre 1980.

- 5) Hidalgo P., Astroza M., Osorio F. y Beckmann E., *Características Mecánicas de la Albañilería de Ladrillos Cerámicos*, Monografía N° 185, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago, Chile, marzo 1982.
- 6) Hidalgo P., Astroza M., Osorio F. y Beckmann E., *Características Mecánicas de la Albañilería de Bloques de Mortero de Cemento*, Monografía N° 189, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago, Chile, agosto 1982.
- 7) Hidalgo P., Astroza M., Osorio F. y Beckmann E., *Características Mecánicas de la Albañilería*, Primeras Jornadas Chilenas del Hormigón Estructural, Santiago, Chile, septiembre 1982.
- 8) Hidalgo P., y Lüders C., *La Resistencia Prismática y la Resistencia al Esfuerzo de Corte de Muros de Albañilería*, Primeras Jornadas Chilenas del Hormigón Estructural, Santiago, Chile, septiembre 1982.
- 9) Hidalgo P., y Lüders C., *Limitaciones de Cuantía para Elementos Flexurales de Albañilería Armada*, Primeras Jornadas Chilenas del Hormigón Estructural, Santiago, Chile, septiembre 1982.
- 10) Hidalgo P., Jordán R. y Lüders C., *Comportamiento Sísmico de Edificios de Albañilería Armada Diseñados con las Normas Chilenas*, Departamento de Ingeniería Estructural DIE N°85-1, Escuela de Ingeniería, P. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, enero 1985.
- 11) Instituto de Ingeniería, *Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*, Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Publicación N° 403, Universidad Nacional Autónoma de México, México, julio 1977.
- 12) Instituto Nacional de Normalización, Normas NCh, Santiago, Chile.
  - NCh43 Selección de muestras al azar.
  - NCh44 Inspección por atributos – Tablas y procedimientos de muestreo.
  - NCh168 Ladrillos cerámicos - Comprobación de formas y dimensiones.
  - NCh429 Hormigón armado - I parte.
  - NCh430 Hormigón armado - II parte.
  - NCh791 Albañilería de ladrillos cerámicos - Terminología y clasificación.
  - NCh831 Coordinación modular en albañilería de ladrillos cerámicos - Terminología y requisitos.
- 13) Instituto Nacional de Normalización, *Albañilería Armada - Recomendaciones para el Diseño, Cálculo, Construcción e Inspección*, Especificación Técnica 20/81, Santiago, Chile, marzo 1983 (4ª. edición).

- 14) Internacional Conference of Building Code Officials, *Uniform Building Code*, Whittier, California, USA, edición 1982.
- 15) Lüders C. e Hidalgo P., *Comportamiento Sísmico de Muros de Albañilería Armada de Ladrillos Cerámicos*, Primeras Jornadas Chilenas del Hormigón Estructural, Santiago, Chile, septiembre 1982.
- 16) Lüders C. e Hidalgo P., *Modos de Falla en Muros de Albañilería Armada Sometidos a Cargas Horizontales Cíclicas*, 3ª. Conferencia Latinoamericana de Ingeniería Sismorresistente, Guayaquil, Ecuador, septiembre 1984.
- 17) Lüders C., e Hidalgo P., y Gavilán C., *Comportamiento Sísmico de Muros de Albañilería Armada*, Departamento de Ingeniería Estructural DIE N° 85-3, Escuela de Ingeniería, P. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, abril 1985.
- 18) Moya M., *Uso de la Cal en la Construcción - Proposición de Norma para Control de Calidad*, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1984.
- 19) Osorio F., Astroza M. e Hidalgo P., *Consideraciones Sobre el Diseño de Edificios de Albañilería Armada en Chile*, Monografía N° 158, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago, Chile, noviembre 1980.
- 20) Osorio F., Beckmann E., Astroza M. e Hidalgo P., *Comentarios y Alcances a la Especificación Técnica 20/81 - Albañilería Armada*, Primeras Jornadas Chilenas del Hormigón Estructural, Santiago, Chile, septiembre 1982.
- 21) Parada F., Astroza M. y Delfín F., *Estudio Experimental de la Resistencia Prismática de la Albañilería de Ladrillo*, Publicación SES I 1/84, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Santiago, Chile, enero 1984.
- 22) Rojas S., *Morteros para Albañilería*, IV Jornadas Chilenas del Hormigón, Valdivia, Chile, noviembre 1982.
- 23) Rojas S., *Código de Buena Práctica para Morteros de Albañilería*, V Jornadas Chilenas del Hormigón, Concepción, Chile, octubre 1984.
- 24) Schneider R. y Dickey W., *Reinforced Masonry Design*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1980.
- 25) Soto A., *Dosificación de los Morteros*, IV Jornadas Chilenas del Hormigón, Valdivia, Chile, noviembre 1982.
- 26) Soto A., *El Control de los Morteros en Obra*, V Jornadas Chilenas del Hormigón, Concepción, Chile, octubre 1984.

- 27) Standards Association of New Zealand, *Specification for Design of Reinforced Masonry*, DZ 4210 Part. B. (Draft New Zealand Standard), Wellington, New Zealand, 1981.
- 28) Sveinsson B., Mayes R. y McNiven H., *Evaluation of Seismic Design Provisions for Masonry in the United States*, EERC Report N° UCB/EERC 81/10, University of California, Berkeley, USA, agosto 1981.
- 29) Véjar C., *Esquema de Norma de Mortero*, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1984.

**Anexo F**  
(Informativo)

**Comentarios a la norma y sus anexos**

**F.1.2** Se debe considerar que la falta de normalización sobre construcciones de otros tipos de albañilería, implica mayores exigencias sobre el diseño de obras de albañilería armada en comparación con el diseño de los otros tipos.

**F.1.3** Las disposiciones de esta norma no se deben aplicar al diseño de obras que incluyan unidades de albañilería corrientes o de uso especial (refractarios, vitrificados, esmaltados, etc.), a no ser que ellas cumplan con los requisitos que se establecen para las unidades de albañilería.

**F.3.1.10** Debe distinguirse entre la cáscara simple o sólida que existe en los bloques de hormigón y la cáscara compuesta o con perforaciones que se presenta en los ladrillos cerámicos tipo rejilla.

**F.4.1** a) En general, los criterios de cálculo establecidos en esta norma se basan en el comportamiento elástico de los elementos.

**F.4.1** b) El diseño de los elementos resistentes debe tender a evitar el modo de falla frágil, ya que una adecuada ductilidad asegura un mejor comportamiento estructural durante las incursiones instantáneas en el rango inelástico en movimientos sísmicos severos. Las disposiciones de los subpárrafos 5.2.1; 5.2.5; párrafo 5.3; subpárrafos 6.1.7; 6.2.3.1; 6.2.3.3; 6.4.2 y 6.4.3.2 están inspiradas en este principio.

**F.5.1** a) La aplicación del método de diseño elástico a la albañilería armada presenta algunos inconvenientes, entre los que se pueden citar:

- a) la elección del valor de la razón entre los módulos de elasticidad de las armaduras y la albañilería ( $n$ ); para materiales nacionales de buena calidad, este valor varía entre 20 y 70. En lo posible, el proyectista debe adoptar valores dados por experiencias previas para que sus cálculos tengan una adecuada correlación con la realidad física de la obra;
- b) no proporciona información acerca del comportamiento de la estructura cuando las tensiones sobrepasan los valores admisibles y cuando incursiona en el rango inelástico (sismo, explosiones, etc.). En particular, no define la capacidad última de los elementos tanto desde el punto de vista de la resistencia como de las deformaciones y, en consecuencia no permite predecir el modo de falla.

**F.5.1 b)** La hipótesis que desprecia la resistencia a tracción de la albañilería, sólo se aplica al cálculo de la capacidad resistente admisible de secciones sometidas a flexión o a flexo-compresión. La resistencia a tracción de la albañilería se ha considerado en otros aspectos de diseño de esta norma, (por ejemplo, 5.2.5; 6.2.3.1).

NOTA - En este anexo, los numerales que aparecen a continuación de la letra F, corresponden a los numerales del cuerpo y anexos de la norma que han sido objeto de comentarios.

**F.5.1 c)** La hipótesis de adherencia entre armadura y albañilería es muy discutible cuando los huecos de las unidades se llenan con mortero, de acuerdo a los resultados de ensayos en muros contruidos en esta forma. Por esta razón, en esta norma se exige que los huecos de las unidades que llevan armadura se llenen con hormigón de gravilla y se entregan disposiciones específicas sobre empalmes de las armaduras en dichos huecos, (ver 6.1.5).

**F.5.1 d)** El método de diseño a la rotura es la tendencia de los códigos modernos ya que soluciona los principales inconvenientes que presenta el método elástico. Sin embargo, su adopción en esta norma está sujeta a la obtención de evidencia experimental suficiente para permitir su uso con un mínimo nivel de confianza.

**F.5.1 e)** Las fundaciones deben ser lo más rígidas posible, para evitar descensos diferenciales que repercutan desfavorablemente en la estructura.

**F.5.2.1** La reducción de tensiones admisibles que se aplica cuando no hay inspección especializada, se debe a que la experiencia ha demostrado que existe relación directa entre el comportamiento estructural y la calidad constructiva.

Los valores de la tabla 1, han sido tomados del Código UBC<sup>14\*)</sup> y han sido modificados parcialmente en base a los datos obtenidos de ensayos realizados con materiales nacionales. Específicamente, se han reducido los valores de las tensiones admisibles para esfuerzo de corte en muros sin considerar la armadura de corte, de acuerdo a los resultados anotados en las referencias (8; 15; 16 y 17) y los valores del módulo de elasticidad de la albañilería según los resultados obtenidos en el Plan piloto<sup>5; 6 y 7)</sup>.

Debe notarse que los valores del Código UBC, y en especial los límites establecidos para las tensiones admisibles por esfuerzo de corte, se han visto confirmados por los resultados obtenidos de un extenso plan de ensayos experimentales desarrollados en la Universidad de California, Berkeley<sup>4)</sup>.

Las tensiones admisibles por esfuerzo de corte no incluyen el efecto beneficioso de la carga axial de compresión. Esto se debe a la fragilidad que se ha observado experimentalmente en la falla por esfuerzo de corte ante la presencia de valores significativos de la carga axial de compresión.

---

\*) Los números en paréntesis indican el número de la referencia bibliográfica. Estas han sido ordenadas por orden alfabético y se incluyen en el anexo E.

**F.5.2.3** Para placas de material homogéneo e isotrópico simplemente apoyadas en sus cuatro bordes se cumple: (S. Timoshenko, J. Gere; *Theory of Elastic Stability*, Mc. Graw Hill 1961, página 352).

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{h^2} \left( m + \frac{1}{m} \frac{h^2}{b^2} \right)^2 = \frac{\pi^2 D}{b^2} \left( \frac{mb}{h} + \frac{h}{mb} \right)^2$$

en que:

$N_{cr}$  = carga axial crítica del muro por unidad de largo del mismo;

$m$  = número de medias ondas según las cuales pandea el muro

$h$  = altura del muro;

$b$  = ancho del muro;

$$D = \frac{Et^3}{12(1 - \nu^2)}$$

$E$  = módulo de elasticidad del material que compone al muro;

$t$  = espesor del muro;

$\nu$  = módulo de Poisson.

Para muros largos ( $b > h$ ) la carga crítica más baja se obtendrá siempre para  $m = 1$ .

Para muros altos ( $h > b$ ) es posible que valores de  $m$ , mayores que 1 entreguen valores más desfavorables, tal como se puede apreciar claramente en la figura 3.

De la figura 3, se desprende que el valor crítico para muros altos es siempre mayor o igual que el valor crítico del muro cuadrado cuya altura es igual al ancho del muro considerado. Se justifica por lo tanto, usar como longitud de pandeo de muros el menor valor entre apoyos laterales (medido en forma vertical u horizontal).

**F.5.2.4** El Código UBC establece que el ancho de muro por barra de refuerzo, que se debe considerar en el cálculo de las tensiones originadas por cargas que actúan perpendicularmente al plano del muro, debe estar limitado a seis veces el espesor del muro, siempre que esta cantidad no exceda la distancia entre armaduras, caso en el cual debe usarse este último valor. En la norma no se ha especificado el límite de seis veces el espesor del muro, ya que esta disposición queda automáticamente satisfecha por la separación máxima a que se pueden colocar las armaduras, de acuerdo a lo indicado en 6.4.3.4.

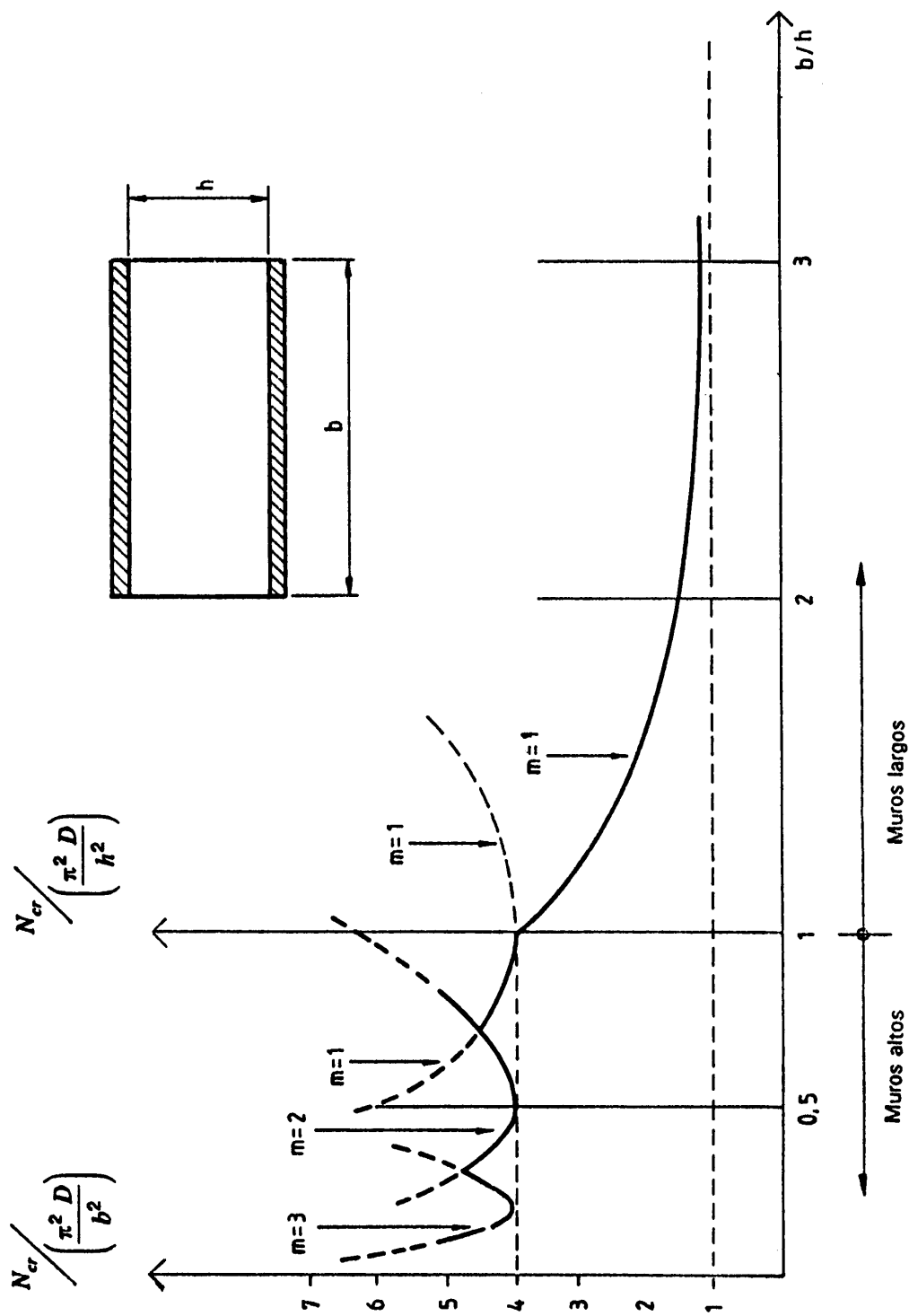


Figura 3 - Tensión axial crítica de muros simplemente apoyados en sus cuatro bordes.

**F.5.2.5** La tensión solicitante por esfuerzo de corte se ha mantenido en la forma  $v = V/(b \cdot d)$ , puesto que las tensiones admisibles indicadas en la tabla 1 se han obtenido de tensiones de rotura experimentales calculadas usando la misma expresión. Cabe hacer notar que el Código UBC considera el término  $j$  en el denominador, pero además recomienda límites más altos para la tensión admisible de la albañilería cuando no se considera armadura de corte.

El factor 1,1 que se incluye en el numerador de la expresión para determinar la armadura de corte  $A_v$ , equivale a considerar  $j = 0,9$ , y se ha mantenido para asegurar que la cantidad de armadura transversal sea aproximadamente la misma que dispone el Código UBC.

*Ley de interpolación para las tensiones admisibles por esfuerzo de corte.* Debido a la falta de mayores antecedentes, se ha optado por usar el criterio más conservador que permite la interpretación del Código UBC; este criterio, que podrá ser modificado posteriormente si los antecedentes experimentales así lo aconsejan, puede ilustrarse en la forma siguiente:

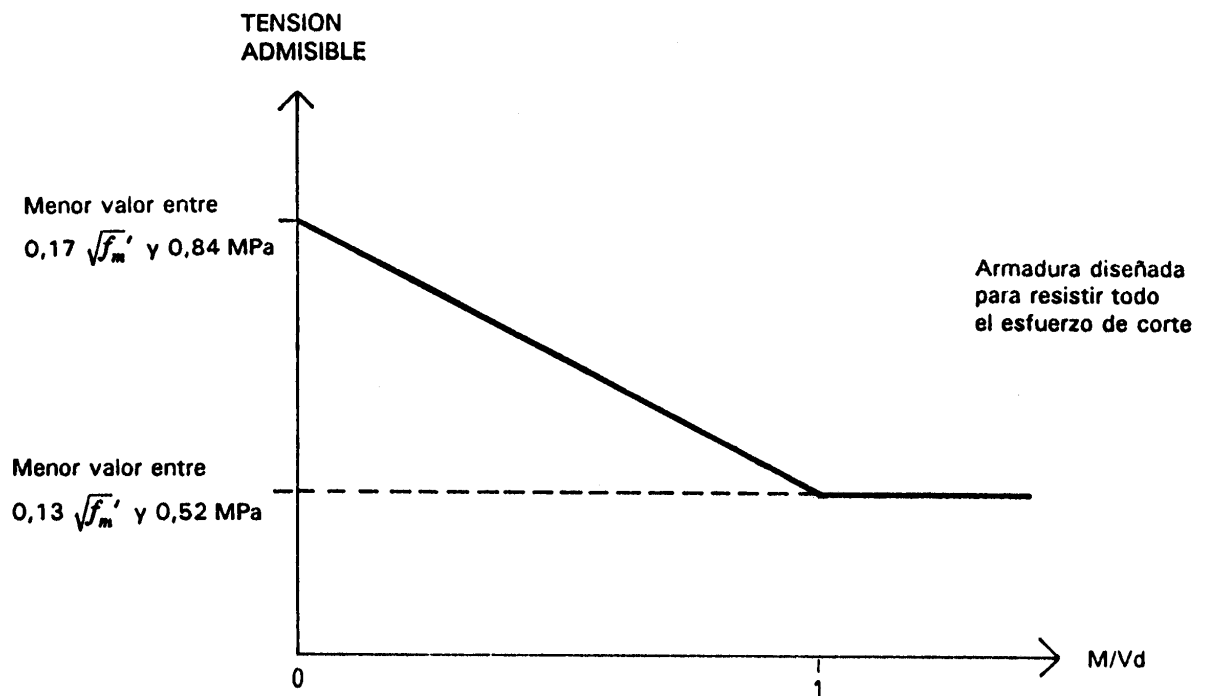
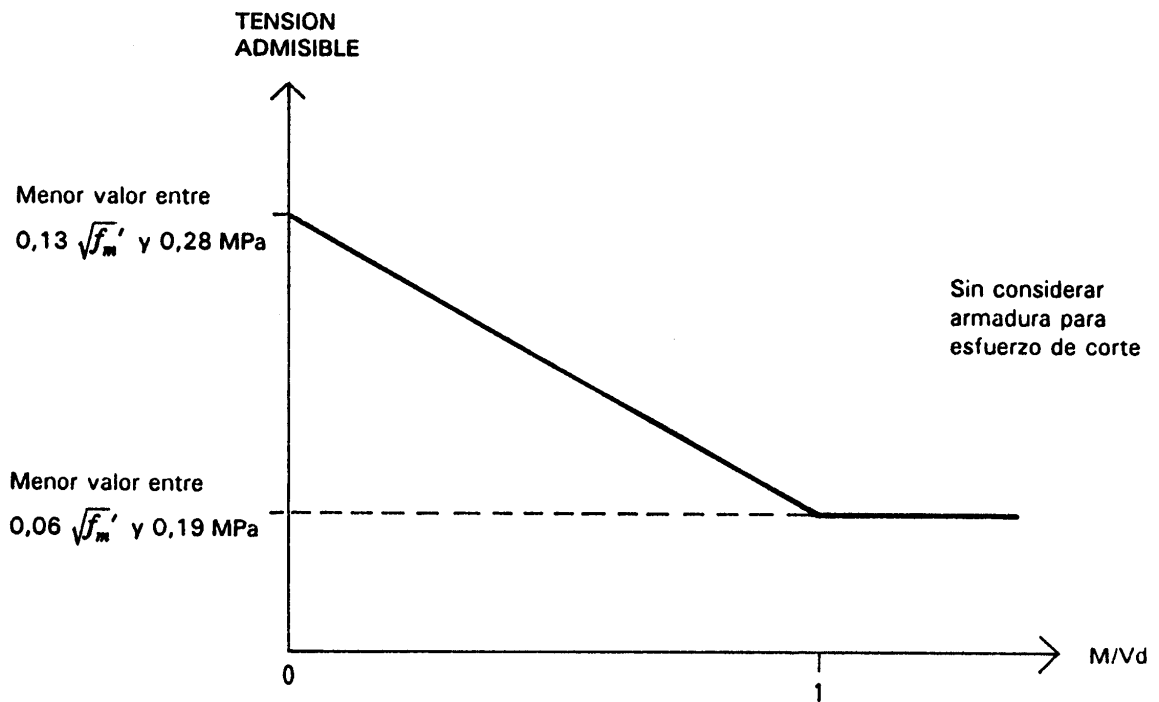


Figura 4

**F.5.3.1, F.5.3.2** Las disposiciones de estos acápites fueron revisadas en 1993 con motivo de la oficialización de la nueva norma NCh433, ya que las disposiciones de la norma NCh1928.Of86 amplificaban los niveles de la sollicitación sísmica establecidos en NCh433.Of72; esto ya no se justifica porque las sollicitaciones establecidas en la nueva norma NCh433 para las estructuras de albañilería armada incluyen dichos factores de amplificación. El alcance de la revisión del párrafo 5.3 se limitó a compatibilizar las disposiciones de la norma NCh1928 con las de la nueva norma NCh433, de forma de dejar los niveles de la sollicitación sísmica para la zona sísmica 3 en los mismos valores resultantes de aplicar NCh1928.Of86 en conjunto con NCh433.Of72. Sin embargo, los miembros del Comité reconocen que tanto las disposiciones de este párrafo como las del resto de la norma deben revisarse y actualizarse, tan pronto lo permitan las prioridades de la División de Normas del INN. En particular, una minoría de los miembros se mostró preocupada por el bajo valor de la sollicitación sísmica para el diseño a flexo-compresión de los muros, lo que podría acarrear fallas prematuras en la cabeza de compresión de estos elementos; sin embargo, esta situación es idéntica a la que existía al aplicar las disposiciones de NCh1928.Of86 en conjunto con las de NCh433.Of72.

Las disposiciones de diseño sísmico son diferentes a las establecidas en otras normas extranjeras <sup>14, 27)</sup>, y se basan en resultados de estudios experimentales y en los daños producidos en los edificios de albañilería armada de 3 y 4 pisos durante el sismo del 3 de Marzo de 1985. La investigación de Hidalgo, Jordán y Lüders <sup>10)</sup> indicó que el punto más crítico del diseño, lo constituye la condición de serviciabilidad que controla la primera figuración por esfuerzo de corte en los muros de albañilería armada, aun bajo la acción de movimientos sísmicos de ocurrencia relativamente frecuente; debe observarse que la primera figuración de un muro no depende de la cantidad y distribución de la armadura horizontal, sino que sólo de la resistencia de la albañilería al esfuerzo de corte<sup>16)</sup>.

Las dudas respecto al diseño por serviciabilidad se vieron confirmadas por los efectos del sismo del 03 de Marzo de 1985 en edificios de albañilería armada de la ciudad de Santiago, especialmente en el caso de la albañilería de ladrillos cerámicos tipo rejilla; se registraron varios casos en los que sólo se produjo la primera fisura por esfuerzo de corte en los muros más sollicitados de los edificios. Este sismo también confirmó el hecho que en edificios de pocos pisos, como los construidos hasta ahora, el comportamiento sísmico está controlado por la falla por esfuerzo de corte, sin que se llegue a activar el mecanismo de resistencia por flexión.

Las conclusiones anteriores explican la redacción de las disposiciones de diseño sísmico, en las cuales se ha incluido una disposición específica [5.3.1.1 a)] destinada a proteger la serviciabilidad de la estructura; ella se limita al caso en que no se cuenta con la contribución de un núcleo poderoso de hormigón de relleno para resistir el esfuerzo de corte y sólo se confía en una buena adherencia entre unidad y mortero de junta y la eventual contribución de un núcleo pequeño de hormigón de relleno.

La disposición 5.3.1.2 a) modifica el valor del esfuerzo de corte basal máximo para las construcciones de albañilería armada con valores de  $R_0$  y  $R$  iguales a 4 y 5, respectivamente, ya que el valor máximo que se indica en la norma NCh433 ( $0,6 A_0/g$ ) es el mismo para todos los tipos de albañilería. El factor 0,48 resulta de multiplicar 0,6 por 0,8.

En general, las edificaciones de albañilería armada deben tener una estructuración que garantice un buen comportamiento estructural. Esto significa contar con una densidad y distribución de muros adecuados, que minimicen los efectos de torsión en planta y no comprometan en exceso algunos elementos estructurales.

Asimismo, es recomendable la existencia de diafragmas rígidos, sean éstos losas o arriostramientos horizontales. No debe descuidarse el arriostramiento del cielo del último piso atendiendo a las deformaciones que puedan producirse en estos niveles durante sismos severos.

**F.5.3.3** Esta disposición, introducida en 1993, considera la sobrerresistencia que puede desarrollarse en los muros debido a una tensión de fluencia de la armadura longitudinal mayor que el valor nominal de diseño.

**F.5.3.4** Esta disposición se hace necesaria por la exigencia de verificar las deformaciones sísmicas en la versión 1993 de la norma NCh433.

**F.6.1.5** La resistencia máxima que deben ser capaces de desarrollar empalmes soldados o mecánicos se rebajó del 125% de la capacidad de fluencia de la armadura (anteproyecto de norma NCh1928) al 100 % de la capacidad de fluencia de la armadura debido a que es ésta la exigencia del Código ATC-3 en su sección 12A.6.3.

Para que esta reducción no afecte a la ductilidad de los elementos debe tenerse especial cuidado de especificar estas uniones solamente en lugares alejados de aquellos en que eventualmente el acero pueda pasar a fluencia.

**F.6.1.7** La escalerilla debe tener un proceso de fabricación industrial y su función es:

- i) como armadura de refuerzo para resistir el esfuerzo de corte y tensiones de tracción en elementos de albañilería armada;
- ii) controlar el fisuramiento de los elementos de albañilería armada asociado con las expansiones o contracciones por cambios térmicos o del contenido de humedad;
- iii) amarrar las chapas de muros de albañilería armada de doble chapa.

**F.6.2.3.3** La armadura transversal mínima de vigas se ha establecido para evitar la falla frágil por esfuerzo de corte que se puede presentar cuando no existe una cantidad mínima de estribos. Para fijar su valor se ha observado el criterio de la norma ACI 318 para vigas de hormigón armado, la cual exige una armadura transversal mínima que proporciona un esfuerzo de corte aproximadamente igual a la mitad del valor que produce la primera fisura diagonal en una viga sin refuerzo de corte. En consecuencia, se ha establecido una armadura mínima que proporciona la mitad del esfuerzo de corte que es capaz de tomar la albañilería por sí sola, cuando ambos están trabajando a sus respectivas tensiones admisibles.

**F.6.4.1** Los muros de albañilería deben unirse adecuadamente a elementos estructurales adyacentes, tales como losas, columnas, contrafuertes u otros muros que los intercepten.

#### **Elementos no estructurales**

En elementos no estructurales, que no estén destinados a recibir carga vertical, el espesor del muro debe ser mayor o igual a 9 cm y a  $1/36$  del menor valor de las distancias entre apoyos laterales, (vertical u horizontal).

No será necesario que las armaduras de estos elementos cumplan con los requisitos mínimos estipulados en 6.4.3, con excepción de lo indicado en ii), pero ellas deben diseñarse de modo que:

- i) garanticen el traspaso de los esfuerzos generados por su peso propio a los elementos estructurales de apoyo lateral;
- ii) el área de armadura, tanto en dirección vertical como horizontal, sea mayor o igual a un 0,04% de la sección bruta del muro medida perpendicularmente a la dirección de la armadura;
- iii) la deformación lateral máxima del muro sea menor o igual a  $1/500$  de la distancia entre apoyos laterales, (vertical u horizontal).

Además, los elementos no estructurales deben construirse de modo que el sistema estructural principal no le traspase esfuerzos para los cuales no han sido diseñados.

**F.6.4.3.5** Se ha eliminado el subpárrafo 6.4.3.4 del anteproyecto de norma, que establecía la forma de determinar la armadura de borde mínima en muros, debido a la desaparición de este tipo de requisito en la norma ACI para muros de hormigón armado.

En efecto, tal requisito existió hasta la versión 1977 del Código ACI 318, pero ya no aparece en la versión 1983.

**F.6.4.4** Si a juicio del ingeniero proyectista no basta con la traba de unidades diseñadas para el encuentro, deben usarse trabas metálicas embebidas en el mortero u hormigón de relleno. Se considera que existe traba entre dos unidades cuando la menor dimensión de la zona de contacto es mayor o igual a 7 cm.

**F.7.1** Ver comentario F.5. 1, c).

**F.A.2.5** Se indican a continuación ejemplos de aplicación de la norma NCh1208 al control en fábrica de la resistencia a compresión de las unidades de albañilería. En todos los casos se ha considerado una fracción defectuosa máxima de 4,0% (AQL), se incluyen diversos tamaños de lotes N que se someten a inspección, y se considera tanto el caso de variabilidad desconocida (tabla 6) como el caso en que se conoce la desviación normal  $\sigma$ , en base a datos confiables (tabla 7).

El nivel de inspección que se indica en las tablas 6 y 7 refleja el riesgo del muestreo, esto es, la probabilidad  $P_a$ , de aceptar un lote que satisface la fracción defectuosa máxima del 4%, y determina el tamaño  $n$ , de la muestra. La norma NCh1208 establece cinco niveles de inspección pero recomienda el uso del nivel IV. Tanto los valores de  $n$ , como de  $P_a$ , se indican en las tablas 6 y 7 para cada tamaño del lote y el nivel de inspección elegido.

El criterio de aceptabilidad se basa en los datos obtenidos de la muestra y es el siguiente:

$$\frac{\bar{X} - f}{\sigma} \geq k$$

en que:

$\bar{X}$  = media calculada de los valores de la muestra;

$\sigma$  =  $\left\{ \begin{array}{l} \text{desviación normal, calculada de los valores de la muestra, si se usa la} \\ \text{tabla 6;} \\ \text{desviación normal conocida, obtenida a través de datos confiables, si se} \\ \text{usa la tabla 7;} \end{array} \right.$

$f$  = resistencia mínima a la compresión, medida sobre el área bruta;

–  $f$  = 11,0 MPa para las unidades de ladrillos cerámicos;

–  $f$  = 5,0 MPa para las unidades de bloques de hormigón;

$k$  = constante de aceptabilidad, indicada en las tablas 6 y 7.

Tabla 6 - Desviación normal desconocida

| Nivel de Inspección II                                             | Nivel de Inspección III                                                         | Nivel de Inspección IV                                                          |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| N = 1 000<br>LETRA CODIGO = G<br>n = 15<br>k = 1,30<br>Pa = 90%    | N = 1 000<br>LETRA CODIGO = I<br>n = 25<br>k = 1,35<br>Pa = 95%                 | N = 1 000<br>LETRA CODIGO = K<br>n = 35<br>k = 1,39<br>Pa = 98%                 |
| N = 10 000<br>LETRA CODIGO = J<br>n = 30<br>k = 1,36<br>Pa = 95%   | N = 10 000<br>LETRA CODIGO = M<br>n = 50<br>k = 1,42<br>Pa = 96%                | N = 10 000<br>LETRA CODIGO = N<br>n = 75<br>k = 1,46<br>Pa = 98%                |
| N = 22 001 →<br>LETRA CODIGO = K<br>n = 35<br>k = 1,39<br>Pa = 98% | N = 22 001 -<br>110 000<br>LETRA CODIGO = N<br>n = 75<br>k = 1,46<br>Pa = 98%   | N = 22 001 -<br>110 000<br>LETRA CODIGO = O<br>n = 100<br>k = 1,48<br>Pa = 98%  |
|                                                                    | N = 110 001 -<br>550 000<br>LETRA CODIGO = O<br>n = 100<br>k = 1,48<br>Pa = 98% | N = 110 001 -<br>550 000<br>LETRA CODIGO = P<br>n = 150<br>k = 1,51<br>Pa = 99% |

Tabla 7 - Desviación normal conocida

| Nivel de Inspección II                                                             | Nivel de Inspección III                                                        | Nivel de Inspección IV                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| N = 1 000<br>LETRA CODIGO = G<br>n = 8<br>k = 1,28<br>Pa = 90%                     | N = 1 000<br>LETRA CODIGO = I<br>n = 13<br>k = 1,34<br>Pa = 95%                | N = 1 000<br>LETRA CODIGO = K<br>n = 18<br>k = 1,38<br>Pa = 98%                |
| N = 10 000<br>LETRA CODIGO = J<br>n = 15<br>k = 1,35<br>Pa = 95%                   | N = 10 000<br>LETRA CODIGO = M<br>n = 25<br>k = 1,42<br>Pa = 96%               | N = 10 000<br>LETRA CODIGO = N<br>n = 36<br>k = 1,46<br>Pa = 98%               |
| N = 22 001 $\longrightarrow$<br>LETRA CODIGO = K<br>n = 18<br>k = 1,38<br>Pa = 98% | N = 22 001 -<br>110 000<br>LETRA CODIGO = N<br>n = 36<br>k = 1,46<br>Pa = 98%  | N = 22 001 -<br>110 000<br>LETRA CODIGO = O<br>n = 48<br>k = 1,48<br>Pa = 98%  |
|                                                                                    | N = 110 001 -<br>550 000<br>LETRA CODIGO = O<br>n = 48<br>k = 1,48<br>Pa = 98% | N = 110 001 -<br>550 000<br>LETRA CODIGO = P<br>n = 70<br>k = 1,51<br>Pa = 99% |

**F.A.3.1.1** La granulometría propuesta tiene tamaño máximo nominal 2,5 mm y debe ser usada en espesores de junta inferiores a 13 mm. Para espesores mayores, es recomendable usar un tamaño máximo nominal de 5 mm, en la forma prescrita en la norma NCh163.

En el caso que se especifiquen espesores de junta iguales o menores que 5 mm, como podría ocurrir en uniones con machihembras o ranuras finas, debe usarse una arena con tamaño máximo nominal 1,25 mm, la cual tiene 95% a 100% que pasa por el tamiz 1,25 mm.

**F.A.3.2.3** La dosificación impuesta se ha elegido de modo de garantizar los requisitos de resistencia y retentividad estipulados en A.3.2.1 y A.3.2.2, respectivamente, sin necesidad de recurrir a ensayos de laboratorio. Por esta razón se exige que, al usar la dosificación impuesta, la elección del tipo de cal se limite a cales aéreas que cumplen con las propiedades indicadas en las tablas 3 y 4.

**F.A.4** Las siguientes recomendaciones son válidas para determinación de la dosificación del hormigón de relleno.

a) **Granulometría de los áridos**

Se recomienda que el árido total de tamaño nominal  $D_n = 10$  mm cumpla con la banda granulométrica siguiente:

| Tamices,<br>mm | Porcentaje acumulado que pasa, en peso |     |     |
|----------------|----------------------------------------|-----|-----|
|                | A                                      | B   | C   |
| 12,5           | 100                                    | 100 | 100 |
| 10             | 87                                     | 93  | 96  |
| 5              | 53                                     | 69  | 83  |
| 2,5            | 32                                     | 52  | 70  |
| 1,25           | 19                                     | 38  | 57  |
| 0,630          | 12                                     | 26  | 41  |
| 0,315          | 5                                      | 13  | 25  |
| 0,160          | 3                                      | 7   | 10  |

## b) Proporciones

El árido total debe cumplir las siguientes condiciones:

- i) su composición granulométrica debe tener una curva lo más paralela posible a las curvas límites indicadas en a);
- ii) puede aproximarse a la curva A, cuando hay facilidad de colocación y se asegurará mayores resistencias y menores retracciones;
- iii) debe acercarse a C, cuando hay dificultad de colocación, pero la dosis de cemento resulta mayor;
- iv) se recomienda que el peso de la arena esté entre 2 y 3 veces el peso de conglomerante;
- v) se recomienda que el peso de la gravilla sea 1 a 2 veces el peso de conglomerante.

**F.A.6.1.1** Debe notarse que la determinación de la resistencia prismática de proyecto a partir de ensayos de prismas de albañilería, se justifica en la medida que no se conocen las propiedades de los materiales componentes y la forma en que éstos se combinan para determinar la resistencia de la albañilería.

**F.A.6.1.2** Estos valores se basan en los resultados experimentales del Plan Piloto y son necesariamente conservadores. En tanto no se procesen nuevos antecedentes experimentales, se recomienda el uso del procedimiento indicado en A.6.1.1 para determinar el valor de  $f_m'$ . No ha sido posible establecer una relación para el caso de los bloques de hormigón o unidades similares con hormigón de relleno, ya que en este caso el valor de  $f_m'$  depende en forma preponderante de la resistencia del hormigón de relleno.

**F.A.6.3** El valor del módulo de corte se ha tomado de la norma mexicana; dicho valor se obtuvo de los resultados de ensayos de compresión diagonal en muretes de albañilería, en los que se midió la variación experimentada por un ángulo recto.

**F.C.4** Se recomienda el uso de una mezcladora especial para mortero para efectuar su proceso de mezclado.

**F.C.5** Durante el proceso de colocación de las unidades de albañilería, debe tenerse especial cuidado en dejar cargada la última hilada, tanto cuando se detenga el avance de la construcción como cuando se trate de la última hilada de la construcción.

**F.D.2.2** El criterio de aceptabilidad se basa en la aplicación de la norma NCh1208, con fracción defectuosa máxima de 4,0% (AQL), variabilidad desconocida y un número de resultados de muestras igual a 3,0. Si se usa un número de muestras superior a 3, el criterio de aceptabilidad debe ser modificado de acuerdo a lo estipulado en la norma NCh1208.



---

**NORMA CHILENA OFICIAL**

***NCh* 1928.Of1993**

Modificada en 2003

---

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION • INN-CHILE

---

## **Albañilería armada - Requisitos para el diseño y cálculo**

***Reinforced masonry - Requirements for structural design***

Segunda edición : 2003

**Descriptores:** *albañilería, albañilería armada, cálculo estructural, cálculos de diseño, diseño estructural, requisitos*

---

CIN 91.080.30

---

COPYRIGHT © 2003 : INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

\* Prohibida reproducción y venta \*

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

Web : [www.inn.cl](http://www.inn.cl)

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