

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

774: 2012

---

**CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS PARA OBRAS DE  
MAMPOSTERIA  
(EN 1996-1: 2005, MOD)**

Code of good practices for masonry structures

---

ICS: 91.010.30, 91.080.30

1. Edición      Octubre 2012  
**REPRODUCCIÓN PROHIBIDA**

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.  
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: [nc@ncnorma.cu](mailto:nc@ncnorma.cu); Sitio  
Web: [www.nc.cubaindustria.cu](http://www.nc.cubaindustria.cu)



Cuban National Bureau of Standards

**NC 774: 2012**

## **Prefacio**

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

### **Esta Norma Cubana:**

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 39 de Albañilería en el que están representadas las siguientes entidades:
  - Ministerio de la Construcción (MICONS)
  - Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción (CTDMC)
  - Ministerio de Industria Básica (MINBAS)
  - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias (MINFAR)
  - Diseño Ciudad Habana (DCH)
  - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE)
  - Oficina Nacional de Normalización (ONN)
- Es una adopción modificada de la Norma Europea EN 1996 – 1: 2005 *Eurocódigo 6 Proyecto de estructuras de mampostería. Parte 1-1: Reglas generales para estructuras de mampostería armada y sin armar.*
- Contiene modificaciones respecto a la citada Norma Europea en aspectos tales como:
  - La expresión de la resistencia característica de un muro.
  - Las consideraciones sobre la forma de abordar el pandeo en elementos comprimidos.
- Sustituye a la NC 53-115:1984 Elaboración de proyectos de construcción. Obras de fábrica. Método de cálculo.

## **© NC, 2012**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261 El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba.**

**Índice**

<b>1 Objeto.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Referencias Normativas .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Términos, definiciones y símbolos.....</b>	<b>5</b>
<b>4 Bases de Proyecto .....</b>	<b>11</b>
<b>5 Materiales .....</b>	<b>13</b>
<b>6 Proyecto de Mampostería .....</b>	<b>18</b>
<b>7 Detalles Estructurales .....</b>	<b>50</b>
<b>8 Construcción .....</b>	<b>67</b>

## 0 Introducción

**0.1** Los cálculos y comprobaciones realizados a las obras de mampostería en este Código están basados en el método de estados límite; por tanto todos los elementos de las mismas deberán satisfacer los estados límite último y de utilización. No obstante, si algún proyectista desea hacer estos análisis basándose en cualquier otro método de cálculo podrá hacerlo siempre y cuando sea consecuente con las hipótesis planteadas por el método escogido.

**0.2** Se tratarán las mamposterías armadas cuyas armaduras se incluyen para dotarla de ductilidad, de resistencia o de funcionalidad. Se dan los principios para el proyecto de las mamposterías confinadas, pero no las reglas de aplicación.

**0.3** Este Código no incluye aspectos específicos de estructuras especiales como arcos y cúpulas.

**0.4** Se adoptan los siguientes supuestos:

- Las estructuras se proyectan por profesionales con adecuada calificación y experiencia.
- Se dispone de la adecuada supervisión y control de calidad en mamposterías, taller y obra.
- La construcción se realiza por personal con la apropiada destreza y experiencia.
- Los materiales y productos de construcción se emplean según las especificaciones de las Normas Cubanas vigentes.
- El mantenimiento de la estructura será el adecuado.
- El uso de la estructura se corresponderá con el establecido en el proyecto.

**0.5** Cuando se empleen piezas de materiales no contemplados en el presente Código, su uso deberá avalarse mediante los correspondientes ensayos que garanticen los niveles de resistencia, seguridad y durabilidad aceptables para este tipo de obra.

**0.6** Las cargas a que están sometidos los elementos de las estructuras de mampostería son iguales a las que se relacionan en la NC 284.

## CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS PARA OBRAS DE MAMPOSTERIA

### 1 Objeto

Este Código de Buenas Prácticas establece el método de cálculo que debe utilizarse en el diseño de muros, pilastras y otros elementos resistentes en estructuras de mampostería de ladrillos cerámicos, bloques de hormigón y piedra natural asentados sobre mortero, estableciendo las particularidades que pudieran requerirse de acuerdo al elemento componente. Se refiere tanto a obras de albañilería sin armar como a las parcialmente armadas y las reforzadas.

### 2 Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de este Código de Buenas Prácticas, para las referencias fechadas, solo se toma en consideración la edición citada. Para las referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

NC 284:2003 Edificaciones. Cargas de uso.

NC 247:2010 Bloques huecos de hormigón. Especificaciones.

NC 360: 2005 Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Requisitos.

NC 54-277:1984 Materiales y productos de la construcción. Elementos aligerados de cerámica roja. Especificaciones de calidad.

NC 54-032:1985 Materiales y productos de la construcción. Roca natural. Determinación de la resistencia a la compresión.

NC 175:2002 Morteros de albañilería. Especificaciones.

NC 120:2007 Hormigón hidráulico. Especificaciones.

NC 7:2002 Barras de acero para refuerzo de hormigón. Especificaciones (En revisión).

NC 285:2003 Carga de viento. Método de cálculo.

NC 46:1999 Construcciones sismorresistentes. Requisitos básicos para el diseño y construcción.

NC 53-153:1985 Elaboración de proyectos de construcción. Empuje de suelos. Procedimientos de cálculo.

NC 207:2003 Requisitos generales para el diseño y construcción de estructuras de hormigón.

### 3 Términos, definiciones y símbolos

A los fines de esta norma se aplican los términos y las definiciones siguientes:

**3.1.1 aparejo**

Ley de traba que rige la disposición en que deben colocarse las piezas de la obra de mampostería para garantizar su trabajo conjunto.

**3.1.2 canto**

Cara mediana de la pieza.

**3.1.3 enlace o llave**

Elemento empleado como conector entre las hojas de un muro doblado o capuchino.

**3.1.4 grueso**

Dimensión de la arista menor de la pieza.

**3.1.5 hilada**

Cada una de las capas o series de ladrillos o bloques que se colocan horizontalmente en forma ordenada en el muro que se está construyendo.

**3.1.6 ladrillo hueco**

Ortoedro con taladros en tabla que no cumplen con las condiciones expuestas para ladrillos perforados u ortoedros con taladros en canto o testa

**3.1.7 ladrillo macizo**

Ortoedro macizo o con rebajes de profundidad no mayor de 0,5 cm y que dejen completo un canto y las dos testas, o con taladros en tabla de volumen no superior al 10 % y área individual no mayor de 2,5 cm<sup>2</sup>.

**3.1.8 ladrillo perforado**

Ortoedro con taladros en tabla de volumen superior al 10 %, cuyos taladros tengan un área menor de 2,5 cm<sup>2</sup> y las paredes interiores no menos de 1 cm de espesor y los exteriores no menos de 2 cm de espesor.

**3.1.9 lechada**

Mortero fluido de cemento y arena.

**3.1.10 mampostería**

Construcción compuesta de piezas naturales o moldeadas, por lo general suficientemente pequeñas para que puedan ser manipuladas por una persona y adheridas con mortero o lechada.

**3.1.11 mampostería armada o reforzada**

Construcción de mampostería a la que se le adicionan barras de acero ordinario para mejorar ciertas propiedades (resistencia, ductilidad)

**3.1.12 mampostería macizada**

Construcción de mampostería de bloques con los huecos rellenos total o parcialmente con mortero u hormigón.

**3.1.13 muro aparejado**

Muro trabado en todo su espesor ejecutado con una sola clase de ladrillos.

**3.1.14 muro apilastrado**

Muro aparejado con resalto de pilastras.

**3.1.15 pieza de mampostería**

Unidad que ensamblada mediante cierta ley de traba constituye un tabique o muro de carga.

**3.1.16 pilastra**

Resalto en un muro aparejado y que cumple con la condición de proyectar no menos del espesor  $t$  a partir de la cara de éste.

También se consideran pilastras las columnas de hormigón armado dentro de un muro de mampostería que se hayan ejecutado simultáneamente con éste o con posterioridad pero de modo que pueda aceptarse que constituyen un arriostramiento para el muro (en Cuba se les denomina catalanas).

**3.1.17 prisma**

Conjunto de piezas de mampostería unidas por mortero y que se emplean como elemento de ensayo para determinar las propiedades de la obra de mampostería.

**3.1.18 sogá**

Dimensión de la arista mayor de la pieza.

**3.1.19 tabla**

Cara mayor de la pieza.

**3.1.20 testa**

Cara menor de la pieza.

**3.1.21 tizón**

Dimensión de la arista intermedia de la pieza.

**3.1.22 verdugada**

Hilada de ladrillos que se intercala en un muro con menor resistencia.

**3.2 Unidades de carga**

Se emplearán las unidades del S.I. de acuerdo con la NC ISO 1000.

- fuerzas y cargas: kN, kN/m, kN/m<sup>2</sup>;
- masa específica: kg/m<sup>3</sup>;
- peso específico: kN/m<sup>3</sup>;
- tensiones y resistencias: N/mm<sup>2</sup> (MN/m<sup>2</sup> o MPa)
- momentos, (flectores, etc): kN-m

**3.3 Simbología**

**A<sub>s</sub>** Área de acero en tracción o menos comprimida.

**A'<sub>s</sub>** Área de acero en compresión o menos traccionada.

**A<sub>sh</sub>** Área de refuerzo horizontal en un muro.

$A_{st}$	Área de armadura transversal en muro.
$A_{sv}$	Área de refuerzo vertical en un muro.
$a$	Longitud de entrega o de apoyo de un elemento sobre su soporte.
$B_b$	Área bruta de la sección de la pieza o elemento de mampostería.
$B_e$	Área efectiva de la sección de la pieza o elemento de mampostería.
$B_n$	Área neta de la sección de la pieza o elemento de mampostería.
$b$	Ancho de una viga de sección rectangular y ancho del alma de una viga de sección I, T,
$b_c$	Ancho de una columna de mampostería.
$b_e$	Ancho eficaz de un muro.
$b_p$	Ancho de una pilastra
$b_v$	Ancho virtual de una columna
$d$	Peralto efectivo o canto útil.
$E^*$	Acción estabilizante de cálculo
$E_a$	Módulo de deformación longitudinal del acero ordinario
$E_b$	Módulo de deformación longitudinal del hormigón
$E^*_{des}$	Acción desestabilizante de cálculo
$E_m$	Módulo de deformación longitudinal de la mampostería
$e$	Excentricidad de la resultante de las cargas transmitidas por el piso respecto al centro de gravedad del muro
$e_c$	Excentricidad constructiva
$e_d$	Excentricidad de diseño
$e_1$	Excentricidad de la carga en la coronación o borde superior de un muro respecto a su centro de gravedad
$e_p$	Excentricidad debida al pandeo

<b>f</b>	Coeficiente de fricción
<b>f<sub>bl</sub></b>	Resistencia del bloque a compresión
<b>f<sub>cg</sub></b>	Resistencia a compresión uniaxial del hormigón líquido (grout)
<b>f<sub>l</sub></b>	Resistencia del ladrillo a compresión
<b>f<sub>M</sub></b>	Resistencia del mortero a compresión
<b>f<sub>m1</sub></b>	Módulo de ruptura horizontal de la mampostería
<b>f<sub>m2</sub></b>	Módulo de ruptura vertical de la mampostería
<b>f<sub>mt</sub></b>	Resistencia de la mampostería a tracción coplanar
<b>f<sub>m</sub></b>	Resistencia de la obra de mampostería a compresión
<b>f<sub>p</sub></b>	Resistencia de la pieza o unidad de mampostería a compresión
<b>f<sub>pr</sub></b>	Módulo de ruptura de la pieza de mampostería
<b>f<sub>pt</sub></b>	Resistencia a tracción directa de la unidad
<b>f<sub>v</sub></b>	Resistencia al corte de la mampostería
<b>f<sub>y</sub></b>	Esfuerzo de fluencia del acero
<b>G</b>	Módulo cortante del muro de mampostería.
<b>H</b>	Altura de un muro o columna de piso a piso.
<b>H<sub>e</sub></b>	Altura efectiva de un muro o columna a los efectos del pandeo
<b>H<sub>t</sub></b>	Altura total de un edificio
<b>h</b>	Peralto efectivo o canto útil
<b>h<sub>o</sub></b>	Espesor del piso
<b>h<sub>t</sub></b>	Altura total de una viga o dintel.
<b>I</b>	Momento de inercia de la sección.
<b>i</b>	Radio de giro de la sección.
<b>K</b>	Rigidez de un muro.
<b>K<sub>f</sub></b>	Rigidez a flexión de un muro.
<b>K<sub>c</sub></b>	Rigidez a cortante de un muro.
<b>k</b>	Relación entre la profundidad del eje neutro y el peralto efectivo de una sección.
<b>L</b>	Longitud de un claro o vano.
<b>L<sub>d</sub></b>	Longitud de anclaje recto.
<b>M</b>	Momento flector
<b>M<sub>d</sub></b>	Momento flector de diseño de la sección
<b>M<sub>fis</sub></b>	Momento de figuración
<b>M<sub>n</sub></b>	Momento flector nominal de la sección

$M_u$	Momento flector bajo cargas ponderadas
$n$	Número de barras
$P$	Carga axial
$P_d$	Carga axial de diseño de la sección
$P_n$	Carga axial nominal de la sección
$P_u$	Carga axial bajo cargas factorizadas o ponderadas
$p$	Perímetro de una barra
$s$	Espaciamiento entre elementos de arriostramiento en un muro; espaciamiento entre cercos
$t$	Espesor de un muro
$t_a$	Espesor del ala de un muro T o L
$t_c$	Peralto de una columna de mampostería
$t_e$	Espesor efectivo de un muro
$t_p$	Peralto de una pilastra
$V$	Cortante actuante en una sección
$V_d$	Cortante de diseño de una sección
$V_n$	Cortante nominal de una sección
$V_u$	Cortante último de la sección debido a cargas ponderadas o factorizadas
$W$	Módulo de sección
$z$	Valor del brazo interno en flexión debido a cargas de servicio
$z_u$	Valor del brazo interno en flexión debido a cargas ponderadas
$\alpha$	Angulo de inclinación; coeficiente de altura virtual por pandeo
$\beta$	Coeficiente reductor
$\epsilon_s$	Deformación unitaria del acero ordinario a tracción o menos comprimido
$\epsilon'_s$	Deformación unitaria del acero ordinario a compresión
$\epsilon'_c$	Deformación unitaria del hormigón en compresión
$\epsilon'_m$	Deformación unitaria de la mampostería en compresión
$\zeta$	Tensión rasante
$\lambda$	Esbeltez geométrica
$\lambda_m$	Esbeltez mecánica
$\xi$	Coeficiente de incremento de resistencia bajo carga concentrada
$\sigma$	Tensión normal

$\Sigma$	Sumatoria
$\phi$	Diámetro de la barra
$\omega_g$	Cuantía geométrica del acero a tracción
$\omega_m$	Cuantía mecánica del acero a tracción

## 4 Bases de proyecto

### 4.1 Requisitos fundamentales

(1) Una estructura se proyectará y ejecutará de modo que:

- Se mantenga apta para el uso requerido con una probabilidad aceptable, considerando la vida prevista del edificio y su costo.
- Soporte las acciones e incidencias que puedan producirse durante la ejecución y uso con una apropiada fiabilidad y tenga una durabilidad acorde al costo del mantenimiento.

(2) Una estructura se proyectará de modo que los daños que se puedan producir por explosiones, impactos o como consecuencia del error humano, no sean desproporcionados con las causas que los provocan.

(3) El daño potencial debe limitarse o evitarse, eligiendo uno o más de los siguientes puntos:

- Se evitarán, eliminarán o reducirán los riesgos que soporte la estructura;
- Se elegirá un tipo de estructura con baja sensibilidad a los riesgos considerados;
- Se proyectará una estructura que soporte adecuadamente la eliminación accidental de alguno de los elementos resistentes;
- Se enlazarán la totalidad de la estructura.

(4) Los requisitos anteriores se cumplirán eligiendo los materiales apropiados, el proyecto y los detalles correctos y estableciendo métodos de control de producción, construcción y uso aplicables a dicho proyecto.

### 4.2 Definiciones y clasificaciones

#### 4.2.1 Estados límites

(1) Se denomina estado límite a aquel que de alcanzarse, la estructura no satisface las exigencias de comportamiento.

(2) Los estados límites se clasifican en:

- estados límites últimos;
- estados límites de utilización.

(3) Los estados límites últimos son estados asociados al colapso u otras formas de fallo estructural, que puedan poner en peligro la seguridad inmediata de las personas.

(4) Los estados límites últimos incluyen:

- pérdida de equilibrio de la estructura o de una parte de la misma considerada como cuerpo rígido;
- fallo por deformación excesiva, rotura o inestabilidad de la estructura o de una parte de ella, incluyendo apoyos y cimentaciones.

(5) Los estados límites de utilización son estados que si se sobrepasan no se cumplen los criterios de servicio especificados.

(6) Los estados límites de utilización comprenden:

- deformaciones que puedan afectar la apariencia o al uso de la estructura (incluyendo el mal funcionamiento de máquinas o servicios) o causar daños a los acabados o a elementos no estructurales;
- vibraciones que molesten a las personas, dañen al edificio o a su contenido, o limiten su efectividad funcional.

## **4.2.2 Acciones**

### **4.2.2.1 Definición y clasificación**

(1) Una acción es:

- una fuerza (carga) aplicada a la estructura ( acción directa) ; o
- una deformación impuesta (acción indirecta), por ejemplo, efectos de la temperatura o asentos de apoyos.

(2) Las acciones se clasifican:

(i) Por su variación en el tiempo:

- acciones permanentes
- acciones variables
- acciones accidentales
- 

(ii) Por su variación en el espacio

- acciones fijas
- acciones libres

(3) El pretensado es una acción permanente que no será incluida en este Código.

### **4.2.2.2 Valores característicos de las acciones**

Los valores característicos de las acciones son aquellos que en su límite superior tienen una cierta probabilidad de no ser rebasado y en su límite inferior una cierta probabilidad de no ser alcanzado.

### 4.2.2.3 Valores de cálculo de las acciones

Los valores de cálculo de las acciones se determinan a partir de los criterios expuestos en el Código. La solicitación final del cálculo o solicitación última no será nunca superior a 1,4 veces la solicitación nominal, o sea:

$$S_u \leq 1,4 S_n \quad (4.1)$$

donde

$S_u$  es la solicitación última, o sea la debida a las cargas ponderadas;

$S_n$  es la solicitación característica o nominal

### 4.3 Requisitos de proyecto

(1) Se verificará que no se sobrepase ninguno de los estados límites pertinentes.

(2) Los cálculos se realizarán utilizando modelos de proyecto adecuados que incluyan todas las variables significativas. Los modelos serán lo suficientemente precisos para predecir el comportamiento de la estructura, acordes con la destreza previsible de los operarios y con la fiabilidad de la información en la que se basa el proyecto.

### 4.4 Durabilidad

Para asegurar una durabilidad adecuada de la estructura, se considerarán los siguientes factores interrelacionados:

- el uso de la estructura;
- los criterios de comportamiento requeridos;
- las condiciones del ambiente que rodea a la obra;
- la composición, propiedades y comportamiento de los materiales;
- la forma de los elementos y los detalles de la estructura;
- la calidad de la mano de obra y el nivel de control de la fabricación;
- las medidas preventivas adoptadas;
- el mantenimiento previsto durante la vida útil de la estructura.

## 5 Materiales

### 5.1 Piezas de mampostería

5.1.1 Las piezas de mampostería serán de los tipos siguientes:

- Piezas de hormigón (con áridos ordinarios) según la norma NC 247
- Piezas de cerámica
- Ladrillos huecos de cerámica roja según las NC 360 y la NC 54 - 277
- Piezas de piedra natural según la NC 54 - 032

Las piezas de mampostería se clasificarán por el nivel de control de fabricación en categorías según las normas cubanas antes mencionadas.

## 5.1.2 Propiedades de las piezas de mampostería

### 5.1.2.1 Resistencia a compresión de las piezas de mampostería

La resistencia a compresión de las piezas de mampostería que se empleará en el cálculo será la resistencia normalizada a compresión,  $f_m$ .

La resistencia normalizada a compresión de las piezas es la resistencia obtenida mediante ensayos según se explica en el Código, de cada tipo de pieza

### 5.1.2.2 Durabilidad de las piezas de mampostería

Las piezas de mampostería tendrán suficiente durabilidad para resistir las condiciones de exposición local durante la vida prevista del edificio.

NOTA En los capítulos 7 y 8 de este Código se dan orientaciones sobre el proyecto y construcción para conseguir la adecuada durabilidad.

## 5.2 Mortero

### 5.2.1 Tipos de mortero

- (1) El mortero empleado en albañilería cumplirá lo establecido en la NC 175
- (2) Los morteros para albañilería se clasificarán en tipo: I, II, III, IV y V. De ellos se recomienda emplear el tipo I en juntas de muros no portantes y los tipos II y III en el llenado de juntas de muros de carga tanto de bloques como de ladrillos, según la NC 175

### 5.2.2 Propiedades de los morteros

#### 5.2.2.1 Resistencia a compresión del mortero

- (1) La resistencia a compresión del mortero,  $f_M$  se especifica en la NC 175
- (2) El mortero ordinario para la unión de las piezas de mampostería en una pared portante no será inferior al tipo III.

#### 5.2.2.2 Durabilidad del mortero

El mortero de la mampostería tendrá suficiente durabilidad para resistir las condiciones de exposición local para la vida prevista del edificio.

#### 5.2.2.3 Adherencia entre piezas y mortero

- (1) La adherencia entre el mortero y las piezas de mampostería será la adecuada al uso previsto.
- (2) La adherencia adecuada se obtiene generalmente con el uso de los morteros que se especifican en la norma NC 175.

### **5.3 Hormigón de relleno**

#### **5.3.1 Generalidades**

El hormigón empleado para el relleno de las piezas de mampostería cumplirá con la NC 120.

#### **5.3.2 Especificaciones para el hormigón de relleno**

- (1) El hormigón de relleno tendrá una resistencia característica a la compresión mínima de 15 MPa si no va reforzado y de 20 MPa si es reforzado.
- (2) El tamaño máximo del árido será 10 mm cuando el hormigón rellene huecos de dimensión no menor de 50 mm, o cuando el recubrimiento de las armaduras esté entre 15 mm y 25 mm. No será mayor de 20 mm cuando el hormigón rellene huecos de dimensión no menor de 100 mm o cuando el recubrimiento de la armadura no sea menor de 25 mm.
- (3) El asentamiento del hormigón será tal que asegure que los huecos de las piezas se rellenen totalmente.
- (4) Cuando se emplee hormigón fluido para rellenar huecos, se podrán incorporar aditivos que permitan alcanzar esta propiedad; estos aditivos deben estar debidamente avalados por autoridades técnicas competentes.

### **5.4 Acero de refuerzo**

#### **5.4.1 Generalidades**

El acero de refuerzo se ajustará a la NC 7.

#### **5.4.2 Durabilidad del acero de refuerzo**

El acero de refuerzo colocado de acuerdo con las reglas de aplicación del capítulo 7 de este Código, tendrá suficiente durabilidad para resistir las condiciones de exposición locales durante la vida prevista del edificio.

### **5.5 Propiedades mecánicas de la mampostería**

#### **5.5.1 Generalidades**

- (1) Se distingue entre:
  - la mampostería en si, considerada como un conjunto de piezas y mortero, que posee propiedades mecánicas intrínsecas y
  - el elemento estructural de mampostería (por ejemplo, un muro), cuyas propiedades mecánicas dependen de sus propiedades intrínsecas, de la geometría del elemento y de la interacción entre partes contiguas.
- (2) Las propiedades mecánicas intrínsecas de la mampostería, obtenidas mediante métodos normalizados de ensayo y empleadas en el cálculo son:

- Resistencia a la compresión  $f'_m$
- Resistencia a cortante  $f_v$
- Resistencia a tracción por flexión horizontal  $f_{m1}$  y por flexión vertical  $f_{m2}$
- Relación tensión - deformación ( $\sigma$ - $\epsilon$ )

(3) Aunque la mampostería tiene resistencia a la tracción directa, generalmente no se emplea en el cálculo.

### 5.5.2 Resistencia característica a compresión de la mampostería

(1) La resistencia característica a compresión  $f'_m$  se determinará mediante ensayos sobre probetas llamadas prismas, o bien estimarse a partir de las resistencia a compresión de las piezas de mampostería y del mortero tal como se aprecia en las formulas (5.1) y (5.2).

(2) Cuando no se disponga de ensayos para un proyecto específico o a nivel nacional, puede admitirse que la resistencia característica a compresión de la mampostería  $f'_m$  no será inferior al valor obtenido con la resistencia de la pieza y la resistencia del mortero, siempre que:

- la mampostería se ejecute de acuerdo a lo especificado en el capítulo 7 de este Código
- las piezas con que se conformen sean las especificadas en el apartado 5.1

La resistencia característica a compresión de la mampostería de bloques o ladrillos con mortero ordinario se calculará con las ecuaciones 5.1 y 5.2 en las que todos los términos de resistencia se expresan en  $\text{kg/cm}^2$

$$f'_m = \left( \frac{100 + f'_p}{100 + 2,5f'_p} \right) \left( 1 - \frac{0,3}{0,6 + \frac{f'_M}{f'_p}} \right) f'_p \quad \text{Para muro de bloques (5.1)}$$

$$f'_m = 1,2 \left( \frac{100 + f'_p}{100 + 3,3f'_p} \right) \left( 1 - \frac{0,4}{0,6 + \frac{f'_M}{f'_p}} \right) f'_p \quad \text{Para muro de ladrillos (5.2)}$$

donde

$f'_m$  Resistencia característica a la compresión del muro.

$f'_M$  Resistencia característica del mortero

$f'_p$  Resistencia característica de la pieza de mampostería (bloque o ladrillo)

### 5.5.3 Resistencia característica a cortante de la mampostería

(1) La resistencia característica a cortante de una mampostería se determinará mediante probetas de ensayo llamadas prismas o bien estimarse a partir del valor de la resistencia a corte puro  $f_{vko}$  y de la tensión de compresión actuante  $\sigma'_m$

(2) En mampostería de mortero ordinario según el apartado 5.2.2.1(2), si no se dispone de ensayos, puede admitirse que la resistencia característica a corte  $f_v$  será el menor de los valores siguientes:

$$f_v = f_{vko} + 0,4 \sigma'_m \quad (5.3)$$

$$\delta = 0,065 f'_m$$

ó = el valor límite de la Tabla 5.1

donde

$f_{vko}$  Resistencia a cortante puro, con tensión de compresión nula, para mortero ordinario según la Tabla 5.1

NOTA De no existir resultados de ensayos, el valor de  $f_v$  se tomará igual a  $0,1 \text{ N/mm}^2$

$\sigma'_m$  Tensión de cálculo a compresión perpendicular a la Tabla

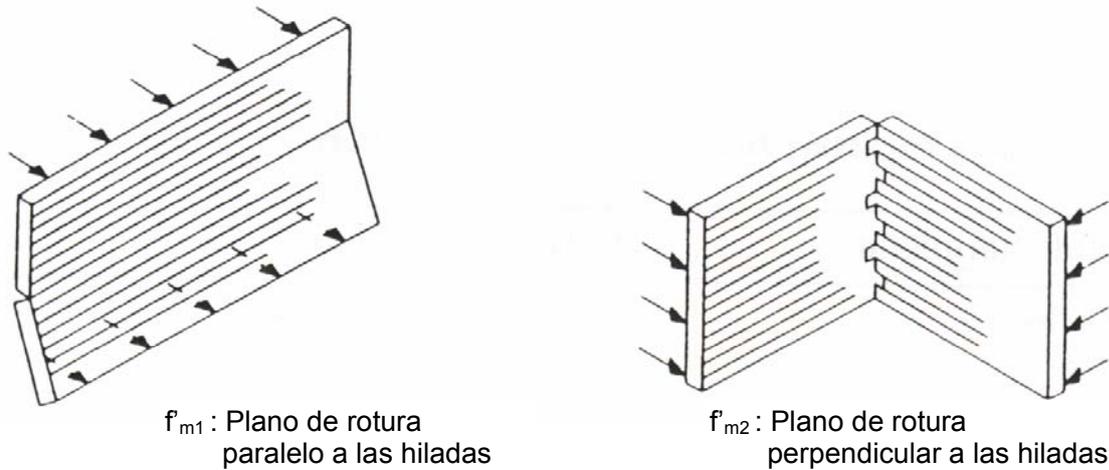
**Tabla 5.1 — Resistencia a cortante puro  $f_{vko}$  y límite de  $f_v$  para mampostería de mortero ordinario**

Piezas de mampostería	Resistencia del mortero (MPa)	$f_{vko}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Límite de $f_v$ (N/mm <sup>2</sup> )
Arcilla cocida	$f'_M = 12,4$	0,30	1,0
	$2,4 \leq f'_M \leq 8,9$	0,20	1,0
	$f'_M < 2,4$	0,10	1,0
Sílicocalcáreas	$f'_M = 12,4$	0,20	1,0
	$2,4 \leq f'_M \leq 8,9$	0,15	1,0
	$f'_M < 2,4$	0,10	1,0
Hormigón	$f'_M = 12,4$	0,20	1,0
Piedra natural	$f'_M = 12,4$	0,10	1,0

### 5.5.4 Resistencia característica a flexión de la mampostería

(1) La resistencia característica a flexión de la mampostería con planos de rotura paralelo y perpendicular respectivamente a las hiladas ( $f_{m1}$  y  $f_{m2}$ ), serán determinadas mediante ensayos (ver Figura 5.1)

(2) A falta de estos, pueden utilizarse los valores dados en la Tabla 5.2



**Figura 5.1 — Resistencias a flexión en dirección perpendicular  $f_{m1}$  y paralela  $f_{m2}$  a la junta horizontal**

**Tabla 5.2 — Valores de  $f_{m1}$  y  $f_{m2}$**

Piezas de mampostería	$f_{m1}$ (N/mm <sup>2</sup> )		$f_{m2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
	$f_M < 5,0$ MPa	$f_M \geq 5,0$ MPa	$f_M < 5,0$ MPa	$f_M \geq 5,0$ MPa
Arcilla cocida	0,10	0,10	0,20	0,40
Sílico calcáreas, hormigón y piedra natural	0,05	0,10	0,20	0,40

NOTA El valor  $f_{m2}$  no se tomará mayor que la resistencia a flexión de la pieza

## 6 Proyecto de las obras de mampostería

### 6.1 Comportamiento estructural y estabilidad global

#### 6.1.1 Modelos de comportamiento estructural

(1) Se establecerá un modelo para la comprobación en cada estado límite, con:

- la descripción apropiada de la estructura, de sus materiales constitutivos y de las condiciones ambientales;
- el comportamiento de la estructura o de sus partes, relativo al estado límite;
- las acciones y su forma de aplicación.

(2) Pueden proyectarse independientemente partes o elementos de la estructura (por ejemplo, muros), considerando su disposición espacial y la interacción estructural.

(3) La estabilidad y fortaleza de una estructura exigen apropiada disposición espacial y conexión e interacción entre sus elementos.

(4) La interacción entre los elementos de la mampostería, o entre éstos y los de otra clase, necesaria para la estabilidad y la fortaleza de una estructura, exige apropiados dispositivos de enlace, proyectados y ejecutados según los capítulos 7 y 8 de este Código. Para considerar el efecto de las imperfecciones, se admite que la estructura se desvía de la vertical un ángulo  $\nu=1/100\sqrt{H_T}$  radianes, siendo  $H_T$  la altura total de la estructura en metros.

(5) Una estructura con muros de mampostería proyectados según el capítulo 4 de este Código se arriostrará convenientemente para que no pueda oscilar.

(6) El proyectista responsable de la estabilidad global de la estructura asegurará que el proyecto es compatible con los detalles de las partes y componentes.

### **6.1.2 Comportamiento estructural en situaciones accidentales (excepto sismo o incendio)**

(1) Además de proyectar la estructura para soportar las cargas derivadas del uso normal, se asegurará una probabilidad razonable de que no colapse catastróficamente por efecto de un mal uso o accidente que origine daños desproporcionados a la causa.

NOTA No puede esperarse de ninguna estructura que resista cargas o fuerzas excesivas, ni que soporte la pérdida de elementos resistentes o partes de la estructura producidos en caso extremo.

(2) Se considerará una hipotética pérdida de elementos resistentes fundamentales de la estructura, o se proyectará cada elemento para soportar acciones accidentales. En el primer caso, la evaluación de la estabilidad de la estructura restante considerará la integridad de llaves y riostras. En el segundo caso se considerará el efecto de las acciones accidentales en las llaves y riostras proyectadas para soportarlas. Se procurará reducir el riesgo de acciones accidentales, tales como impacto de vehículos

### **6.1.3 Proyecto de elementos estructurales**

Se comprobará el proyecto de elementos estructurales en estados límites últimos según el método de diseño planteado en este Código.

La estructura se proyectará de modo que se eviten o reduzcan fisuras o deformaciones que dañen revestimientos, particiones, acabados o instalaciones, o que afecten a la impermeabilidad.

No se necesita comprobar los elementos en estados límites de utilización, si se juzga que se verifican cuando se cumplen los estados límites últimos.

Las deformaciones de los forjados no afectarán desfavorablemente el comportamiento de los elementos de la mampostería.

Se establecerán precauciones que aseguren la estabilidad global de la estructura, o la de muros aislados durante la ejecución.

## 6.2 Acciones, combinaciones y coeficientes de reducción de la resistencia

### 6.2.1 Acción característica permanente

El valor característico  $G_k$  de una acción permanente se obtendrá según el apartado 4.2.2.2

### 6.2.2 Acción característica variable

El valor característico  $Q_k$  de una acción variable se obtendrá según el apartado 4.2.2.2. El valor representativo de una acción variable, empleado en las combinaciones de proyecto, se obtendrá según el apartado 4.2.2.3

### 6.2.3 Acción característica de viento

El valor característico  $W_k$  de una acción de viento se calculará según la NC 285.

### 6.2.4 Acción característica de sismo

Esta acción se determinará conforme con la NC 46.

### 6.2.5 Empuje característico de suelos

El valor característico del empuje de suelos se calculará según la NC 53 – 153.

### 6.2.6 Combinaciones de acciones

En cualquier estado límite, se considerarán las combinaciones de acciones que corresponda y se tomarán los coeficientes que produzcan las condiciones más desfavorables.

## 6.3 Resistencia de diseño de la mampostería

La resistencia de diseño de la mampostería es el resultado de multiplicar la resistencia característica por el correspondiente coeficiente de reducción  $\Phi$

$$\text{- a compresión} \quad \Phi f_m \quad (6.1)$$

$$\text{- a corte} \quad \Phi f_v \quad (6.2)$$

$$\text{- a flexión} \quad \Phi f_{mt} \quad (6.3)$$

Los valores de  $\Phi$  se obtendrán de la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 — Valores del coeficiente reductor  $\Phi$ 

Tipo de sollicitación	Valor de $\Phi$
Compresión axial, flexión y flexo compresión en mampostería simple	0,6
Compresión axial, flexión y flexo compresión en mampostería reforzada	0,8
Cortante	0,6
Aplastamiento	0,6

## 6.4 Muros de mampostería con carga vertical

### 6.4.1 Generalidades

- (1) La resistencia de un muro de mampostería con carga vertical depende de su excentricidad, de la geometría del muro y de las propiedades mecánicas de las piezas y el mortero.
- (2) Se admite en el cálculo que:
- la sección se mantiene plana;
  - el diagrama de tensión deformación es el de la Figura 6.1

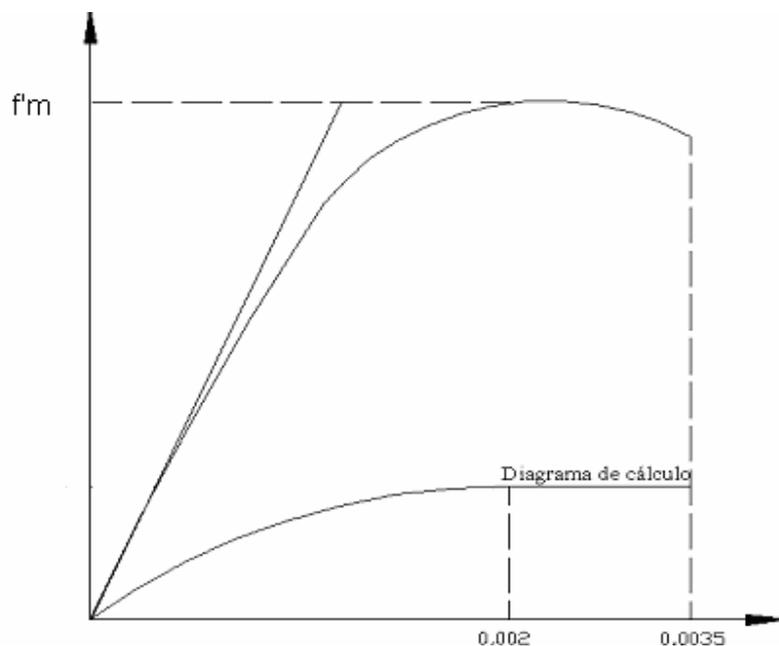


Figura 6.1 — Diagrama tensión – deformación general de una mampostería

- (3) Se considerarán en el proyecto:
- los efectos diferidos de las cargas
  - los efectos de segundo orden

- las excentricidades producidas por desviaciones constructivas y por diferencias en las propiedades de los materiales de los distintos componentes.

(4) En un muro de mampostería en estado límite último, la carga vertical de diseño a compresión,  $P_d$  será mayor o igual que la carga externa ponderada  $P_u$ ,

Es decir:

$$P_d \geq P_u \quad (6.4)$$

(5) Un método válido para la comprobación en estado límite último se da en los apartados 6.4.2 a 6.4.8.

#### 6.4.2 Comprobación de muros de mampostería

(1) La carga vertical de diseño de un muro de mampostería por unidad de longitud viene dada por la siguiente fórmula:

$$P_d = \phi \beta f'_m t \quad (6.5)$$

donde

$\Phi$  Factor reductor de la resistencia dado en la Tabla 5.3

$\beta$  Factor reductor por efecto de la esbeltez y la excentricidad de la carga, según el apartado 6.4.3;

$f'_m$  Resistencia característica a compresión de la mampostería, según el apartado 5.5.2

$t$  Espesor del muro, menos los rehundidos de las juntas si son mayores de 5 mm.

(2) Cuando el área  $B_b$  en  $m^2$ , de la sección horizontal de un muro sea menor que  $0,1 m^2$ , la resistencia a compresión de la mampostería,  $f'_m$  se multiplicará por:

$$(0,7 + 3B_b) \quad (6.6)$$

(3) Las ranuras o rebajes reducen la resistencia de un muro. Esta reducción puede despreciarse si se cumplen las limitaciones del apartado 7.4.

Si el tamaño, número o posición de estas ranuras y rebajes no cumplen las limitaciones, la resistencia vertical del muro se calculará como sigue:

- las ranuras o rebajes verticales se considerarán como huecos pasantes en el muro o se empleará el espesor residual del muro descontando ranuras o rebajes;
- las ranuras horizontales o inclinadas se considerarán como huecos pasantes en el muro, o se considerará la resistencia del muro en las zonas donde se ubican las ranuras, calculando la excentricidad de cargas respecto al espesor residual del muro.

### 6.4.3 Factor reductor por esbeltez y excentricidad

El factor reductor por esbeltez y excentricidad  $\beta$  se obtiene de la Tabla 6.1

**Tabla 6.1 — Valores del coeficiente reductor  $\beta$**

Esbeltez $\lambda = \frac{H_e}{t_e}$	Excentricidad $e_1$ de la carga en la coronación del muro			
	$\leq 0,05 t$	0,1 t	0,2 t	0,3 t
0	1,0	0,88	0,66	0,44
6	1,0	0,88	0,66	0,44
8	1,0	0,88	0,66	0,44
10	0,97	0,88	0,66	0,44
12	0,93	0,87	0,66	0,44
14	0,89	0,83	0,66	0,44
16	0,83	0,77	0,64	0,44
18	0,77	0,70	0,57	0,44
20	0,70	0,64	0,51	0,37
22	0,62	0,56	0,43	0,30
24	0,53	0,47	0,34	-
26	0,45	0,38	-	-
27	0,40	0,33	-	-

### 6.4.4 Altura virtual de un muro

#### 6.4.4.1 Generalidades

(1) La altura virtual o efectiva de un muro de carga se determinará considerando la rigidez relativa de los elementos estructurales unidos al muro y la eficiencia de las uniones.

(2) La altura efectiva de un muro es distinta en muros arriostrados en dos, tres o cuatro bordes y en muros libres. Se considera que arriostran a un muro la losa o forjado que se apoye sobre él así como otros muros transversales adecuadamente dispuestos o cualquier otro elemento estructural de rigidez análoga enlazado al muro, independientemente de su contribución a la estabilidad global de la estructura

A los efectos del análisis, se considera que la excentricidad  $e_1$  de la carga en el tope o coronación del muro varía linealmente hasta cero en la base. Por otro lado, el efecto del pandeo debido a la esbeltez se toma en cuenta mediante una excentricidad adicional que varía linealmente desde cero en el tope y en la base del tramo del muro considerado, hasta un valor  $e_p$  constante en el quinto de la altura y que está dado por (ver Figura 6.2)

$$e_p = t \left[ \frac{1}{2400} (H_e / t_e)^2 - 0,015 \right] \quad (6.7)$$

donde

- t Espesor del muro
- $H_e$  Altura efectiva
- $t_e$  Espesor efectivo

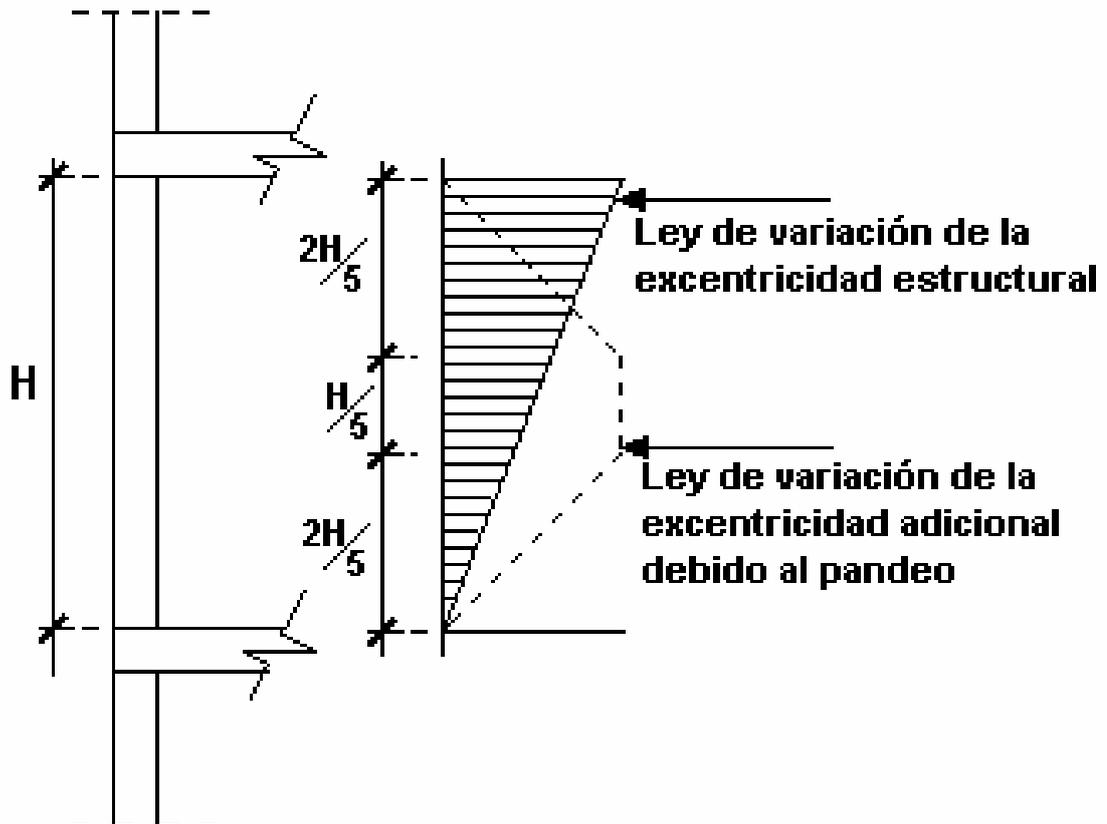


Figura 6.2 — Variación de las excentricidades para el análisis de muros

La excentricidad total de diseño alcanzará su valor máximo a  $\frac{2H}{5}$  medida desde el tope del muro y valdrá:

$$e_d = 0,6 e_1 + e_p \quad (6.8)$$

No obstante, en caso de relaciones de esbeltez pequeños,  $e_d$  pudiera ser menor que  $e_1$ . Por tanto,  $e_d$  debe escogerse como el mayor valor entre  $e_1$  y  $0,6 e_1 + e_p$ .

#### 6.4.4.2 Muros arriostrados

(1) Un muro se considera arriostrado en un borde vertical sí:

- no es previsible que se produzcan fisuras entre este muro y el muro arriostrante, por ejemplo, cuando ambos se ejecutan simultáneamente con materiales de análoga deformabilidad, están análogamente cargados, se enlazan, y no se esperan movimientos diferenciales entre ellos, por retracción, cargas, etc, o
- la unión entre el muro arriostrado y el arriostrante mediante traba, llaves u otros medios, se proyecta para resistir las tracciones y compresiones que se generen.

(2) Un muro arriostrante tendrá longitud no menor que 1/5 de la altura libre de piso; y espesor no menor que 0,3 del espesor efectivo del muro arriostrado.

(3) Si el muro arriostrante tiene huecos, la distancia entre ellos, incluyendo el espesor del muro arriostrado, no será menor que 1/5 de la altura media de los huecos (ver Figura 6.3); el muro arriostrante se prolongará más allá de cada hueco una distancia no menor que 1/5 de la altura libre de piso.

(4) Un muro puede arriostrarse también mediante otro elemento que tenga una rigidez equivalente a la del muro arriostrante de mampostería, según el párrafo (2), y esté enlazado al muro arriostrado mediante anclajes o llaves, proyectados para resistir las tracciones y compresiones previsibles.

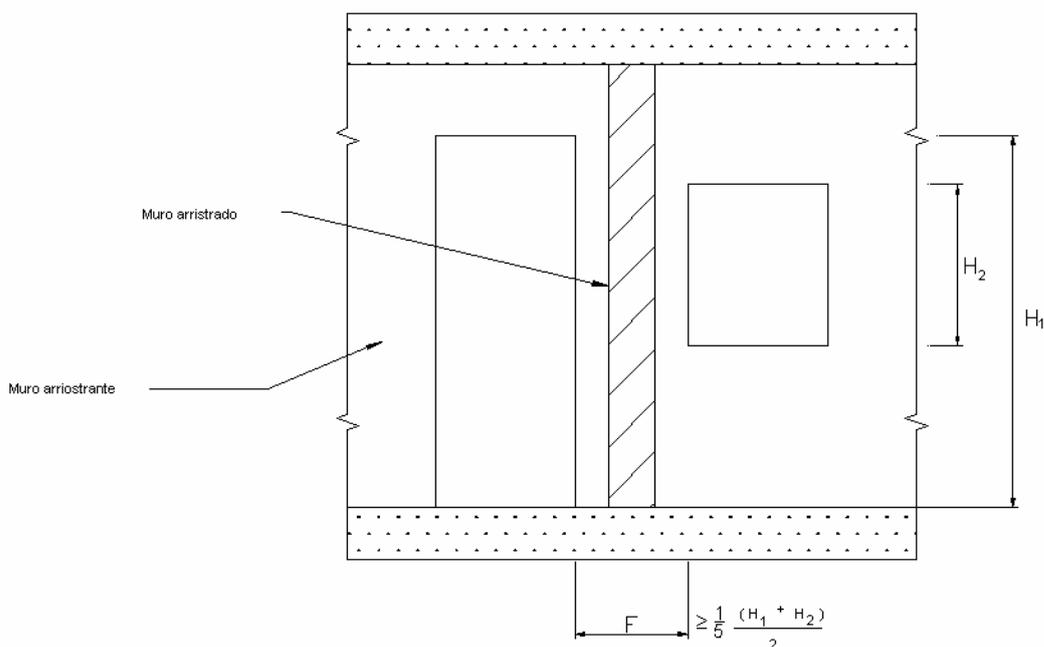


Figura 6.3 — Longitud mínima de un muro arriostrante con huecos

#### 6.4.4.3 Determinación de la altura efectiva

(1) La altura efectiva  $H_e$  de un muro puede tomarse igual a:

$$H_e = \alpha H \quad (6.9)$$

donde

$H$  es la altura libre de piso;

$\alpha$  es un coeficiente dado en la Tabla 6.2 que depende de la existencia o no de arrostramiento en la coronación del muro y de la relación entre la distancia  $s$  que separa los rigidizadores del muro y su altura  $H$ .

**Tabla 6.2 — Valores del coeficiente  $\alpha$**

Relación $\frac{s}{H}$	Muros con coronación	
	Arriostrado	No arriostrado
1	0,5	1,0
2	0,8	1,6
4 ó más	1,0	2,0
<p><b>NOTA 1:</b> Valores intermedios se interpolarán linealmente</p> <p><b>NOTA 2:</b> <math>s</math> es la distancia entre arriostres (Figura 6.4)</p>		

#### 6.4.4.4 Efecto de huecos, ranuras y rebajes en muros

- (1) En un muro arriostrado debilitado por ranuras o rebajes verticales, que no cumplen lo indicado en la Tabla 7.2, se tomará como valor de  $t$  el espesor residual. Se considerará borde libre cuando el espesor residual del muro sea menor que la mitad del espesor del muro.
- (2) La altura efectiva de un muro con un hueco de altura libre mayor que 1/4 de la altura de piso, o de anchura libre mayor que 1/4 de la longitud del muro, o de área mayor de 1/10 de la del muro, se determinará considerando borde libre el coincidente con el borde del hueco.
- (3) El efecto de ranuras y rebajes en la resistencia vertical de los muros se considerará según el apartado 6.4.2 (3).

#### 6.4.5 Espesor efectivo de un muro

El espesor efectivo  $t_e$  de un muro se tomará en conformidad con los siguientes casos:

- (1) Muros no rigidizadores por pilastras u otros muros transversales:

$$t_e = t \quad (6.10)$$

- (2) Muros rigidizados por pilastras u otros muros transversales según Figura 6.4.

$$t_e = \delta t \quad (6.11)$$

donde

$\delta$  Se toma de la Tabla 6.3 en función de:

$t_p$  Dimensión de la pilastra perpendicular al muro, incluyendo el espesor de este;

$b_p$  Ancho de la pilastra;

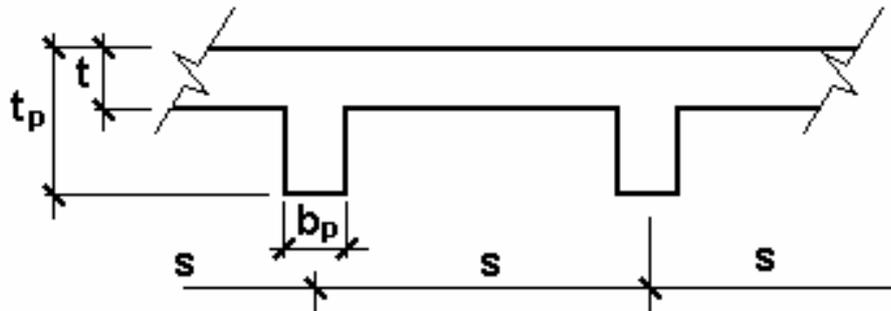
$s$  Distancia entre ejes de pilastras;

$t$  Espesor del muro

**Tabla 6.3 — Valores del coeficiente  $\delta$**

$t_p/t$	$S/b_p$						
	4	5	6	8	10	15	20
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1,5	1,17	1,14	1,11	1,09	1,07	1,05	1,04
2,0	1,40	1,33	1,29	1,22	1,18	1,13	1,09
2,5	1,68	1,58	1,50	1,39	1,33	1,23	1,18
3,0	2,0	1,86	1,75	1,60	1,50	1,35	1,27

NOTA Valores intermedios se interpolarán linealmente



**Figura 6.4 — Muro apilastrado**

#### 6.4.6 Esbeltez de muros

La esbeltez  $H_e/t_e$  de un muro no será mayor de 27.

#### 6.4.7 Excentricidad en el espesor del muro

##### 6.4.7.1 Generalidades

- (1) Se considerará la excentricidad de la carga en dirección del espesor del muro.
- (2) La excentricidad se calculará considerando las propiedades del material dadas en el capítulo 5 de este Código, el comportamiento de las juntas y los principios de la mecánica estructural.

### 6.4.7.2 Consideración de las imperfecciones

- (1) Se considerará una excentricidad accidental por imperfecciones de ejecución,  $e_c$ , en toda la altura del muro.
- (2) La excentricidad accidental por imperfecciones de ejecución será:  $e_c = H_e / 450$  donde  $H_e$  es la altura efectiva del muro, según el apartado 6.4.4.

### 6.4.8 Cargas concentradas

- (1) En un muro con carga concentrada en un área, en estado límite último, la tensión en el muro bajo dicha área debida a la carga con su valor ponderado no será mayor que la resistencia de cálculo del área cargada.
- (2) En un muro con carga concentrada, ejecutada según el capítulo 5 de este Código, la resistencia de cálculo a compresión del área cargada es:

$$\xi \phi' f'_m \quad (6.12)$$

con el factor de incremento:

$$\xi = \left[ \left( 1 + 0,15x \right) \left( 1,5 - 1,1 \frac{B_c}{B_e} \right) \right] \geq 1 \quad (6.13)$$

ni mayor que:

$$\varepsilon = 1,25 \quad \text{para } x = 0 \quad (6.14)$$

$$\varepsilon = 1,50 \quad \text{para } x = 1 \quad (6.15)$$

Para  $0 < x < 1$  se admite la interpolación lineal

donde

$f_m$  Resistencia característica a compresión de la mampostería, según el apartado 5.5.2

$\Phi$  Coeficiente reductor de la resistencia, según la Tabla 5.3

$$x = \frac{2a_1}{H} \leq 1$$

$a_1$  Distancia del extremo del muro al borde más próximo del área cargada (ver Figura 6.5);

$H$  Altura del muro hasta el nivel de la carga;

$B_c$  Área cargada, no mayor que  $0,45 B_e$

$B_e = L_e t$  Área efectiva del muro (ver Figura 6.5)

$L_e$  Longitud efectiva por líneas a  $60^\circ$  a media altura del muro (ver Figura 6.5);

$t$  Espesor del muro, considerando en las juntas la profundidad de rehundido si es mayor de 5 mm .

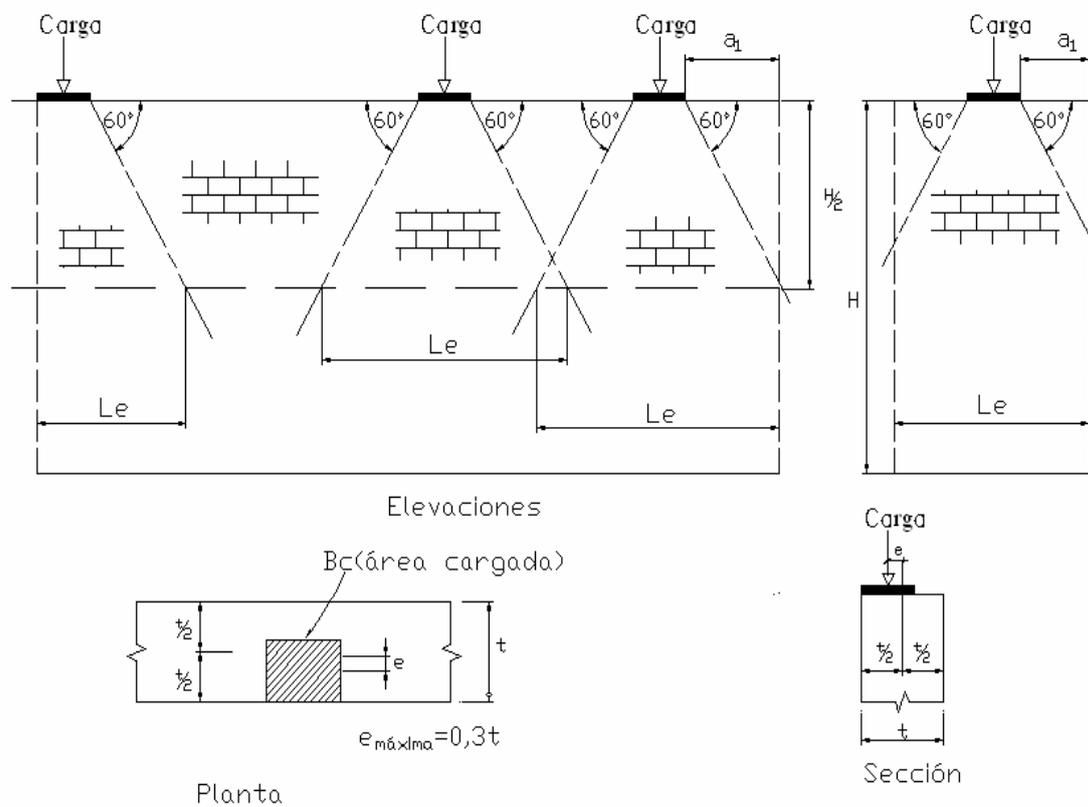
**(3)** En muros no ejecutados conforme a lo establecido en los capítulos 7 y 8 de este Código la resistencia de cálculo a compresión del área cargada es:

$$\Phi f_m \quad (6.16)$$

**(4)** La excentricidad de la carga desde el eje del muro no será mayor de  $0,3 t$  (ver Figura 6.5).

**(5)** En todo caso se cumplirán los requisitos del apartado 6.4.2 en la mitad de la altura bajo la carga, incluyendo el efecto de cualquier otra carga vertical, especialmente con cargas concentradas próximas, que solapen sus longitudes efectivas.

**(6)** Si la carga concentrada se aplica mediante viga de reparto, con ancho  $t$ , peralte igual o mayor de 200 mm y longitud mayor de 3 veces la longitud del área cargada la resistencia a compresión de cálculo en el área cargada, no será mayor de  $1,5 \Phi f_m$



**Figura 6.5 — Muros con cargas concentradas**

**6.4.9 Tensiones debidas a coacciones**

(1) Se considerarán las diferentes propiedades de los materiales para evitar que se produzcan sobretensiones o daños cuando estén entrelazados.

NOTA La unión rígida entre materiales con diferente deformabilidad puede producir tensiones importantes por retracción, fluencia o cambios de temperatura y como consecuencia generar sobretensiones y daños en la mampostería. Igualmente, los asentos diferenciales de cimentaciones o las flechas de elementos estructurales sustentantes pueden producir efectos similares.

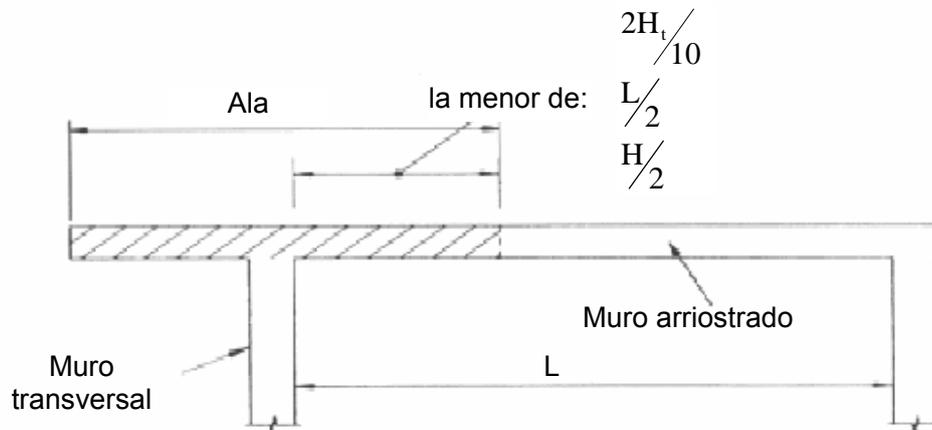
(2) Se evitarán los daños producidos por las tensiones debidas a coacciones mediante especificaciones y detalles apropiados, según el capítulo 7 de este Código.

**6.5 Muros transversales de mampostería**

**6.5.1 Generalidades**

(1) La resistencia del edificio a acciones horizontales se obtiene generalmente por un sistema de forjados y de muros transversales. En este sistema estructural las solicitaciones no superarán las resistencias horizontales.

- (2) Los huecos en muros transversales afectan a su comportamiento y si existen, se considerarán en el cálculo; pueden emplearse simplificaciones si se justifican.
- (3) Las ranuras y rebajes reducen la resistencia de un muro. La reducción puede admitirse despreciable si las ranuras y rebajes están dentro de los límites del apartado 7.4. Si el tamaño, número o localización de ranuras y rebajes rebasa estos límites, la resistencia al corte del muro se comprobará con el espesor residual del muro en la posición de la ranura o rebaje.
- (4) Una parte de cada muro arriostrado por un muro transversal puede actuar como ala de éste, aumentando su rigidez y resistencia; podrá considerarse en el cálculo, si la unión entre el muro transversal y el ala resiste los correspondientes esfuerzos cortantes, y el ala en la longitud considerada no padea (ver apartado 6.4.4.2).
- (5) La longitud del muro arriostrado que puede considerarse como ala es el espesor del muro transversal más la menor dimensión (a uno o ambos lados según el caso) entre los valores siguientes (ver Figura 6.6).
- $2 H_t/10$ , siendo  $H_t$  la altura del muro transversal
  - la mitad de la distancia libre entre muros transversales enlazados por el muro arriostrado;
  - la distancia al extremo del muro arriostrado;
  - la mitad de la altura de piso.
- (6) Por insuficiente conocimiento del comportamiento no lineal a flexión en su plano de los muros de mampostería, se empleará la rigidez elástica de los muros transversales, incluidas las alas, para la distribución de acciones horizontales. Para muros de altura mayor que el doble de su longitud, puede despreciarse el efecto de las deformaciones por cortante en el valor de la rigidez.
- (7) Cuando los forjados puedan considerarse rígidos en su plano (por ejemplo, con forjados hormigonados en obra o si las uniones son confiables en el caso de pisos prefabricados) deben distribuirse las acciones horizontales entre los muros transversales en proporción a su rigidez, admitiendo que todos tienen el mismo desplazamiento si la excentricidad de la resultante de estas acciones respecto al centro de rotación es pequeña. En otros casos es recomendable acudir a procedimientos analíticos más refinados.
- (8) Cuando la acción horizontal no pase por el centro de las rigideces de los muros transversales, por disposición asimétrica en planta de éstos, o por otra razón, se considerará en los muros el efecto de la rotación del sistema (efecto torsor). [ver apartado 6.1.1 (4)] los requisitos de una estructura correctamente arriostrada.
- (9) Si un forjado no puede considerarse rígido en su plano (por ejemplo, con piezas prefabricadas de hormigón no interconectadas) los esfuerzos horizontales soportados por los muros transversales serán las fuerzas transmitidas por los forjados directamente, a menos que se realice un análisis semirrígido.



**Figura 6.6 — Anchura admisible para las alas de un muro transversal**

### 6.5.2 Análisis de muros transversales

(1) Para el análisis de los muros transversales, las acciones horizontales de cálculo y las cargas verticales de cálculo se aplicarán a la estructura global.

(2) Las acciones horizontales de cálculo no serán menores que la acción virtual obtenida según apartado 6.1.1 (4).

NOTA Generalmente es suficiente considerar el efecto de las acciones horizontales en los dos ejes principales.

(3) Se considerará la combinación más desfavorable de esfuerzo normal y esfuerzo cortante entre las siguientes:

- En el muro transversal con alas, el esfuerzo normal máximo por las cargas verticales, con la excentricidad longitudinal debida a la flexión en voladizo.
- En cada ala, el esfuerzo normal máximo.
- En el muro transversal con alas, el esfuerzo cortante horizontal máximo, con el esfuerzo normal mínimo.
- En la unión del muro transversal con cada ala, el esfuerzo cortante vertical máximo.

(4) En los muros que sustentan forjados que cargan en dos direcciones, para evaluar el esfuerzo normal que contribuye a la resistencia a corte, la carga de los forjados se repetirá proporcionalmente entre los muros sustentantes. Con forjados de piso o cubierta que cargan en una dirección, puede considerarse una distribución a  $45^\circ$  de la carga del forjado en los muros no directamente cargados.

(5) El esfuerzo cortante horizontal máximo en un muro, calculado por análisis elástico lineal, puede modificarse considerando redistribución por fisuración limitada del muro en estado límite último; puede reducirse en el 15% el de un muro, siempre que el de los paralelos se incremente en el valor correspondiente de modo que se mantenga el equilibrio de las acciones de cálculo aplicadas.

### 6.5.3 Comprobación de muros transversales

- (1) El muro transversal y cada una de sus alas se comprobará en estado límite último a compresión y a corte.
- (2) La longitud resistente neta y el espesor de los muros o el de las alas se determinará considerando huecos, ranuras o rebajes y descontando las zonas con tensiones verticales de tracción.
- (3) Se comprobarán a corte las uniones entre el muro transversal y las alas consideradas en el análisis.
- (4) El esfuerzo cortante último  $V_u$  debido a las cargas ponderadas será menor o igual que el esfuerzo cortante de diseño  $V_d$ , calculado con los valores del apartado 5.5.3, o sea, que se cumplirá:

$$V_u \leq V_d \quad (6,17)$$

- (5) El esfuerzo cortante resistente de cálculo es:

$$V_d = \phi f_v t L_c \quad (6,18)$$

donde

- $\Phi$  Coeficiente de reducción por cortante (ver Tabla 5.3)
- $f_v$  Resistencia característica a corte de la mampostería, con la tensión de compresión vertical, según el apartado 5.5.3, en la zona comprimida del muro;
- $t$  Espesor del muro;
- $L_c$  Longitud comprimida del muro;

- (6) La longitud comprimida del muro,  $L_c$ , puede calcularse con distribución triangular de tensiones.
- (7) La resistencia vertical a corte de la unión de un ala se tomará igual a  $\Phi f_{vko}$  siendo  $f_{vko}$  la resistencia a corte puro según el apartado 5.5.3, con unión entre muros según el apartado 7.3.
- (8) En los muros que satisfacen el estado límite último según la ecuación (6.17) puede admitirse que satisfacen el estado límite de utilización.

## 6.6 Muros de mampostería con acciones perpendiculares a su plano

### 6.6.1 Generalidades

- (1) En un muro sometido a acciones perpendiculares a su plano en estado límite último, se comprobará que la resistencia última es mayor o igual que la sollicitación de cálculo de la acción lateral.
- (2) El proyecto de muros de mampostería con acción lateral predominante de viento puede basarse en los métodos aproximados del apartado 6.6.2.2, con el muro sustentado en los bordes en que se apoye, o del apartado 6.6.2.3, considerando la acorón en arco entre apoyos.
- (3) Las ranuras y rebajes disminuyen la resistencia a flexión de un muro de mampostería con acción lateral. La disminución puede considerarse despreciable si las ranuras o rebajes están dentro de los límites del apartado 7.4. Si el tamaño, número o posición de ranuras y rebajes está fuera de estos límites, la resistencia a flexión del muro se comprobará considerando el espesor residual del muro al descontar las ranuras o rebajes.

### 6.6.2 Muros con acción lateral de viento

#### 6.6.2.1 Condiciones de apoyo y continuidad

- (1) La resistencia de un muro de mampostería con acción lateral de viento, es función de las condiciones de apoyo y de la continuidad en apoyos.
- (2) La reacción en un borde del muro por la acción de cálculo se admite uniformemente distribuida para el cálculo del apoyo. La sujeción en el apoyo puede conseguirse mediante llaves o por traba de las piezas o a través de la fricción con los pisos o techos.

#### 6.6.2.2 Método de cálculo para muros apoyados en los bordes

- (1) Los muros de mampostería no son isótropos. La relación ortogonal  $\mu$  de resistencias depende de las piezas y los morteros empleados.
- (2) El momento flector último  $M_u$  por unidad de longitud o de altura del muro, se calcula considerando las propiedades de la mampostería como sigue:

Cuando el plano de rotura es perpendicular a las juntas horizontales es:

$$M_u = \alpha q_u L^2 \quad (6.19)$$

Cuando el plano de rotura es paralelo a las juntas horizontales es:

$$M_u = \mu \alpha q_u L^2 \quad (6.20)$$

donde

$\alpha$  Coeficiente de flexión que depende de  $\mu$ , de las condiciones de borde de los muros y de la relación altura-longitud del muro y que se obtiene mediante una adecuada teoría.

$\mu = \frac{f_{m1}}{f_{m2}}$  Relación ortogonal de resistencias características a flexión (ver apartado 5.5.4);

NOTA En muchos códigos se asigna el valor  $\alpha = 0,5$  aunque los ensayos muestran variaciones entre 0,125 y 0,667.

L Longitud del muro entre apoyos;

$q_u$  Carga ponderada de viento por unidad de área del muro.

**(3)** La resistencia a flexión en juntas horizontales  $f_{m1}$  se incrementa por efecto de la carga vertical. La relación ortogonal de resistencia puede modificarse, considerando una resistencia a flexión en esa dirección de:

$$f_{m1} + 0,9 \sigma_p \quad (6.21)$$

donde

$f_{m1}$  Resistencia característica a flexión en juntas horizontales en dirección perpendicular a las hiladas (ver apartado 5.5.4);

$\sigma_p$  Tensión vertical permanente en el muro a la altura considerada;

**(4)** El momento flector resistente de diseño de un muro de mampostería,  $M_d$ , es:

$$M_d = \phi_m f_m W \quad (6.22)$$

donde

$\phi$  Coeficiente reductor de resistencia a flexión o flexo compresión (ver Tabla 5.2)

$f_m$  Resistencia característica a flexión (ver apartado 5.5.4), correspondiente al plano de flexión, o sea,  $f_{m1}$  o  $f_{m2}$  según el caso

W Módulo resistente de la sección del muro.

**(5)** En un muro apilastrado, el módulo resistente se calculará con una longitud de resalto desde la cara de la pilastra igual a:

- H/10 para muros apoyadas en ambos extremos;

- 2 H/10 para muros con apoyo solo en la base;
- y no mayor que la mitad de la luz libre entre pilastras;

Donde H es la altura libre del muro.

(6) Los muros que cumplan el estado límite último con las ecuaciones (6.19), (6.20) y (6.22) pueden considerarse que satisfacen el estado límite de utilización.

### 6.6.2.3 Método de cálculo del muro como arco entre apoyos

(1) Cuando un muro de mampostería se ejecuta entre apoyos capaces de resistir el empuje del arco que se describe más adelante, o cuando varios muros se ejecutan de modo continuo entre apoyos, el muro puede calcularse suponiendo que aparece un arco vertical u horizontal en el espesor del muro.

NOTA Con el conocimiento actual, los muros sometidos principalmente a acciones laterales se calcularán sólo con arco horizontal, excepto para acciones accidentales.

(2) El cálculo se basará en un arco de tres articulaciones, las dos de base en los apoyos y la de clave a 0,1 del espesor del muro.

(3) El empuje del arco se calculará considerando la acción lateral aplicada, la resistencia a compresión de la mampostería, y la efectividad de la unión entre el muro y el apoyo que resiste el empuje. Una pequeña variación de la longitud del muro puede alterar la resistencia del arco. Por tanto, se tendrá cuidado especialmente en mampostería con piezas que tengan retracción.

(4) Como altura del arco se tomará:

$$0,9 t - \delta \quad (6.23)$$

donde

t Espesor del muro;

$\delta$  Deformación del arco debida a la acción lateral de cálculo; puede considerarse nula para muros con una relación longitud / espesor igual o menor que 25;

(5) Como máximo valor de la resistencia de diseño al empuje por unidad de longitud del muro puede admitirse de valor:

$$1,5 \phi'_m \frac{t}{10} \quad (6.24)$$

y cuando la deformación lateral es pequeña, la resistencia lateral de cálculo  $q_{lat}$  por unidad de área de muro se da por:

$$q_{lat} = \phi'_m \left[ \frac{t}{L} \right]^2 \quad (6.25)$$

donde

t	Espesor del muro
$f_m$	Resistencia característica a compresión de la mampostería (ver 5.5.2)
L	Longitud del muro
$\Phi$	Coefficiente reductor de la resistencia ( $\Phi=0,9$ )

(6) Los muros que cumplan el estado límite último cuando se comprueben empleando la ecuación (6.25) puede considerarse que satisfacen el estado límite de utilización.

### 6.6.3 Muros con empuje de suelos

Los muros con empuje de suelo se calcularán empleando adecuados principios de ingeniería.

### 6.6.4 Acciones horizontales accidentales (excluyendo acciones sísmicas)

(1) Los muros con acciones accidentales horizontales, excepto acciones sísmicas (por ejemplo, explosiones de gas) pueden calcularse de modo análogo a los muros con acciones de viento según el apartado 6.6.2. Los muros con cargas verticales y esbeltez no mayor que 20, se calcularán considerando la formación de arcos verticales entre los forjados de hormigón. Puede considerarse el efecto de pilastras trabadas y muros transversales.

## 6.7 Mampostería armada

### 6.7.1 Elementos de mampostería armada con sollicitación normal

#### 6.7.1.1 Generalidades

(1) La resistencia de los elementos de mampostería armada se calculará mediante una teoría que considere el comportamiento no lineal de los materiales y los efectos de segundo orden.

(2) Las propiedades de deformación del hormigón de relleno se considerarán iguales a las de la mampostería. Los requisitos de la mampostería del párrafo (3) se aplicarán también al hormigón de relleno.

(3) El proyecto de elementos de mampostería armada con sollicitación normal, de compresión o de flexión simple o compuesta, se fundamentará en las siguientes hipótesis:

- la sección se mantiene plana;
- la armadura tiene la misma variación de deformación unitaria que la mampostería;
- la resistencia a tracción de la mampostería es nula;
- la máxima deformación a compresión de la mampostería depende del material;
- la máxima deformación a tracción de la armadura depende del material;
- el diagrama tensión-deformación de la mampostería puede ser parabólico, parabólico-rectangular o rectangular
- el diagrama tensión-deformación de la armadura puede ser el bilineal simplificado; (ver Figura 6.7)
- en secciones con sólo esfuerzo normal de compresión, la deformación unitaria se limita a - 0,002

- en secciones parcialmente comprimidas, la deformación unitaria límite a compresión se tomará igual a 0,0035 (ver Figura 6.1). En situaciones intermedias, el diagrama se define admitiendo que la deformación unitaria es 0,002 a 3/7 de la altura de la sección, medida desde la cara más comprimida.

(4) Las reglas de aplicación se refieren a flexión recta y esviada, e incluyen muros y vigas.

(5) El diagrama de cálculo a compresión para la mampostería o para el hormigón puede ser el de la Figura 6.1.

(6) Cuando una zona comprimida incluya parte de mampostería y parte de hormigón, como resistencia de diseño de dicha zona se tomará la del material menos resistente.

#### 6.7.1.2 Luz efectiva de los elementos sometidos a flexión

(1) La luz efectiva  $L_e$  de elementos apoyados o continuos, excluyendo las vigas de gran canto, será la menor de los siguientes valores (ver Figura 6.8):

- distancia entre ejes de apoyos;
- luz libre entre apoyos más el canto útil,  $d$

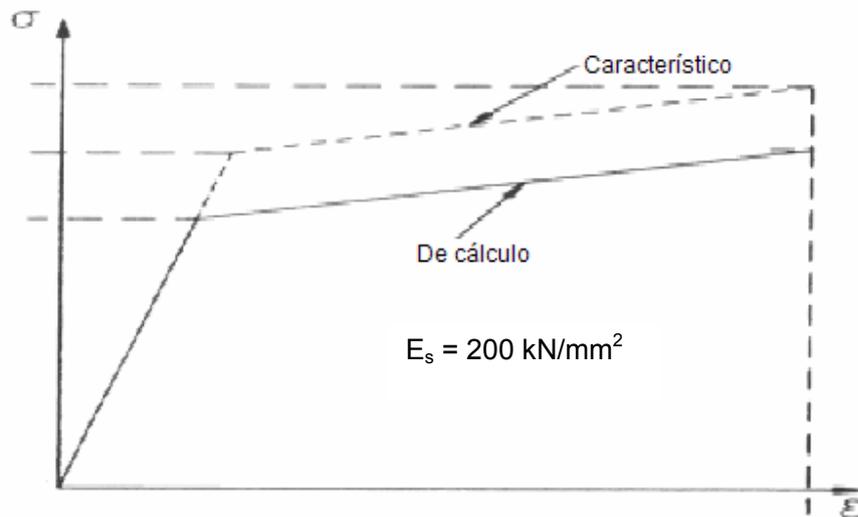
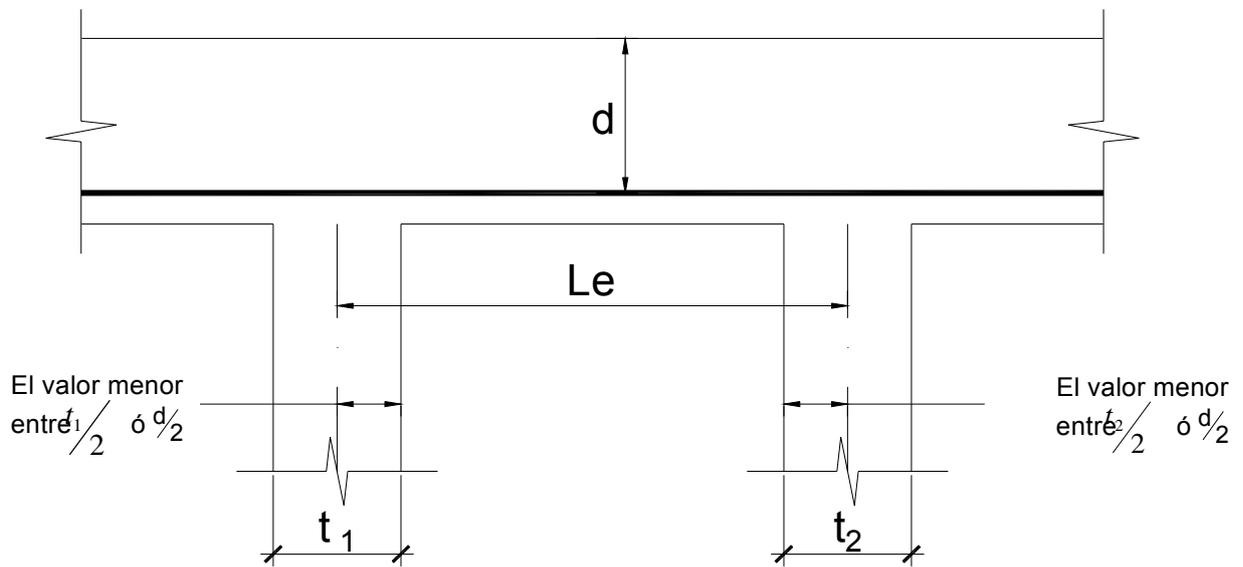


Figura 6.7 — Diagramas de Cálculo de Tensión — Deformación del Acero de Armar (Tracción y Compresión)



**Figura 6.8 — Luz efectiva de elementos apoyados o continuos**

- (2) La luz efectiva,  $l_e$ , de un voladizo será la menor de (ver Figura 6.9):
- distancia entre el borde del voladizo y el eje del apoyo;
  - distancia entre el borde del voladizo y la cara del apoyo, más  $1/2d$
- (3) La luz efectiva de las vigas de gran canto se determinará según el apartado 6.7.3.1.

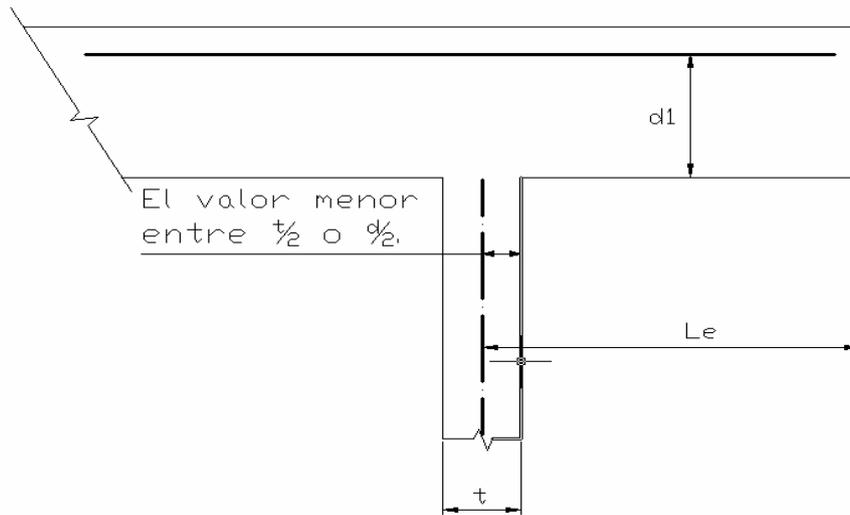


Figura 6.9 — Luz efectiva de los voladizos

**6.7.1.3 Limitaciones de luz para elementos sometidos a flexión**

- (1) La luz libre de un elemento de mampostería armada se limitará por los valores dados en la Tabla 6.4.
- (2) Para asegurar la estabilidad lateral de elementos apoyados o continuos entre apoyos, la distancia libre entre estos no será mayor que:

$$60b \text{ ni que } 250 \frac{b^2}{d} \tag{6.26}$$

donde

- d Canto útil;
- b Ancho de la sección comprimida en el centro de la luz entre apoyos.

- (3) En los voladizos arriostrados lateralmente sólo en el apoyo, la luz libre desde el extremo del voladizo a la cara del apoyo no será mayor que:

$$25b \text{ ni que } 100 \frac{b^2}{d} \tag{6.27}$$

Donde b es el ancho de la sección en el apoyo.

#### 6.7.1.4 Esbeltez de elementos con carga vertical

- (1) La esbeltez de elementos con carga vertical se determinará según el apartado 6.4.
- (2) La esbeltez no será mayor que 27

**Tabla 6.4 — Limitación de la relación entre la luz libre y canto útil para muros y vigas**

Condiciones de borde	Relación luz libre-canto útil	
	Muro	Viga
Apoyado	35	20
Continuo	45	26
Bidireccional	45	-
Voladizo	18	7

NOTA 1 Muro es un elemento sometido a flexión compuesta esviada, y viga la parte de un muro a flexión recta en su plano.

NOTA 2 Para muros de extremo libre que no formen parte de una estructura y con acción predominante de viento, la limitación de relación luz libre-canto útil puede incrementarse un 30%, si los revestimientos admiten deformaciones sin dañarse.

#### 6.7.1.5 Secciones con alas

(1) Cuando se concentren localmente las armaduras de una sección, y pueda considerarse ésta con alas, en T o L, el espesor del ala,  $t_a$ , será el de la mampostería, y no mayor que  $0,5 d$ , siendo  $d$  el canto útil de la sección. Se comprobará la flexión de la mampostería entre las armaduras.

(2) El ancho efectivo del ala,  $b_e$  será el menor de los siguientes:

(i) Para secciones en T:

- ancho real del ala;
- ancho del hueco o nervio más 12 veces el espesor del ala;
- la distancia entre huecos o nervios;
- un tercio de la altura del muro.

(ii) Para secciones en L.

- ancho real del ala;
- ancho del hueco o nervio más 6 veces el espesor del ala;
- la mitad de la distancia entre huecos o nervios;
- un sexto de la altura del muro

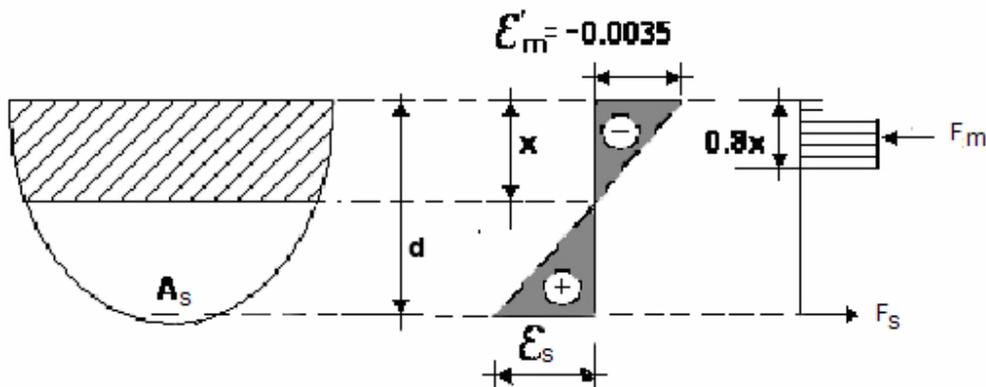
#### 6.7.1.6 Comprobación de elementos de mampostería armada

(1) En un elemento de mampostería armada en estado límite último, la sollicitación bajo la acción de cargas ponderadas  $S_u$ , será menor o igual que la sollicitación de diseño  $S_d$ ,

$$S_u \leq S_d \tag{6.28}$$

(2) El proyecto se basará en la hipótesis del apartado 6.7.1.1. La deformación unitaria por tracción de la armadura  $\epsilon_a$  se limita a 0,01.

(3) Para calcular el momento flector resistente de una sección puede adoptarse como simplificación una distribución rectangular de tensiones, según la Figura 6.10.



Leyenda:  
 $F_m$  Fuerza total de compresión en la mampostería  
 $F_a$  Fuerza total de tracción en el acero

**Figura 6.10 — Diagrama rectangular simplificado de tensiones**

(4) En una sección rectangular a flexión con armadura simple, el momento flector resistente de cálculo,  $M_d$  puede tomarse igual a:

$$M_d = \phi A_s f_y z \tag{6.29}$$

donde

$z$  Brazo del par según la simplificación de la Figura 6.10, dado por:

$$z = d \left[ 1 - 0,5 \frac{A_s f_y}{b d f'_m} \right] \leq 0,95 d \tag{6.30}$$

donde

- b Ancho de la sección;
- d Canto útil de la sección;
- $A_2$  Área de la armadura a tracción;
- $f'_m$  Resistencia característica a compresión de la mampostería, según el apartado 5.5.2, o del hormigón de relleno según el apartado 5.3.2, tomando la menor;
- $f_y$  Esfuerzo de fluencia del acero, según apartado 5.4;

(5) El momento flector resistente de elementos con secciones de alas (ver apartado 6.7.1.5) se obtendrá mediante la ecuación (6.29), y no será mayor que:

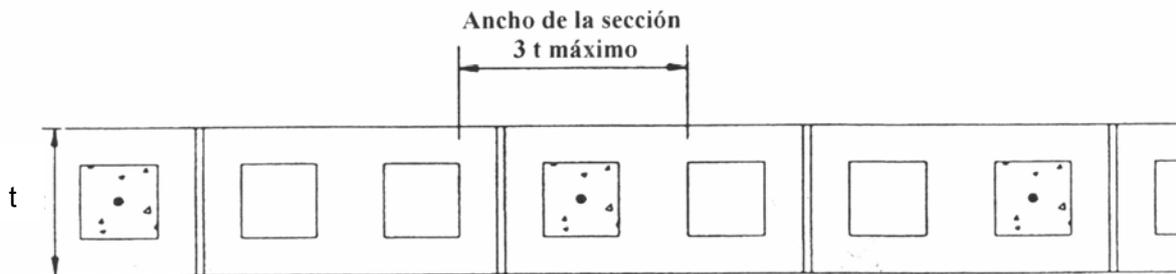
$$\phi f'_m b_e t_a \left( d - 0,5 t_a \right) \quad (6.31)$$

donde

- $t_a$  Espesor del ala, según el apartado 6.7.1.5;
- $b_e$  Ancho efectivo del ala, según el apartado 6.7.1.5.
- $\Phi$  Coeficiente reductor de la resistencia a flexión ( $\Phi=0,9$ )

(6) Cuando se concentran localmente las armaduras de una sección, pero no pueda ésta considerarse con alas, el ancho de la sección no se tomará mayor que 3 veces el espesor de la obra de mampostería (ver Figura 6.11).

(7) Los elementos de mampostería armada con esbeltez mayor que 12, se calcularán con los principios y reglas de aplicación del apartado 6.4, teniendo en cuenta los efectos de segundo orden.



**Figura 6.11 — Ancho de la sección de elementos con armaduras concentradas**

(8) Pueden calcularse sólo a flexión las secciones con esfuerzo normal no mayor que:

$$0,1 \phi f'_m B_b \quad (6.32)$$

donde

$B_b$  Área de la sección bruta del muro.

## 6.7.2 Elementos de mampostería armada a corte

### 6.7.2.1 Generalidades

(1) Los muros transversales de mampostería armada se analizarán según el apartado 6.5.2.

(2) En estado límite último, el esfuerzo cortante debido a las cargas  $V_u$ , aplicado a un elemento de mampostería armada, será menor o igual que su capacidad a cortante de diseño  $V_d$ ;

$$V_u \leq V_d \quad (6.33)$$

(3) Para calcular el esfuerzo cortante de cálculo de un elemento con carga uniformemente distribuida, puede admitirse que el máximo esfuerzo cortante se produce a la distancia  $d/2$  de la cara del apoyo, siendo  $d$  el canto útil de la sección.

(4) Para considerar que el esfuerzo cortante máximo se produce a  $d/2$  de la cara del apoyo, se cumplirá:

- acciones y reacciones producen compresión diagonal en el elemento (apoyo directo);
- en un apoyo extremo, la armadura a tracción requerida a  $2,5 d$  de la cara del apoyo, está anclada en éste;
- en un apoyo intermedio, la armadura a tracción de la cara del apoyo se prolonga la longitud de anclaje más una longitud no menor que  $2,5 d$ .

(5) La capacidad a cortante última  $V_d$  de un elemento de mampostería armada se calculará:

- despreciando la contribución de la armadura transversal si no cumple la condición de área mínima según el apartado 7.2.6; o
- considerando la contribución de la armadura transversal si cumple la condición de área mínima exigida

### 6.7.2.2 Comprobación de elementos sin armadura transversal

(1) En los elementos en que no exista ó se desprece la contribución de la armadura transversal, se comprobará que:

$$V_u \leq V_d \quad (6.34)$$

$$V_d = \phi_v f_v b d \quad (6.35)$$

donde

- b Ancho mínimo del elemento sobre el canto útil;  
 d Canto útil del elemento;  
 $f_v$  Resistencia característica a corte de la mampostería, según el apartado 5.5.3, o del hormigón de relleno, según el apartado 5.3.3, tomando la menor;  
 $\Phi$  Coeficiente reductor de la resistencia a cortante ( $\Phi=0,6$ )

(2) En vigas apoyadas o voladizos, con relación entre luz a corte y canto útil menor de 2, el valor de  $f_v$  empleado para calcular  $V_d$  puede multiplicarse por el factor:

$$\frac{2d}{a_v} \leq 4 \quad (6.36)$$

donde

- d Canto útil del elemento  
 $a_v$  Distancia entre la sección en el apoyo y la acción aplicada;

Determinando el esfuerzo cortante de cálculo en la sección en el apoyo con  $0,7 \text{ N/mm}^2$ , y siendo la luz a corte la proporción entre el máximo momento flector de cálculo y el máximo esfuerzo cortante de cálculo.

### 6.7.2.3 Comprobación de elementos con armadura transversal

(1) En los elementos en que se considere la contribución de la armadura transversal, se comprobará que:

$$V_u \leq V_d + V_s \quad (6.37)$$

con  $V_d$  según la ecuación (6.35) y  $V_s$  dado por:

$$V_s = 0,9\phi d \frac{A_{st} f_y}{s} (1 + \cot \alpha) \operatorname{sen} \alpha \quad (6.38)$$

donde

- d Canto útil del elemento;  
 $A_t$  Área de la armadura transversal;  
 s Separación entre armaduras transversales;  
 $\alpha$  Angulo de la armadura transversal con el eje del elemento, entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$   
 $f_y$  Esfuerzo de fluencia del acero, según el apartado 5.4;

(2) Se comprobará también que:

$$V_d + V_s \leq 0,30\phi f'_m b d \quad (6.39)$$

donde

- b Ancho mínimo del elemento en el canto útil;  
 d Canto útil del elemento;  
 $f_m$  Resistencia característica a compresión de la mampostería, según el apartado 5.5.2, o del hormigón de relleno, según el apartado 5.3.2, tomando el menor;  
 $\Phi$  Coeficiente reductor de la resistencia a cortante de la mampostería ( $\Phi=0,6$ )

### 6.7.3 Vigas de gran canto de mampostería armada con carga vertical

#### 6.7.3.1 Generalidades

(1) Esta cláusula se refiere a muros, o partes de muros, en dintel sobre un hueco con carga vertical y relación entre la altura total del muro y la luz efectiva del hueco igual o mayor que 0,5.

(2) Estas vigas se calcularán aplicando una teoría estructural adecuada o bien, según los apartados 6.7.3.2 y 6.7.3.3, tomando como luz efectiva:

$$L_e = 1,15L \quad (6.40)$$

donde

L Luz libre del hueco

El brazo del par  $z$  a ser utilizado en la expresión (6.42) se tomará como el menor entre los dos valores siguientes:

$$z = 0,7 L_e$$

ó

$$Z = 0,4H + 0,2 L_e$$

donde

$L_e$  Luz efectiva de la viga;  
 H Altura libre del muro

(3) Se comprobará la resistencia a pandeo de la zona comprimida de la viga de gran canto si no está arriostrada, y la resistencia a compresión en los apoyos.

#### 6.7.3.2 Comprobación de las vigas de gran canto con cargas verticales

(1) En estado límite último, el momento de cálculo  $M_u$  aplicado a una viga de mampostería armada de gran canto, será menor o igual que el momento de diseño de la viga,  $M_d$ .

$$M_u \leq M_d \quad (6.41)$$

(2) Se considerarán en el cálculo todas las cargas verticales aplicadas en la parte adintelada del muro sobre un vano, a menos que puedan transmitirse por otros elementos, como pisos superiores que se comporten como tirantes. Sin embargo, el método de cálculo no permite considerar cargas aplicadas en el canto útil de la viga.

(3) Para determinar la armadura necesaria, se considerará la viga de gran canto como biapoyada, según la Figura 6.12.

(4) La armadura inferior de la viga de gran canto será:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y z} \quad (6.42)$$

donde

$M_u$  Momento flector de último;  
 $f_y$  Esfuerzo de fluencia del acero, según el apartado 5.4;  
 $z$  Brazo del par, según el apartado 6.7.3.1;  
 $\Phi$  Coeficiente reductor de resistencia a flexión ( $\Phi=0,9$ )

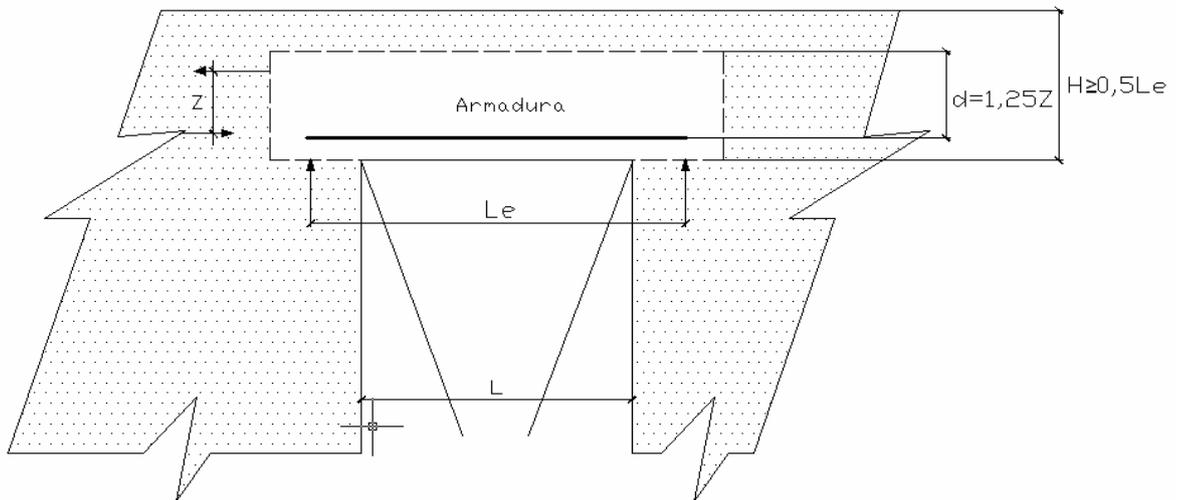


Figura 6.12 — Viga de gran canto

(5) Además de la armadura principal, se colocarán armaduras en las juntas horizontales para evitar fisuración, en una altura igual a la menor de  $0,5 L_e$  ó  $0,5 d$ , desde la cara inferior de la viga.

(6) La armadura será continua o se solapará correctamente en toda la luz efectiva  $L_e$ , y se prolongará con la correspondiente longitud de anclaje según el apartado 7.2.5.1.

(7) El momento último de la sección  $M_u$  cumplirá con la condición:

$$M_u \leq 0,4 \phi f'_m b d^2 \quad (6.43)$$

donde

b Ancho de la viga;

d Canto útil de la viga, que puede tomarse igual a  $1,25 z$ ;

z Brazo de palanca de la viga;

$f'_m$  Resistencia característica a compresión, la menor entre la de la mampostería en la dirección de la acción, según el apartado 5.5.2, o la del hormigón de relleno, según apartado 5.3.2.

$\Phi$  Coeficiente reductor de la resistencia a flexión ( $\Phi=0,9$ )

### 6.7.3.3 Comprobación de las vigas de gran canto con cargas transversales

(1) En estado límite último, no es necesaria armadura transversal si la resistencia de cálculo a corte de la viga de gran canto de mampostería armada,  $V_d$  es mayor o igual que el esfuerzo cortante último  $V_u$ .

$$V_d \geq V_u \quad (6.44)$$

donde

$V_u$  Cortante ultimo en el borde del apoyo;

$V_d$  Según el apartado 6.7.2.2, tomando el canto útil del elemento,  $d=1,25 z$ .

### 6.7.3.4 Dinteles compuestos

(1) Si se emplean dinteles prefabricados de hormigón armado o pretensado para trabajar conjuntamente con la mampostería, y su rigidez es pequeña comparada con la del muro superior, se calcularán según las reglas de los apartados 6.7.3.2 y 6.7.3.3, siempre que se justifiquen la resistencia y el anclaje en la longitud de entrega en cada extremo del dintel prefabricado, y ésta no sea menor que 100 mm (ver Figura 6.13).

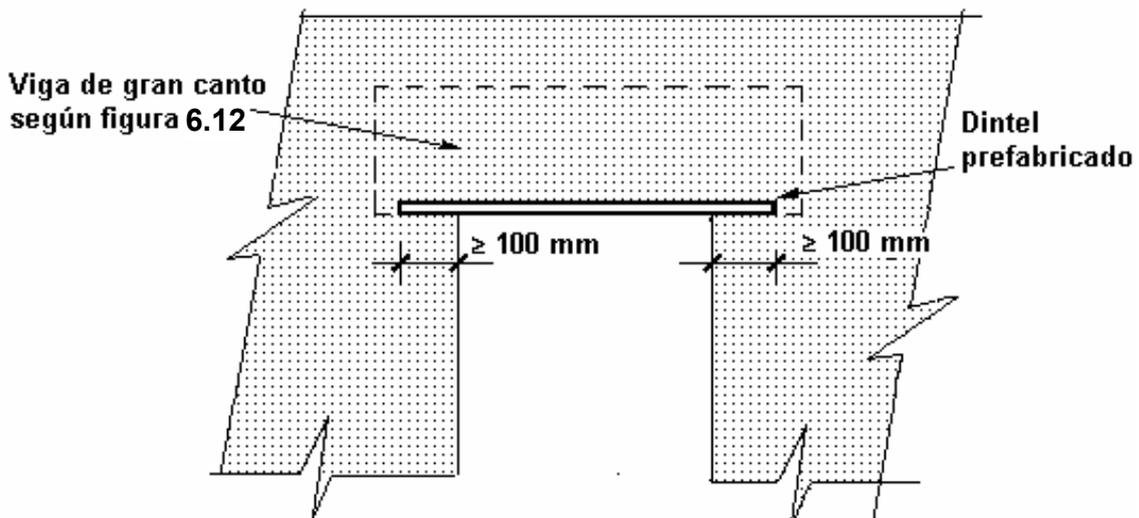


Figura 6.13 — Viga de gran canto con dintel compuesto

#### 6.7.4 Elementos de mampostería armada en estados límites de utilización

##### 6.7.4.1 Generalidades

(1) No se admitirá fisuración o deformación excesiva en los elementos de mampostería armada bajo las acciones de servicio.

##### 6.7.4.2 Deformación

(1) Si el dimensionado de los elementos de mampostería armada cumple con las limitaciones del apartado 6.7.1.3, se admite generalmente que la deformación lateral de un muro y la deformación vertical de una viga son aceptables.

##### 6.7.4.3 Fisuración

(1) En elementos de mampostería armada a flexión, por ejemplo, muros con acción lateral o vigas de mampostería armada, que cumplen las limitaciones dimensionales del apartado 6.7.1.3 y los requisitos de detalle del capítulo 7 de este Código, la fisuración en estado límite de utilización será aceptable. Cuando por exigencia del detalle, el recubrimiento de la armadura de tracción no cumpla los requisitos mínimos del apartado 7.2.2.2, puede aparecer fisuración apreciable, quedando a criterio del proyectista decidir si son aceptables.

#### 6.8 Mampostería confinada

(1) Los elementos de mampostería confinada se calcularán en estado límite de utilización y último empleando principios similares a los establecidos para elementos de mampostería simple o mampostería armada.

- (2) Los elementos de mampostería confinada a flexión y, o compresión se comprobarán con las mismas hipótesis que los de mampostería armada. En las zonas comprimidas, para el diagrama de tensiones rectangulares se considerará sólo la resistencia de la mampostería. Se despreciará también la armadura a compresión.
- (3) En la comprobación de elementos confinados a corte se despreciará la contribución de la armadura.
- (4) En zona sísmica, la mampostería confinada se calculará considerando que trabaja solo la mampostería. No se tendrá en cuenta la resistencia de los elementos de hormigón armado o de mampostería armada.

**7 Detalles estructurales**

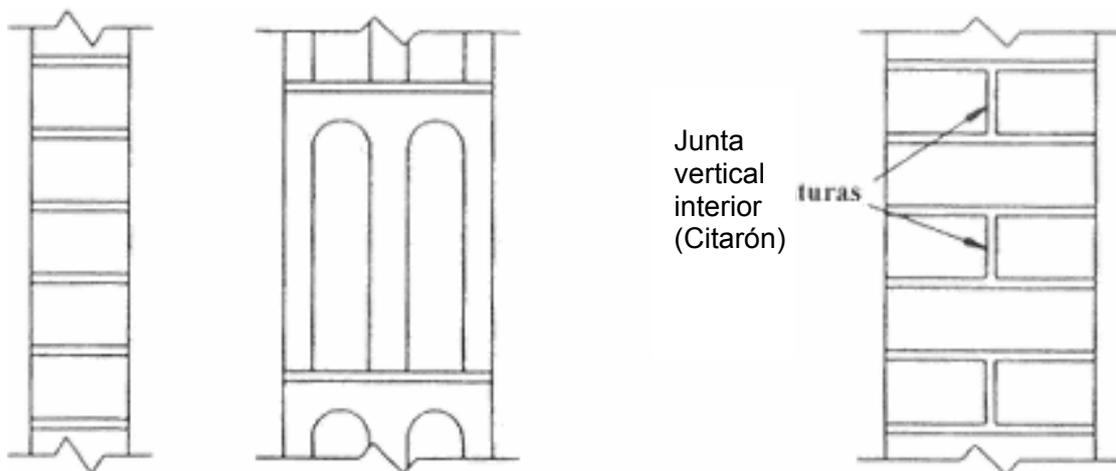
**7.1 Generalidades**

**7.1.1 Materiales de la mampostería**

- (1) Las piezas serán apropiadas al tipo de mampostería, a su posición y a los requisitos de durabilidad. Mortero, hormigón de relleno y armaduras serán los adecuados al tipo de pieza y a los requisitos de durabilidad.
- (2) Los materiales cumplirán lo establecido en el capítulo 5 de este Código.

**7.1.2 Tipos de muros**

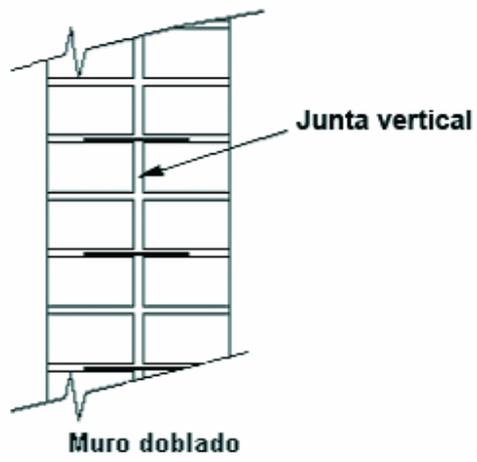
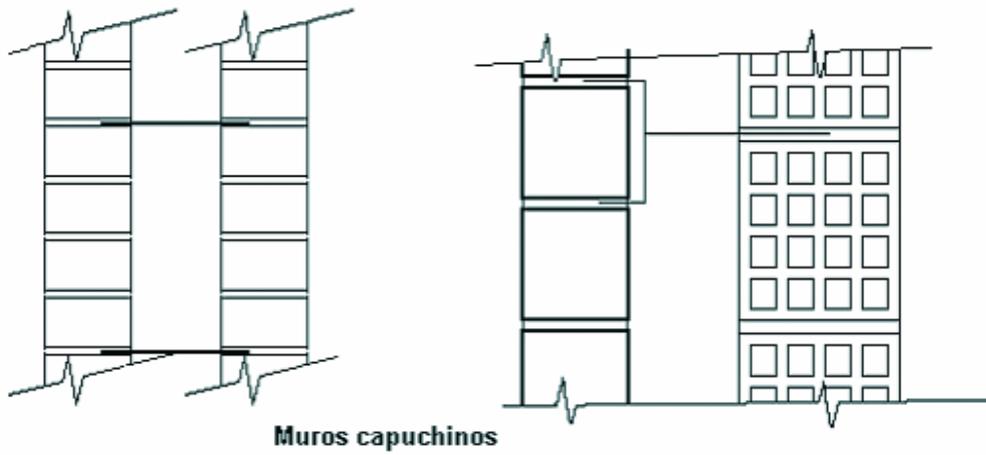
- (1) En este capítulo se dan reglas para la correcta ejecución de muros de varios tipos (ver Figura 7.1)

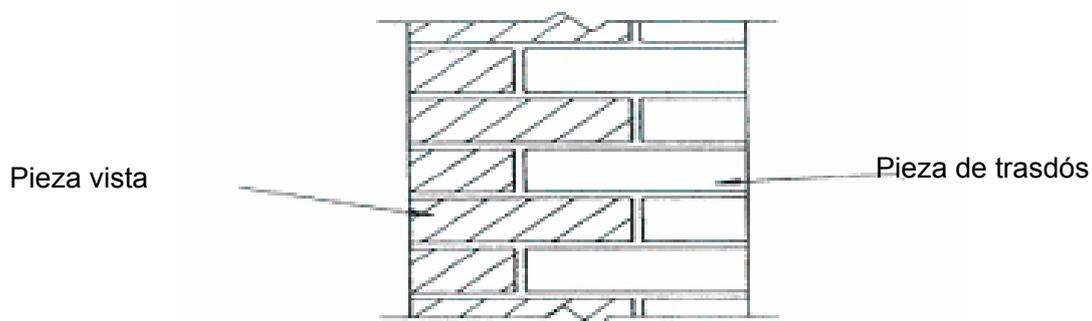
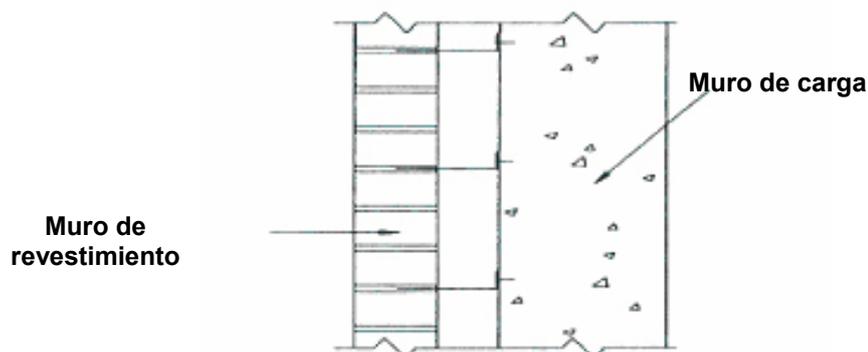


a) Muro sin junta vertical interior

b) Muro con junta vertical interior

**Muros de una hoja**



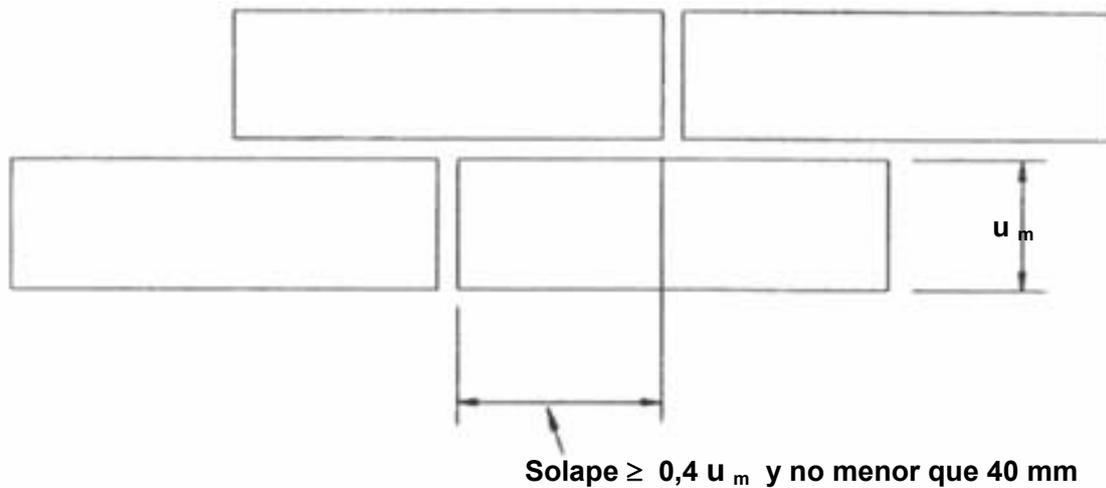
**Muro careado****Muro de revestimiento****Figura 7.1 — Diferentes tipos de muros****7.1.3 Espesor mínimo de los muros**

El espesor mínimo de muros de carga será de 125 mm si es de ladrillos y 150 si es de bloques. No obstante, otros valores pudieran adoptarse si se hacen las correspondientes comprobaciones de cálculo.

**7.1.4 Traba de la mampostería**

(1) Las piezas de mampostería se asentarán con mortero según práctica experimentada.

(2) Las piezas de hiladas consecutivas de un muro se solaparán para que el muro se comporte como elemento estructural único. El solape será al menos igual a 0,4 veces el grueso de la pieza y no menor que 40 mm, (ver figura 7.2). En las esquinas o encuentros, el solape de las piezas no será menor que su tizón; pueden emplearse en el resto del muro piezas cortadas para conseguir el solape preciso.



**Figura 7.2 — Solape de piezas de mampostería**

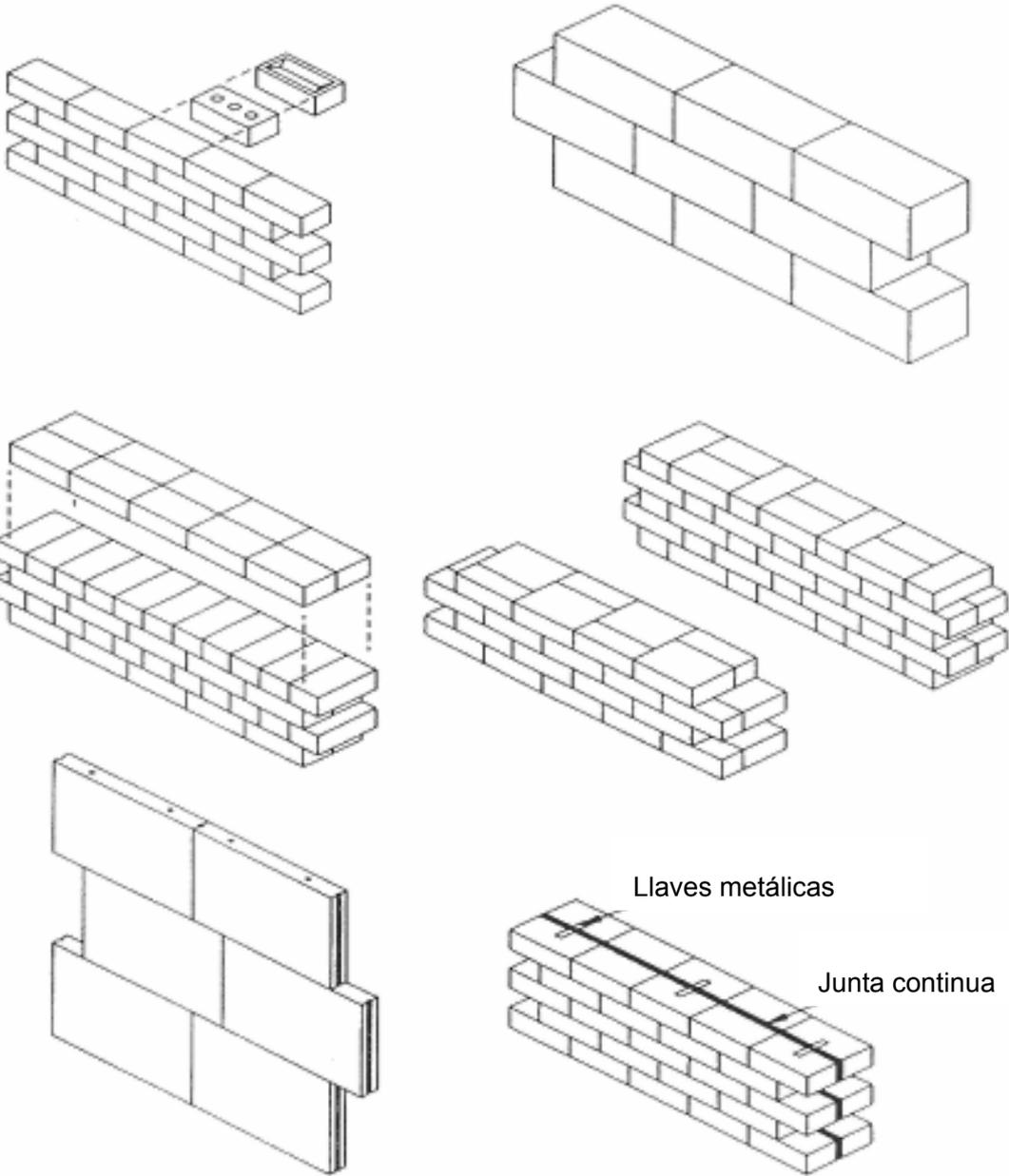
(3) La Figura 7.3 muestra distintos tipos de aparejo de muros. Otros aparejos que no cumplan los requisitos mínimos de solape pueden emplearse en mampostería armada, o cuando la experiencia o datos de ensayos indiquen que son satisfactorios.

(4) Cuando un muro sin carga o tabique divisorio acometa a un muro de carga, se considerará la deformación por fluencia y retracción. Se recomienda que estos muros no se traben, sino que se enlacen con conectores apropiados que permitan deformaciones diferenciales.

NOTA Se ajustará la longitud de muros y pilares y el tamaño de huecos y pilastras a las dimensiones de las piezas para evitar cortes excesivos.

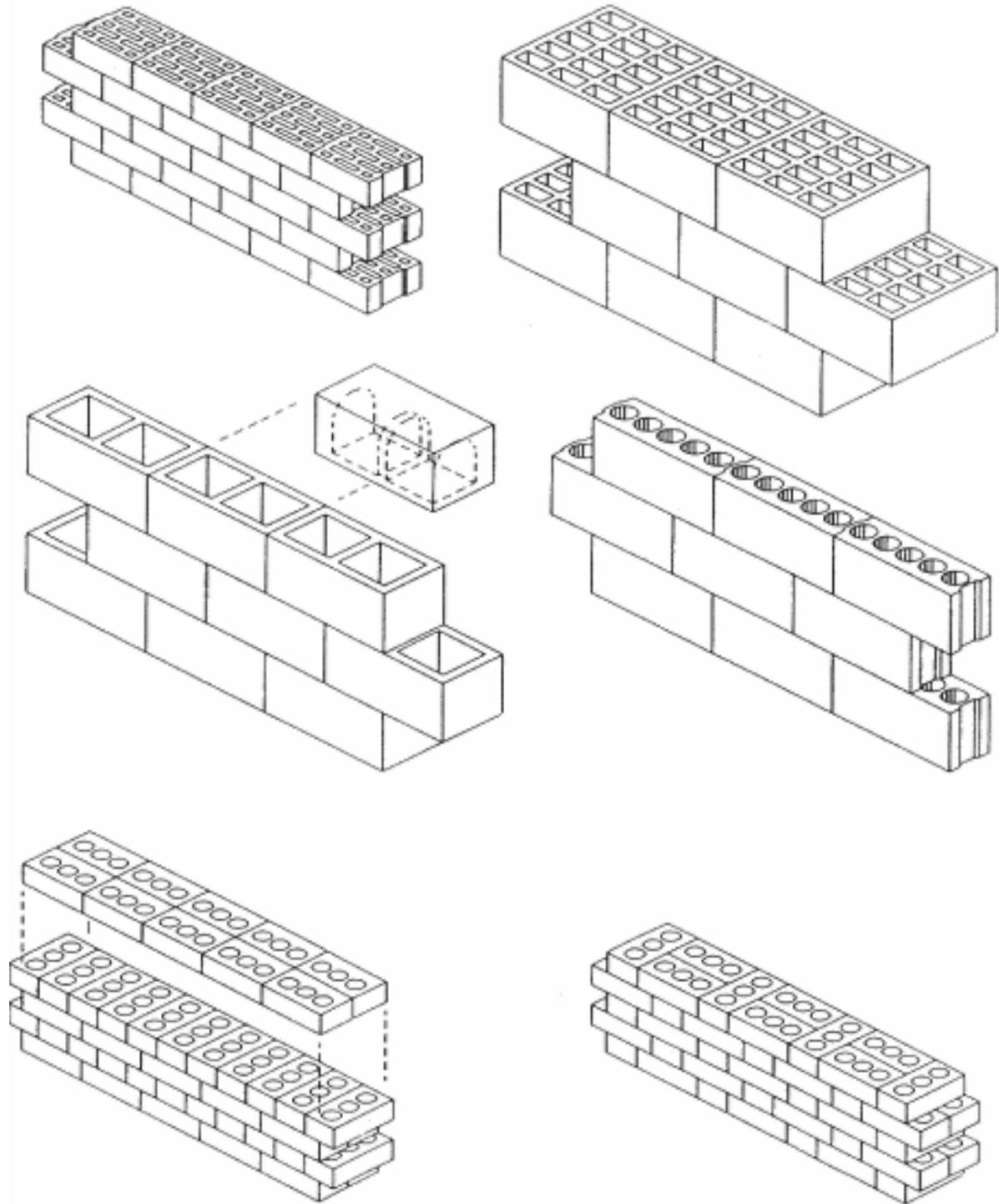
#### **7.1.5 Juntas de mortero**

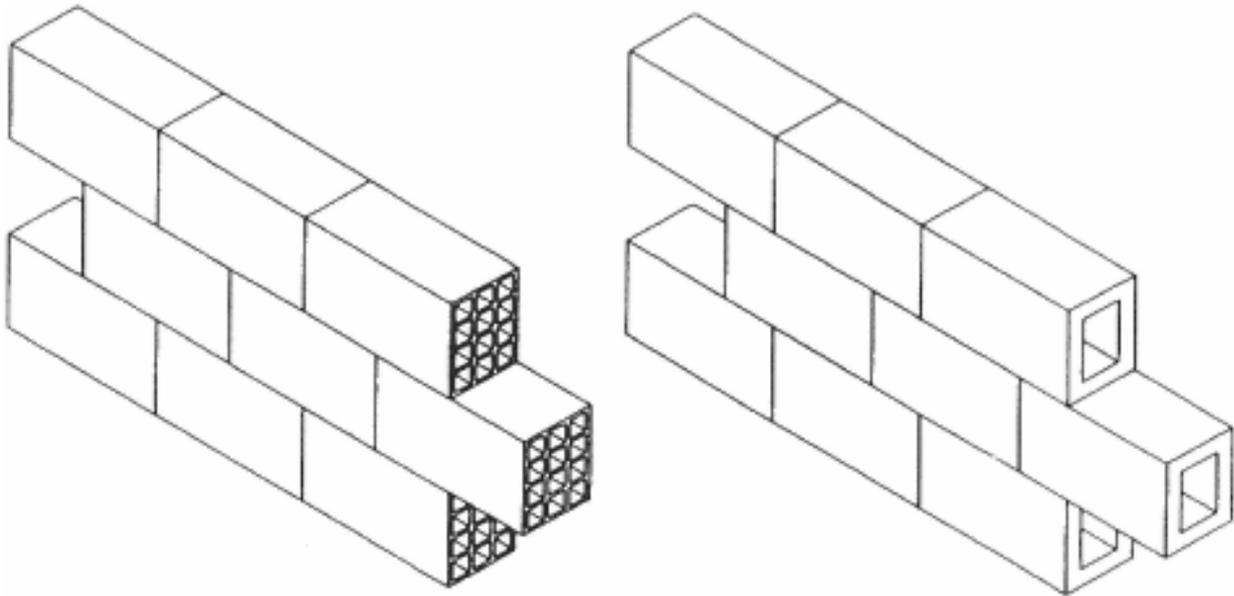
(1) Para poder emplear los valores y ecuaciones de los capítulos 5 y 6 de este Código, el espesor de las juntas horizontales y verticales de mortero ordinario no será menor que 7 mm ni mayor que 13 mm.



Llaves metálicas

Junta continua





**Figura 7.3 — Ejemplos de aparejo**

- (2) Las juntas de asiento de bloques y ladrillos serán horizontales a menos que el proyectista especifique otra cosa.
- (3) Una junta vertical se considera llena si el mortero maciza el grueso total de las piezas en al menos 40% de su tizón; se considera hueca en caso contrario. Las juntas verticales de mampostería armada sometida a flexión y corte se rellenarán totalmente con mortero.

#### **7.1.6 Apoyos de cargas concentradas**

- (1) La longitud mínima de apoyo de una carga concentrada sobre un muro será la exigida por el cálculo según el apartado 6.4.8 y no menor que 100 mm.

### **7.2 Detalles de armado**

#### **7.2.1 Generalidades**

- (1) La armadura se colocará de modo que trabaje solidariamente con la mampostería.
- (2) En la Figura 7.4 se muestran distintas disposiciones de armado en mampostería.

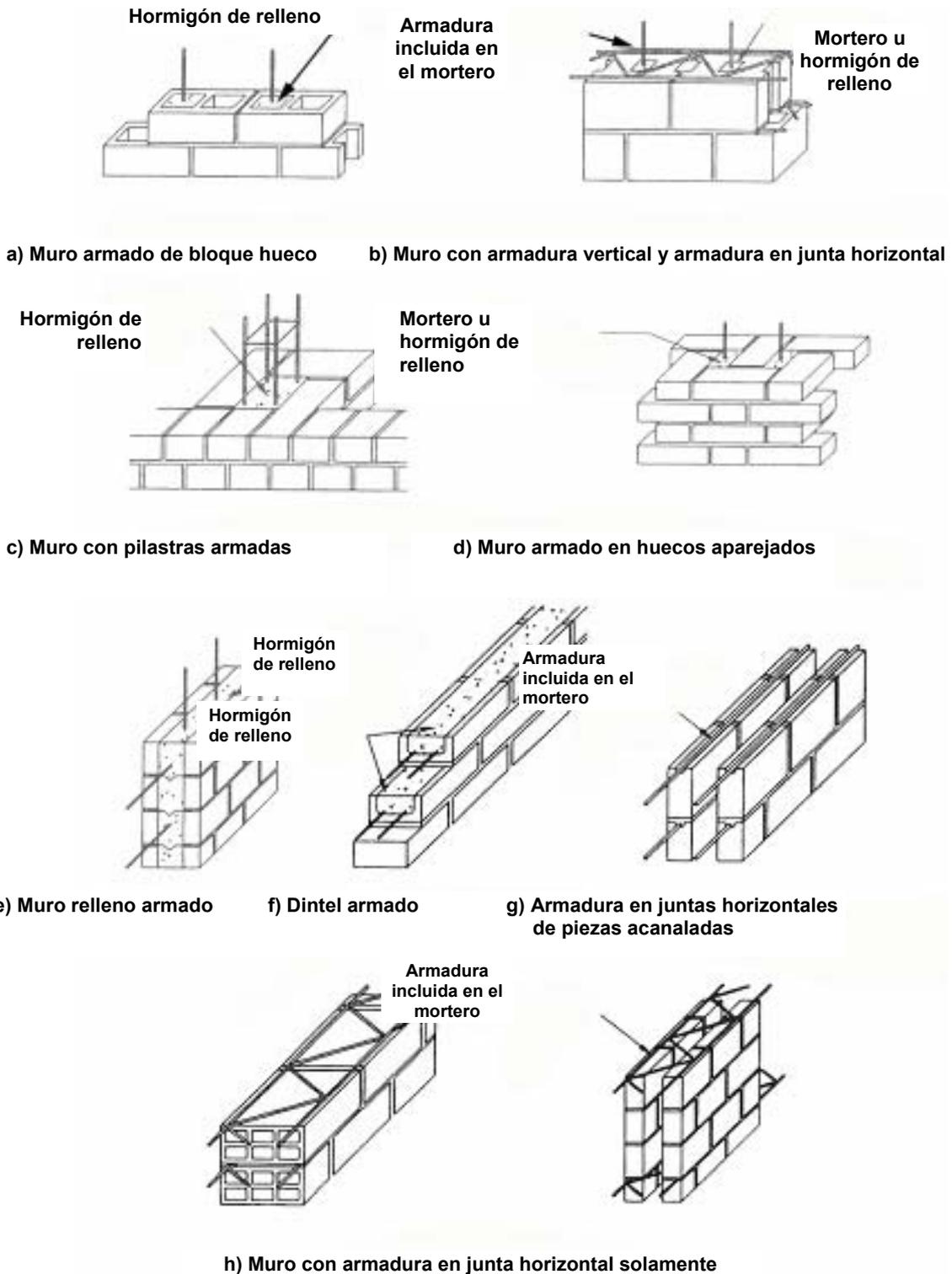


Figura 7.4 — Ejemplos de disposiciones de armado en mampostería

(3) Aun cuando se admita apoyo simple en el cálculo, se considerarán los efectos del posible empotramiento producido por la mampostería. En una mampostería proyectada como viga se dispondrá armadura sobre los apoyos cuando haya continuidad, se haya considerado o no el cálculo. Esta armadura tendrá área no inferior al 50% de la armadura a tracción requerida en el centro del vano y se anclará según el apartado 7.2.5. En todo caso, se prolongará hasta el apoyo al menos una cuarta parte de la armadura en el centro del vano y se anclará análogamente.

## 7.2.2 Protección de las armaduras de acero

### 7.2.2.1 Generalidades

- (1) El acero de armar será resistente a la corrosión producida por condiciones ambientales, o estará adecuadamente protegido contra ella.
- (2) Cuando se emplee galvanizado como protección, las armaduras se galvanizarán una vez conformadas.

### 7.2.2.2 Recubrimiento de las armaduras de acero

- (1) Cuando las armaduras de acero estén incluidas en mortero de juntas horizontales:
  - El espesor mínimo del recubrimiento de mortero desde la armadura hasta la cara de la mampostería será de 15 mm, según la Figura 7.5.
  - El recubrimiento de mortero sobre y bajo la armadura no será menor que 2 mm, como se indica en la Figura 7.5.
  - La armadura se dispondrá de modo que el recubrimiento se mantenga.
- (2) En cámaras rellenas o con trabajo especial, el recubrimiento mínimo de una armadura será de 20 mm de mortero o de hormigón, según el caso, y no menor que el diámetro de la armadura.
- (3) Cuando se emplee acero ordinario sin protección en hormigón de relleno, el recubrimiento de hormigón será el de la Tabla 7.1.

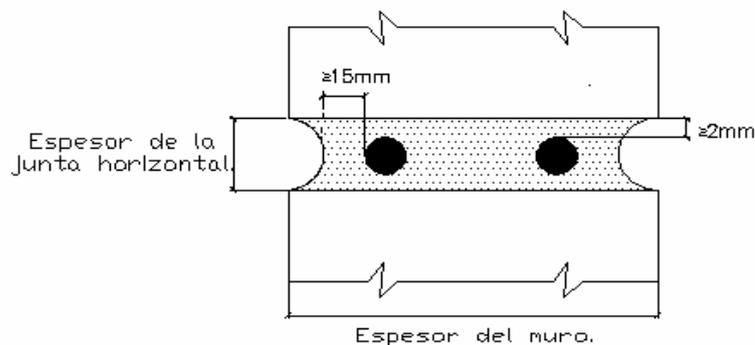


Figura 7.5 — Recubrimientos de las armaduras en junta horizontal

**Tabla 7.1 — Recubrimiento mínimo de hormigón para armaduras de acero ordinario sin protección**

Tipo de agresividad	Espesor mínimo del recubrimiento de hormigón			
	Relación agua / cemento			
	0,55	0,50	0,45	0,40
	Contenido de cemento (kg/m <sup>3</sup> ) no menor que			
	275	300	325	350
	mm	mm	mm	mm
1 Baja	20	20	20	20
2 Media	-	25	25	25
4 Alta	-	-	40	40
5 Muy alta	-	-	-	40

(4) Los extremos cortados de toda barra, excepto de acero inoxidable, tendrán un recubrimiento mínimo igual al establecido para el acero ordinario sin protección en la situación de exposición considerada, a menos que se emplee otros medios de protección.

### 7.2.3 Área mínima de la armadura

(1) El área de la armadura será la mínima requerida para cumplir los correspondientes criterios de cálculo.

(2) En elementos de mampostería con armaduras para cumplir la resistencia, el área de la armadura principal no será menor que el 0,10% del área de la sección de la mampostería, producto del canto útil por el ancho efectivo del elemento que se considere. En muros con armaduras en junta horizontal para incrementar la resistencia a cargas laterales, el área de dicha armadura no será menor que el 0,03% del área bruta de la sección.

(3) Con armaduras en junta horizontal en la mampostería para controlar su fisuración o para dotarla de ductilidad, el área de la armadura no será menor que el 0,03% del área bruta de la sección y la separación vertical no será mayor que 600 mm.

(4) En un elemento de mampostería a flexión en una dirección, generalmente se dispone armadura transversal en dirección perpendicular a la principal. El área de la armadura transversal no será menor que 0,05% del producto del ancho total por el canto útil.

(5) La armadura transversal puede colaborar en el control de la fisuración debido a movimientos térmicos o a la humedad; en ese caso puede ser necesario que el área de la armadura transversal sea mayor que la mínima requerida según el párrafo (4) o para cumplir con el apartado 7.2.1(1).

(6) La armadura transversal no se precisa en muros con pilastras armadas u otras construcciones similares, a menos que sea necesaria para enlazar la mampostería al hormigón de relleno.

#### 7.2.4 Dimensión de la armadura

- (1) La dimensión máxima de la armadura permitirá su inclusión en el mortero u hormigón de relleno. Las barras tendrán un diámetro nominal mínimo de 6 mm.
- (2) El diámetro máximo de la barras empleadas será tal que no se superen las tensiones de anclaje según el apartado 7.2.5 y se mantenga el recubrimiento mínimo de la armadura, dado en el apartado 7.2.2.2.

#### 7.2.5 Anclajes y empalmes

##### 7.2.5.1 Anclaje de barras

Toda barra tendrá la longitud de anclaje necesaria para que el esfuerzo a que está sometida se transmita al mortero o al hormigón de relleno, y se evite fisuración longitudinal o el desconchado de la mampostería.

- (1) El anclaje puede ser por prolongación recta, gancho, patilla, u horquilla ó también mediante apropiados dispositivos mecánicos (ver NC 207).
- (3) No se emplearán anclajes por prolongación recta o por patilla en barras lisas de más de 8 mm de diámetro. En barras a compresión no se emplearán anclajes de gancho, patilla u horquilla.
- (4) Cuando sea posible se dispondrá armadura transversal distribuida uniformemente sobre la longitud de anclaje.

##### 7.2.5.2 Solape de armaduras

- (1) La longitud de solape será la necesaria para transmitir los esfuerzos de cálculo.
- (2) Donde sea posible, no se dispondrán solapes de armaduras en zonas de fuerte sollicitación, o donde las dimensiones de la sección varíen, por ejemplo un escalonado en el espesor de un muro.

##### 7.2.5.3 Anclaje de la armadura transversal

- (1) El anclaje de la armadura transversal, incluyendo estribos, se realizará mediante ganchos o patillas colocando donde sea necesario una armadura longitudinal en la zona curva del gancho o patilla.
- (2) El anclaje es valido si la prolongación del gancho es no menor que 5 diámetros o 50 mm y la de la patilla no menor que 10 diámetros o 70 mm.

#### 7.2.6 Armadura transversal

- (1) Cuando el cálculo requiera armadura transversal (ver apartado 6.7.2.3), ésta se dispondrá en toda la luz con un área mínima no menor que 0,1% del área de la sección de la mampostería, calculada como el producto del canto útil por el espesor efectivo de la sección considerada.
- (2) La distancia máxima entre estribos,  $s$ , no será mayor que 0,75  $h$  ni 300 mm.

(3) Cuando el aparejo de las piezas de la mampostería no permita colocar armadura transversal, se calculará según el apartado 6.7.2.2.

### 7.2.7 Estribado de armadura comprimida

(1) Las barras a compresión se estribarán para evitar pandeo local.

(2) En un muro si el área  $A_v$  de la armadura longitudinal, es mayor que el 0,25% del área  $B_b$  de la mampostería mampostería, incluyendo en esta la del hormigón de relleno, se colocarán cercos si trabaja a más del 25% de la resistencia de cálculo. No es necesario cercos en muros si  $A_v$  es no mayor que el 0,25 % del área de la mampostería armada, o si trabaja a menos del 25% de la resistencia de cálculo.

(3) Cuando los cercos sean necesarios, su diámetro no será menor que 4 mm ó  $\frac{1}{4}$  del diámetro máximo de las barras longitudinales, y la separación no será mayor que:

- la menor dimensión lateral del muro de mampostería armada;
- 300 mm;
- 12 veces el diámetro de la barra principal.

(4) Los cercos rodearán la armadura vertical principal. Cada barra vertical de esquina se sustentará por el codo de cada cerco con ángulo no mayor que  $135^\circ$ . Las barras verticales inferiores se sujetarán con codos internos cada dos cercos.

### 7.2.8 Separación de armaduras

(1) La separación de armaduras será tal que permita el correcto vertido y compactado del hormigón de relleno o del mortero.

(2) En general, la distancia libre entre armaduras adyacentes paralelos no será menor que el tamaño máximo del árido más 5 mm, ni que el diámetro de la armadura, ni que 10 mm.

(3) La separación entre armaduras de tracción principal o transversal no será mayor que 600 mm, excepto la de armaduras concentradas en núcleos o la de armaduras en juntas horizontales.

(4) Cuando la armadura principal se concentra en núcleos o pilastras, por ejemplo en muros con pilastras armadas, la separación entre centros de grupos de armaduras principales será la de los ejes de las pilastras, en vez de 600 mm. Para el cálculo de la mampostería entre núcleos o pilastras hágase referencia al apartado 6.7.1.5. El área total de la armadura principal no excederá el 4% del área bruta del relleno del núcleo o de la pilastra, excepto en solapes donde no excederá el 8%.

### 7.2.9 Mampostería confinada

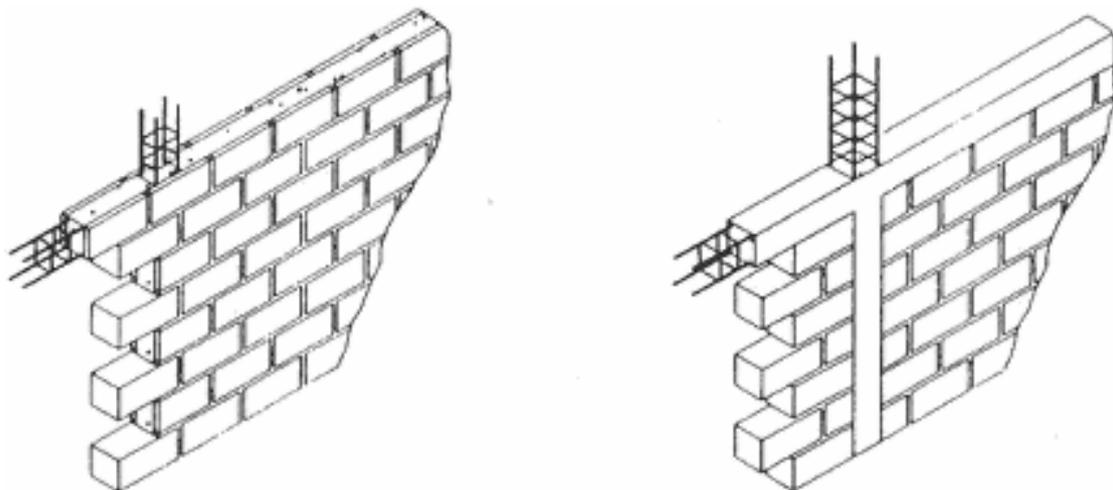
(1) La mampostería confinada se construirá con elementos armados verticales y horizontales de modo que se limite la deformación de la mampostería a causa de acciones en su plano.

(2) La mampostería confinada se construirá entre elementos de hormigón armado o de mampostería armada, horizontales en cada piso, y verticales en las intersecciones de muros y a ambos lados de cada hueco de área mayor que  $1,5 \text{ m}^2$ . Se dispondrán elementos adicionales de hormigón armado o mampostería armada cuando sean necesarios para cumplir con la separación máxima entre ellos, tanto vertical como horizontal, de 4 m. En la Figura 7.6 se dan ejemplos de mampostería confinada.

(3) El área de la sección de los elementos confinantes de hormigón armado o de mampostería armada no será menor que  $0,02 \text{ m}^2$ , con una dimensión mínima de 100 mm, y un área mínima de armadura de  $0,02 \text{ t mm}^2$ , siendo t el espesor del muro, ni menor que  $200 \text{ mm}^2$ . La disposición de la armadura cumplirá lo establecido en el apartado 7.2.

(4) Los elementos armados se hormigonarán en la mampostería después de ejecutada y se anclarán a ésta.

(5) Cuando se emplee mampostería confinada según el apartado 6.8 se colocarán barras de diámetro no menor que 6 mm y a separación no mayor que 600 mm, correctamente anclada en el hormigón de relleno y en las juntas de mortero.



**Mampostería confinada entre vigas y pilares de mampostería armada**

**Mampostería confinada entre vigas y pilares de hormigón armado**

**Figura 7.6 — Ejemplos de mampostería confinada**

### 7.3 Enlace de muros

#### 7.3.1 Enlace de muros, pisos y cubiertas

##### 7.3.1.1 Generalidades

(1) Cuando los muros se admiten arriostrados por pisos o cubiertas, se enlazarán a éstos para que puedan transmitir acciones laterales a los elementos arriostrantes.

(2) La transmisión de las acciones laterales a los elementos arriostrantes puede realizarse por la estructura del piso o cubierta, por ejemplo, un forjado con viguetas de hormigón armado o pretensado o de madera con rigidez en su plano. Otra opción es disponer una viga perimetral capaz de transmitir el esfuerzo cortante y momento flector resultantes.

(3) Las acciones laterales de cálculo se transmitirán entre los muros y los elementos estructurales de enlace por amarres o por el rozamiento entre el muro y los pisos o cubiertas.

(4) Cuando un piso o una cubierta cargan en un muro, la longitud de apoyo será la requerida por capacidad sustentante y resistencia a corte, teniendo en cuenta las tolerancias de fabricación y ejecución, pero no menor que 65 mm.

#### **7.3.1.2 Enlace por amarres**

(1) Cuando se empleen amarres, éstos serán capaces de transmitir las acciones laterales del muro a los elementos estructurales arriostrantes.

(2) La separación de amarres entre muros y pisos o cubiertas no será mayor que 2 m, excepto en edificios de más de cuatro plantas, en los que no será mayor que 1,25 m.

#### **7.3.1.3 Enlace por rozamiento**

(1) Cuando los pisos, cubiertas o tacones de hormigón apoyan directamente en un muro, el rozamiento permitirá la transmisión de las acciones laterales.

(2) No son necesarios amarres si el apoyo de un piso o cubierta de hormigón se prolonga hasta el centro del muro o un mínimo de 65 mm, siempre que no sea un apoyo deslizante.

### **7.3.2 Enlace entre muros**

#### **7.3.2.1 Generalidades**

(1) Los muros de carga se enlazarán de modo que puedan transmitirse entre ellos las acciones verticales y laterales aplicadas.

(2) El enlace en las intersecciones de muros se realizará mediante:

- Traba de la mampostería (ver apartado 7.1.4); o
- Conectores o armadura prolongada en cada muro con resistencia equivalente a la del muro trabado.

(3) Es recomendable que los muros que se enlazan se levanten simultáneamente.

#### **7.3.2.2 Muros de revestimiento**

(1) Las llaves para muros de revestimiento se elegirán y dispondrán de forma que no se produzcan daños en el muro.

## 7.4 Ranuras y rebajes

### 7.4.1 Generalidades

- (1) Las ranuras y rebajes no afectarán la estabilidad del muro.
- (2) No se realizarán ranuras y rebajes cuando su profundidad sea mayor que la mitad del espesor de la pared de las piezas, a menos que se compruebe por cálculo la resistencia del muro.
- (3) Las ranuras y rebajes no atravesarán dinteles u otros elementos estructurales construidos en el muro ni se realizarán en elementos de mampostería armadas, a menos que lo autorice de modo explícito el proyectista.

### 7.4.2 Ranuras y rebajes verticales

La reducción de resistencia a compresión, a flexión y a corte debida a ranuras y rebajes puede despreciarse si se mantienen las limitaciones de la Tabla 7.2, con la profundidad de la ranura o rebaje incluyendo la profundidad de cualquier hueco por el que pase la ranura o rebaje. Si se sobrepasan estas limitaciones, se comprobará por cálculo la resistencia a compresión, a flexión y a corte.

### 7.4.3 Ranuras horizontales e inclinadas

Se evitara las ranuras horizontales e inclinadas. Cuando no sea posible, se realizarán dentro del octavo de la altura libre del muro, sobre o bajo el forjado, y su profundidad total, incluyendo la de cualquier hueco por el que pase la ranura, será menor que la mayor dimensión dada en la Tabla 7.3. Si se sobrepasan estas limitaciones, se comprobará por cálculo la resistencia a compresión, a flexión y a corte.

**Tabla 7.2 — Dimensiones de ranuras y rebajes verticales en la mampostería, admisibles sin cálculo**

Espesor del muro (mm)	Ranuras realizadas tras la ejecución de la mampostería		Rebajes realizados durante la ejecución de la mampostería	
	Profundidad máx. (mm)	Ancho máx. (mm)	Ancho máx. (mm)	Espesor residual mínimo del muro (mm)
≤ 115	30	100	300	70
116-175	30	125	300	90
176-225	30	150	300	140
226-300	30	175	300	175
□ 300	30	200	300	215

NOTA 1: La profundidad máxima de una ranura o rebaje incluirá la de cualquier perforación que se alcance al realizarla.

NOTA 2: las ranuras verticales que no se prolonguen sobre el nivel del piso más que un tercio de la altura de planta pueden tener una profundidad de hasta 80 mm y un ancho de hasta 120 mm, si el espesor del muro es de 225 mm o más.

NOTA 3: La separación horizontal entre ranuras adyacentes o entre una ranura y un hueco no será menor que 225 mm.

NOTA 4: La separación horizontal entre dos rebajes adyacentes, cuando están en la misma cara o en caras opuestas del muro, o entre un rebaje y un hueco, no será menor que dos veces el ancho del rebaje mayor.

La suma de los anchos de las ranuras y rebajes verticales no será mayor que 0,13 veces la longitud del muro.

## 7.5 Movimientos térmicos y reológicos

(1) Se tendrán en cuenta los efectos de los movimientos de modo que no se afecten negativamente al comportamiento de la mampostería.

(2) Se dispondrán juntas de movimiento verticales y horizontales para permitir las dilataciones térmicas y por humedad, fluencia y retracción y las deformaciones por flexión, así como los efectos de las tensiones internas producidas por cargas verticales o laterales, sin que la mampostería sufra daños.

**Tabla 7.3 — Dimensiones de ranuras horizontales e inclinadas, admisibles sin cálculo**

Espesor del muro (mm)	Profundidad máxima (mm)	
	Longitud ilimitada	Longitud ≤ 1250 mm
≤ 115	0	0
116 – 175	0	15
176 – 225	10	20
226 – 300	15	25
>300	20	30

NOTA 1: La profundidad máxima de la ranura incluirá la profundidad de cualquier perforación interceptada por la misma.  
 NOTA 2: La separación horizontal entre el extremo de una ranura y un hueco no será menor que 500 mm.  
 NOTA 3: La separación horizontal entre ranuras adyacentes de longitud limitada, ya estén en la misma cara o en caras opuestas del muro, no será menor que dos veces la longitud de la ranura más larga.  
 NOTA 4: En muros de espesor mayor que 115 mm, la profundidad admisible de la ranura puede aumentarse 10 mm si la misma se realiza con precisión usando máquina de corte. Si se usa máquina de corte, las ranuras de hasta 10 mm de profundidad pueden realizarse en ambas caras de los muros de espesor no menor que 225 mm.  
 NOTA 5: El ancho de la ranura no superará la mitad del espesor residual del muro.

**(3)** Para determinar la máxima separación de las juntas de movimiento verticales, se tendrá en cuenta especialmente los efectos de:

- la retracción por secado de las piezas silicocalcáreas, de hormigón celular de autoclave y de piedra artificial.
- La expansión irreversible por humedad de las piezas de arcilla;
- Las variaciones de temperatura y humedad;
- El aislamiento incorporado a la mampostería;
- La existencia de armaduras en las juntas horizontales.

**(4)** Se tomarán medidas para permitir movimientos verticales en los muros exteriores.

**(5)** El ancho de las juntas de movimientos verticales y horizontales permitirá el máximo movimiento previsible de la mampostería. Si las juntas de dilatación se rellenan, se empleará un material compresible.

### **7.8 Mampostería en contacto con el terreno**

**(1)** La mampostería en contacto con el terreno será tal que no se vea afectada negativamente por las condiciones del terreno o bien estará adecuadamente protegida para ello.

(2) Se tomarán medidas protectoras para la mampostería que pueda ser dañada por efecto de la humedad en contacto con el terreno.

(3) Cuando sea previsible que el terreno contenga sustancias químicas agresivas para la mampostería, ésta se construirá con materiales resistentes a dichas sustancias o bien se protegerá de modo que quede aislada de las sustancias químicas agresivas.

## **8 Construcción**

### **8.1 Piezas de mampostería**

(1) Las propiedades de las piezas corresponderán a las especificaciones del proyectista.

(2) El nivel de control de fabricación de las piezas será el especificado.

(3) Si las piezas no se suministran con una declaración del fabricante sobre su resistencia y la categoría del nivel de control se tomarán muestras en obra y se ensayarán conforme a la norma correspondiente.

### **8.2 Manejo y almacenaje de las piezas y otros materiales**

#### **8.2.1 Generalidades**

(1) Los materiales empleados en mampostería se manejarán y se almacenarán de modo que no sufran daños que los inutilicen por su función.

#### **8.2.2 Almacenaje de las piezas**

(1) Las piezas se apilarán sobre las superficies niveladas y protegidas de la lluvia y de salpicaduras al paso de vehículos.

(2) Las piezas no se apilarán sobre superficies que contengan productos químicos dañinos, clinker o cenizas.

#### **8.2.3 Almacenaje de los componentes de morteros y hormigones**

##### **8.2.3.1 Conglomerantes**

(1) Los conglomerantes se protegerán contra la humedad y el aire durante el traspaso y almacenaje. Los conglomerantes de distintos tipos se almacenarán por separado, y se impedirá que se mezclen.

##### **8.2.3.2 Arena**

(1) La arena se almacenará sobre una base dura que permita el drenaje libre y que evite que se ensucie. Las arenas de distintos tipos se almacenarán por separado.

### 8.2.3.3 Morteros secos y preparados

- (1) El mortero seco que contenga conglomerantes hidráulicos, se suministrará y se almacenará en seco.
- (2) Los componentes del mortero seco, que se suministren por separado, se almacenarán en seco y siguiendo las instrucciones del fabricante.
- (3) El mortero preparado se conservará en contenedor cerrado cuando no se utilice.
- (4) La premezcla de arena y cal se almacenará sobre superficie dura y se cubrirá para protegerla de la lluvia.

### 8.2.4 Almacenaje y empleo de armaduras

- (1) Las barras para refuerzo se almacenarán, se doblarán y se colocarán en la obra de mampostería sin que sufran daños que las inutilicen para su función.
- (2) Toda armadura se examinará superficialmente antes de colocarla, y se comprobará que esté libre de sustancias perjudiciales que puedan afectar al acero, al hormigón o mortero o a la adherencia entre ellos.
- (3) Las armaduras se cortarán y se doblarán de acuerdo con la norma correspondiente para evitar:
  - daños mecánicos
  - rotura de soldadura;
  - depósitos superficiales que afecten a la adherencia;
  - falta de identificación

## 8.3 Mortero y hormigón de relleno

### 8.3.1 Generalidades

- (1) Las propiedades del mortero y del hormigón de relleno serán las especificadas.

### 8.3.2 Mortero de obra y hormigón de relleno

- (1) Los componentes del mortero y del hormigón de relleno se medirán en las proporciones especificadas con instrumentos de medida apropiados y limpios.
- (2) Los componentes se medirán en las proporciones especificadas por peso o por volumen
- (3) El mortero y el hormigón de relleno se empleará antes de iniciarse el fraguado. El mortero u hormigón que haya iniciado el fraguado se desechará y no se reutilizará.
- (4) Al dosificar los componentes del hormigón de relleno se considerará la absorción de las piezas de mampostería y juntas de mortero, que puede reducir su contenido de agua. El hormigón tendrá docilidad suficiente para rellenar completamente los huecos en que se vierta y sin segregación.
- (5) Al mortero no se le añadirán conglomerantes, ni áridos, ni aditivos, ni agua después de amasado.

(6) Cuando se emplean aditivos, se añadirán de acuerdo con los requisitos especificados.

### **8.3.3 Resistencia del mortero y del hormigón de relleno**

#### **8.3.3.1 Resistencia del mortero**

(1) Cuando así lo requiera la categoría de ejecución se tomarán probetas del mortero y se ensayarán según la norma vigente.

#### **8.3.3.2 Resistencia del hormigón de relleno**

(1) Cuando así lo requiera la categoría de ejecución (ver apartado 8.9), se tomarán probetas del hormigón y se ensayarán según la norma vigente.

## **8.4 Ejecución de mampostería**

### **8.4.1 Generalidades**

- (1) Las piezas se asentarán y se aparejarán según las especificaciones del proyectista.
- (2) Las piezas se cortarán limpiamente para cumplir los requisitos dimensionales y para mantener aspecto uniforme. El corte de piezas se reducirá lo más posible.
- (3) El contenido de humedad de las piezas antes de su colocación será el adecuado para alcanzar la especificada adherencia con el mortero. Las piezas se sumergirán en agua para ajustar su contenido de humedad cuando sea necesario.
- (4) La consistencia del mortero será la adecuada para las propiedades de las piezas. Morteros con mayor retención de agua pueden emplearse cuando sea preciso.

### **8.4.2 Juntas de mortero**

#### **8.4.2.1 Generalidades**

- (1) Las juntas se especificarán según lo especificado.
- (2) Las juntas tendrán aspecto y espesor uniforme, a menos que se especifique otra cosa.

#### **8.4.2.2 Marcado de juntas**

- (1) La cara de las juntas de mortero se marcará mientras el mortero esté fresco, para un acabado superficial del muro que le consiga durabilidad y evacuación de la lluvia.
- (2) Las juntas no se rehundirán en profundidad mayor que 5 mm en muros de espesor menor que 200 mm sin autorización del proyectista.

## **8.5 Enlace de muros**

- (1) Los muros se trabarán y enlazarán conjuntamente según las especificaciones.
- (2) Los muros de revestimiento se enlazarán a la estructura según las especificaciones.

## 8.6 Colocación de las armaduras

- (1) Las armaduras se colocarán según los planos, especificaciones y tolerancias.
- (2) Se emplearán separadores y estribos cuando se precisen para mantener las armaduras en su posición con el recubrimiento especificado.
- (3) Las armaduras se solaparán solo donde se indique en los planos.
- (4) Cuando sea necesario, se atará la armadura con alambre para asegurar que no se mueva mientras se vierte el mortero u hormigón de relleno.

## 8.7 Protección de mampostería recién construidas

### 8.7.1 Generalidades

- (1) La mampostería recién construida se protegerá contra daños físicos, (por ejemplo, colisiones), y contra acciones climáticas.
- (2) El tope de los muros se cubrirá para impedir el lavado del mortero de las juntas por lluvia y evitar eflorescencias, desconchados por caliches y daños en materiales higroscópicos.

### 8.7.2 Curado de la mampostería

- (1) Se impedirá el secado rápido de la mampostería de reciente construcción. Se tomarán precauciones para mantener la humedad de la mampostería que tenga resistencia adecuada, especialmente en condiciones desfavorables, como baja humedad relativa, altas temperaturas o fuertes corrientes de aire.

### 8.7.3 Puesta en carga de la mampostería

- (1) No se cargará la mampostería hasta que haya alcanzado la resistencia precisa para soportar la carga sin dañarse.
- (2) El relleno de tierras contra los muros de contención no se efectuará hasta que el muro sea capaz de resistir las cargas producidas por el relleno, considerando las fuerzas de compactado o vibraciones.
- (3) A los muros que queden temporalmente sin arriostrar durante la construcción pero que puedan estar sometidos a cargas de viento o de ejecución, se les acodalará provisionalmente, si fuese necesario, para mantener su estabilidad.
- (4) En muros de contención de terrenos se dispondrán drenes que eviten la sobrecarga hidráulica en los mismos.

## 8.8 Tolerancias en la mampostería

- (1) La mampostería se construirá aplomada y nivelada con las juntas horizontales a menos que el proyectista especifique otra cosa.
- (2) Las tolerancias consideradas en este Código son:
  - **desplome:** 20 mm en la altura de cada piso, y 50 mm en la altura total del edificio (ver Figura 8.1 a);

- **axialidad:** 20 mm, distancia horizontal máxima entre los ejes de muros y bajo un piso (ver Figura 8.1 b);
- **horizontalidad:** 5 mm por metro, con un máximo de 20 mm cada 10 m.

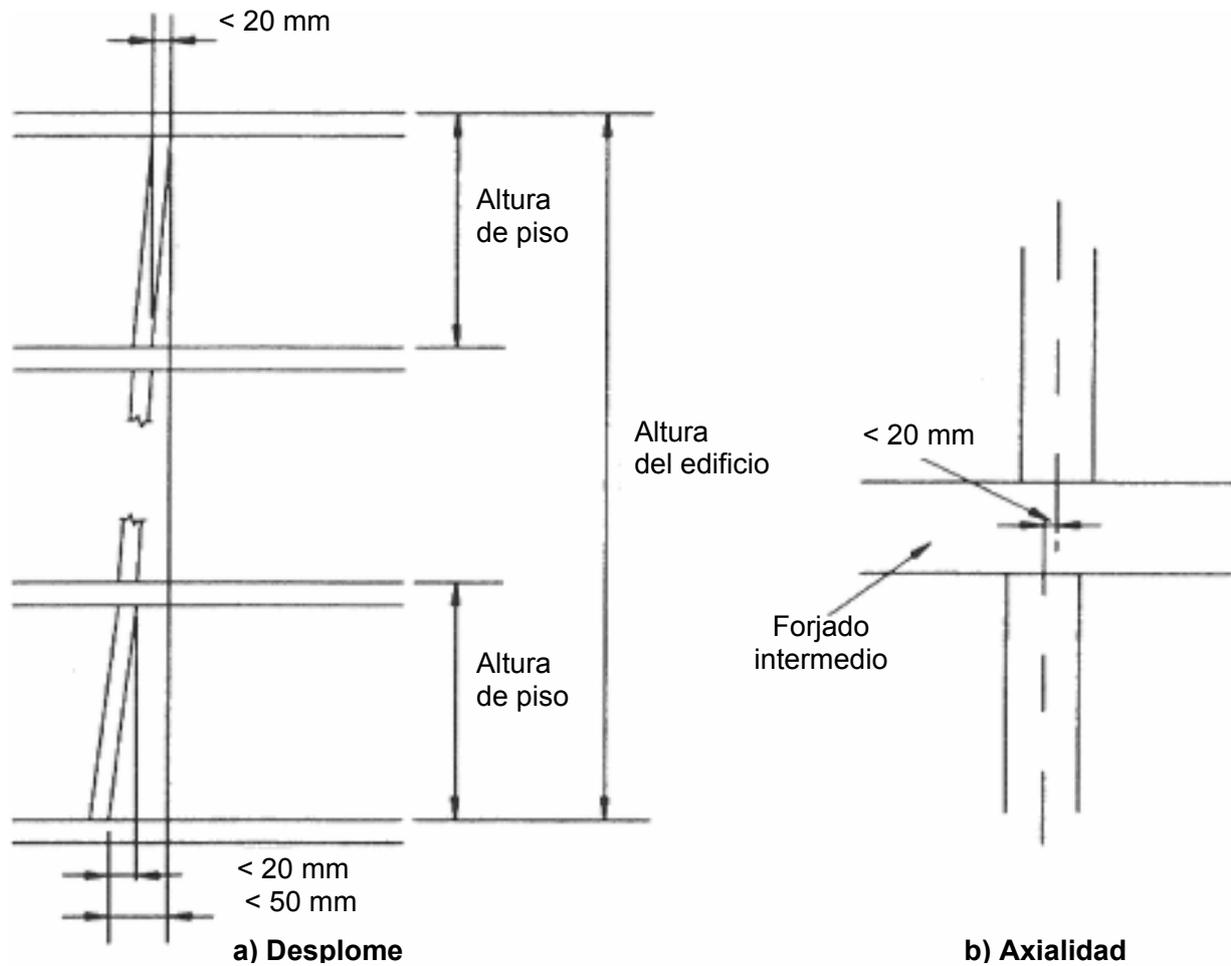


Figura 8.1 — Tolerancias verticales

### 8.9 Categorías de ejecución

- (1) Toda obra se ejecutará de acuerdo con los detalles especificados dentro de las tolerancias.
- (2) Toda obra se ejecutará por personal calificado y experimentado.
- (3) El constructor empleará personal calificado y experimentado para la supervisión de la obra.

## **8.10 Otros aspectos constructivos**

### **8.10.1 Juntas de dilatación**

- (1) Las juntas de dilatación se realizarán según lo especificado en el proyecto.
- (2) La anchura efectiva de la junta de dilatación será suficiente para permitir el movimiento previsto; la junta estará libre de materiales sólidos, pudiendo utilizarse sellante elástico en la cara exterior.

### **8.10.2 Altura de la construcción**

- (1) Se limitará la altura de la mampostería que se ejecute en un día para evitar inestabilidades e incrementos de tensión en el mortero fresco; para determinar el límite adecuado se considerará el espesor del muro, el tipo de mortero, la forma y densidad de las piezas y el grado de exposición al viento.

### **8.10.3 Muros rellenos armados**

- (1) Antes de rellenar de hormigón la cámara de este muro armado, se limpiará de restos de mortero y escombros. El relleno se realizará por tongadas, asegurando que se macicen todos los huecos y no se segregue el hormigón. La secuencia de las operaciones conseguirá que la mampostería tenga la resistencia precisa para soportar la presión del hormigón fresco.

### **8.10.4 Muros con pilastras armados**

- (1) En un muro con pilastras armadas, la armadura principal se fijará con antelación suficiente para ejecutar la mampostería sin entorpecimiento. Los huecos de mampostería en que se incluya la armadura se irán rellenando con mortero u hormigón al levantarse la mampostería.