

Diciembre 2011

TÍTULO

Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica

Parte 3: Métodos simplificados de cálculo para estructuras de fábrica sin armar

Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 3: Simplified calculation methods for unreinforced masonry structures.

Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonnerie. Partie 3: Méthodes de calcul simplifiées pour les ouvrages en maçonnerie non armée.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de las Normas Europeas EN 1996-3:2006, y EN 1996-3:2006/AC:2009.

OBSERVACIONES

Esta norma sustituye a la Norma EN 1996-3:2006 (ratificada por AENOR).

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 140 *Eurocódigos estructurales* cuya Secretaría desempeña SEOPAN.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 49448:2011

© AENOR 2011
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Génova, 6
28004 MADRID-España

Asociación Española de
Normalización y Certificación

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

39 Páginas

Grupo 24

AENOR

NORMA EUROPEA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1996-3

Enero 2006

+AC

Octubre 2009

ICS 91.010.30; 91.080.30

Sustituye a ENV 1996-3:1999

Versión en español

Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica

Parte 3: Métodos simplificados de cálculo para estructuras de fábrica sin armar

**Eurocode 6. Design of masonry structures.
Part 3: Simplified calculation methods for
unreinforced masonry structures.**

**Eurocode 6. Calcul des ouvrages en
maçonnerie. Partie 3: Méthodes de calcul
simplifiées pour les ouvrages en
maçonnerie non armée.**

**Eurocode 6. Bemessung und Konstruktion
von Mauerwerksbauten. Teil 3:
Vereinfachte Berechnungsmethoden für
unbewehrte Mauerwerksbauten.**

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2005-11-24.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles

© 2006 CEN. Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	6
Antecedentes del programa de los Eurocódigos	6
Estatus y campo de aplicación de los Eurocódigos	7
Las normas nacionales de aplicación de los Eurocódigos	8
Vínculos entre los Eurocódigos y las especificaciones técnicas armonizadas (ENs y DITEs) de productos.....	8
El anexo nacional de la Norma EN 1996-3	9
1 GENERALIDADES	10
1.1 Objeto y campo de aplicación de la parte 3 del Eurocódigo 6.....	10
1.2 Normas para consulta	10
1.3 Consideraciones	10
1.4 Diferencia entre Principios y Reglas de aplicación.....	10
1.5 Términos y definiciones	10
1.5.1 Generalidades	10
1.5.2 Fábrica	11
1.6 Símbolos	11
2 BASES DE PROYECTO	12
2.1 Generalidades	12
2.2 Variables básicas	12
2.3 Comprobación por el método de los coeficientes parciales.....	12
3 MATERIALES	12
3.1 Generalidades	12
3.2 Resistencia característica a compresión de la fábrica	13
3.3 Resistencia característica a flexión de la fábrica	13
3.4 Resistencia característica inicial a cortante de la fábrica	13
4 MÉTODOS SIMPLIFICADOS DE CÁLCULO PARA EL PROYECTO DE MUROS DE FÁBRICA	13
4.1 Generalidades	13
4.2 Método simplificado de cálculo para muros con carga vertical y acción de viento	13
4.2.1 Condiciones de aplicación	13
4.2.2 Determinación del valor de cálculo de la resistencia vertical de un muro.....	16
4.3 Método simplificado de cálculo para muros con cargas puntuales	19
4.4 Método simplificado de cálculo para muros de arriostramiento.....	20
4.4.1 Comprobación de la resistencia a cortante de muros.....	20
4.4.2 Valor de cálculo de la resistencia a cortante	21
4.5 Método simplificado de cálculo para muros de sótano con empujes del terreno.....	22
4.6 Método simplificado de cálculo para el proyecto de muros con acción lateral limitada y sin carga vertical.....	23
4.7 Método simplificado de cálculo para el proyecto de muros con acción lateral uniforme y sin carga vertical	23

ANEXO A (Informativo)	MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO PARA MUROS DE FÁBRICA EN EDIFICIOS DE HASTA 3 PISOS.....	24
ANEXO B (Normativo)	MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO PARA EL PROYECTO DE MUROS INTERIORES SIN CARGA VERTICAL Y CON ACCIÓN LATERAL LIMITADA	27
ANEXO C (Informativo)	MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO PARA EL PROYECTO DE MUROS CON ACCIÓN LATERAL UNIFORME Y SIN CARGA VERTICAL.....	30
ANEXO D (Normativo)	MÉTODO SIMPLIFICADO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE LA FÁBRICA	35

PRÓLOGO

Esta Norma EN 1996-3 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 250 *Eurocódigos estructurales*, cuya Secretaría desempeña BSI.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de julio de 2006, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de marzo de 2010.

CEN/TC 250 es responsable de todos los Eurocódigos estructurales.

Esta norma anula y sustituye a la Norma Experimental ENV 1996-3:1999.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

Antecedentes del programa de los Eurocódigos

En 1975, la Comisión de las Comunidades Europeas decidió llevar a cabo un programa de actuación en el campo de la construcción, basado en el artículo 95 del Tratado. El objetivo de este programa era la eliminación de las barreras técnicas al comercio y la armonización de las especificaciones técnicas.

Dentro de este programa de actuación, la Comisión tomó la iniciativa de establecer un conjunto de reglas técnicas armonizadas para el proyecto de las construcciones que, en una primera etapa, sirviera como alternativa a las reglas nacionales en vigor en los Estados miembros y, finalmente, las pudiera reemplazar.

Durante quince años, la Comisión, con la ayuda de un Comité Director con representantes de los Estados miembros, condujo el desarrollo del programa de los Eurocódigos, lo que llevó en los años 80 a la primera generación de códigos europeos.

En 1989, los Estados miembros de la UE y de la AELC decidieron, sobre la base de un acuerdo¹⁾ entre la Comisión y el CEN, transferir al CEN la preparación y publicación de los Eurocódigos mediante una serie de Mandatos, con el fin de dotarlos de un futuro estatus de Norma Europea (EN). Esto vincula *de facto* los Eurocódigos con las disposiciones de todas las Directivas del Consejo y Decisiones de la Comisión que hacen referencia a las normas europeas (por ejemplo, la Directiva del Consejo 89/106/CEE sobre productos de construcción - DPC - y las Directivas del Consejo 93/37/CEE, 92/50/CEE y 89/440/CEE sobre obras públicas y servicios y las Directivas de la AELC equivalentes iniciadas para conseguir la implantación del mercado interior).

El programa Eurocódigos Estructurales comprende las siguientes normas, compuestas generalmente de diversas partes:

EN 1990 *Eurocódigo: Bases para el cálculo de estructuras*.

EN 1991 *Eurocódigo 1: Acciones en estructuras*.

EN 1992 *Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón*.

1) Acuerdo entre la Comisión de las Comunidades Europeas y el Comité Europeo de Normalización (CEN) referente al trabajo sobre los Eurocódigos para el proyecto de edificios y de obras de ingeniería civil (BC/CEN/03/89).

EN 1993 Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero.

EN 1994 Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras mixtas de hormigón y acero.

EN 1995 Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera.

EN 1996 Eurocódigo 6: Proyecto de estructuras de fábrica.

EN 1997 Eurocódigo 7: Proyecto geotécnico.

EN 1998 Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes.

EN 1999 Eurocódigo 9: Proyecto de estructuras de aluminio.

Las normas Eurocódigos reconocen la responsabilidad de las autoridades reglamentadoras de cada Estado miembro y han salvaguardado su derecho a determinar en el ámbito nacional los valores relacionados con temas reglamentarios de seguridad cuando éstos siguen siendo distintos de un Estado a otro.

Estatus y campo de aplicación de los Eurocódigos

Los Estados miembros de la UE y de la AELC reconocen que los Eurocódigos sirven como documentos de referencia para los siguientes propósitos:

- como medio para demostrar el cumplimiento de las obras de edificación y de ingeniería civil con los requisitos esenciales de la Directiva del Consejo 89/106/CEE, en particular con el Requisito Esencial nº 1 - Resistencia mecánica y estabilidad - y con el Requisito Esencial nº 2 - Seguridad en caso de incendio;
- como base para especificar los contratos de las obras de construcción y de los servicios de ingeniería correspondientes;
- como marco para redactar las especificaciones técnicas armonizadas de productos de construcción (ENs y DITEs).

Los Eurocódigos, en tanto en cuanto los mismos están relacionados con las construcciones, tienen una relación directa con los Documentos Interpretativos²⁾ a los que hace referencia el artículo 12 de la DPC, aunque son de distinta naturaleza que las normas armonizadas de producto¹³⁾. Por ello, los Comités Técnicos del CEN y/o los Comités Técnicos de CEN y/o los Grupos de Trabajo de la EOTA que trabajen sobre normas de producto deben considerar adecuadamente los aspectos técnicos que surjan del trabajo de los Eurocódigos, con vistas a obtener la compatibilidad total entre estas especificaciones técnicas y los Eurocódigos.

2) De acuerdo con el artículo 3.3 de la DPC, los documentos interpretativos deben dar forma concreta a los requisitos esenciales (REs) con el fin de establecer los vínculos necesarios entre los requisitos esenciales y los mandatos para la elaboración de normas armonizadas y DITEs/Guías de DITEs.

3) De acuerdo con el artículo 12 de la DPC los documentos interpretativos deben:

- a) dar forma concreta a los requisitos esenciales mediante la armonización de la terminología y de las bases técnicas y la asignación, en su caso, de clases o niveles para cada requisito esencial;
- b) indicar los métodos para relacionar estas clases y niveles con las especificaciones técnicas, por ejemplo, métodos de cálculo y de prueba, reglas técnicas para el cálculo de proyectos, etc.;
- c) servir de referencia para el establecimiento de normas armonizadas y de guías para los Documentos de Idoneidad Técnica Europeos.

Los Eurocódigos, *de facto*, juegan un papel similar en el campo del RE 1 y en parte del RE 2.

Las normas Eurocódigos dan reglas comunes de cálculo estructural para su uso cotidiano en el proyecto de estructuras completas y de productos componentes de naturaleza tanto tradicional como innovadora. Las formas de construcción y condiciones de cálculo poco usuales no quedan cubiertas específicamente y requerirán, en tales casos, el estudio adicional del proyectista.

Las normas nacionales de aplicación de los Eurocódigos

Las normas nacionales de aplicación de los Eurocódigos comprenderán el texto completo del Eurocódigo (incluyendo los anexos), tal y como se publique por el CEN, pudiendo venir precedido de una portada nacional y de un preámbulo nacional, y seguido por un anexo nacional (informativo).

El anexo nacional sólo puede contener información sobre aquellos parámetros que queden abiertos en los Eurocódigos para la elección de una opción nacional, conocidos como Parámetros de Determinación Nacional, para su empleo en el proyecto de edificios y obras de ingeniería civil a construir en el país correspondiente, es decir:

- los valores y/o las clases cuando se ofrezcan alternativas en el Eurocódigo;
- los valores a emplear cuando sólo se dé un símbolo en el Eurocódigo;
- los datos específicos del país (geográficos, climatológicos, etc.), por ejemplo, el mapa de nieve;
- el procedimiento a emplear cuando los Eurocódigos ofrezcan procedimientos alternativos;

y también puede contener:

- decisiones sobre la aplicación de los anexos informativos;
- referencia a información complementaria no contradictoria que ayude al usuario a aplicar el Eurocódigo.

Vínculos entre los Eurocódigos y las especificaciones técnicas armonizadas (ENs y DITEs) de productos

Hay una necesidad de consistencia entre las especificaciones técnicas armonizadas de producto y las reglas técnicas de las obras⁴⁾. Aún más, toda la información que acompañe al marcado CE de los productos de construcción que se refiera a los Eurocódigos debe mencionar claramente qué Parámetros de Determinación Nacional se han tenido en cuenta.

Esta norma europea es parte de la serie de Normas EN 1996, que comprende las siguientes partes:

Parte 1-1: Reglas generales para estructuras de fábrica armada y sin armar.

Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego.

Parte 2: Consideraciones de proyecto, selección de materiales y ejecución de la fábrica.

Parte 3: Métodos simplificados de cálculo para estructuras de fábrica sin armar.

La Norma EN 1996-1-1 describe los principios y requisitos de seguridad, comportamiento en servicio y durabilidad de las estructuras de fábrica. Se basa en el concepto de estado límite utilizado en conjunción con un método de coeficientes parciales. Esta Norma EN 1996-3 describe los métodos simplificados de cálculo con objeto de facilitar el proyecto de muros de fábrica basado en los Principios de la Norma EN 1996-1-1.

4) Véanse los artículos 3.3 y 12 de la DPC, así como los apartados 4.2, 4.3.1, 4.3.2 y 5.2 del Documento Interpretativo nº 1.

La Norma EN 1996 está concebida para su uso conjunto con los Eurocódigos EN 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998 y 1999 para la aplicación directa en el proyecto de nuevas estructuras.

La Norma EN 1996-3 está orientada a:

- los comités que elaboran normas de cálculo estructural y sus productos relacionados, así como las normas de ensayo y ejecución;
- clientes (por ejemplo, para la formulación de sus requisitos específicos en cuanto a niveles de fiabilidad y durabilidad);
- proyectistas y contratistas;
- autoridades competentes.

El anexo nacional de la Norma EN 1996-3

Esta norma ofrece algunos símbolos para los cuales se necesita un valor establecido a nivel nacional; los apartados en los que se puede realizar la determinación de parámetros nacionales se indican mediante notas. Por tanto, la norma nacional de adopción de la Norma EN 1996-3 debería tener un anexo nacional que contenga todos los Parámetros de Determinación Nacional a emplear en el proyecto de edificios y obras de ingeniería civil a construir en el país correspondiente.

En la Norma EN 1996-3 se permite la elección de parámetros nacionales en los puntos siguientes:

- 2.3 (2)P Comprobación por el método del coeficiente parcial
- 4.1 (1)(P) Comprobación de la estabilidad global de un edificio
- 4.2.1.1 (1)P Condiciones generales
- 4.2.2.3 (1) Coeficiente de minoración de la resistencia
- D.1 (1) Resistencia característica a compresión
- D.2 (1) Resistencia característica a flexión
- D3 (1) Resistencia característica inicial a cortante

1 GENERALIDADES

1.1 Objeto y campo de aplicación de la parte 3 del Eurocódigo 6

(1)P El objeto y campo de aplicación del Eurocódigo 6 para estructuras de fábrica dado en el apartado 1.1.1 de la Norma EN 1996-1-1:2005 se aplica también a esta Norma EN 1996-3.

NOTA El Eurocódigo 6 comprende únicamente los requisitos de resistencia, comportamiento en servicio y durabilidad de las estructuras. No se consideran otros requisitos. El Eurocódigo 6 no contempla los requisitos especiales del proyecto sísmico.

(2)P La Norma EN 1996-3 proporciona métodos simplificados de cálculo para facilitar el proyecto de los siguientes muros de fábrica, con ciertas condiciones de aplicación:

- muros con carga vertical y acción de viento;
- muros con cargas puntuales;
- muros de arriostramiento;
- muros de sótano con empujes del terreno y cargas verticales;
- muros sin carga vertical pero con acciones laterales.

(3)P Las reglas dadas en la Norma EN 1996-3 son coherentes con las facilitadas en la Norma EN 1996-1-1, pero son más conservadoras respecto a las condiciones y limitaciones de empleo.

(4) El cálculo se debe basar en la Norma EN 1996-1-1 para aquellos tipos de estructuras, o partes de estructuras, de fábrica no contemplados en el punto (1).

(5) Esta Norma EN 1996-3 sólo es aplicable a las estructuras de fábrica, o partes de estructuras, descritas en las Normas EN 1996-1-1 y EN 1996-2.

(6) Los métodos simplificados de cálculo ofrecidos en esta Norma EN 1996-3 no son aplicables a situaciones accidentales.

1.2 Normas para consulta

(1)P En esta Norma EN 1996-3 son aplicables las referencias del apartado 1.2 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

1.3 Consideraciones

(1)P En esta Norma EN 1996-3 son aplicables las consideraciones iniciales establecidas en el apartado 1.3 de la Norma EN 1990:2002.

1.4 Diferencia entre Principios y Reglas de aplicación

(1)P En esta Norma EN 1996-3 son aplicables las reglas establecidas en el apartado 1.4 de la Norma EN 1990:2002.

1.5 Términos y definiciones

1.5.1 Generalidades

(1) En esta Norma EN 1996-3 se aplican los términos y las definiciones dados en el apartado 1.5 de la Norma EN 1990:2002.

(2) En esta Norma EN 1996-3 se aplican los términos y las definiciones dados en el apartado 1.5 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

(3) Los términos y las definiciones adicionales empleados en esta Norma EN 1996-2 se encuentran en el apartado 1.5.2.

1.5.2 Fábrica

1.5.2.1 muro de sótano:

Muro de contención construido parcial o totalmente bajo rasante.

1.6 Símbolos

(1)P Los símbolos independientes del material se encuentran en el apartado 1.6 de la Norma EN 1990.

(2)P Los símbolos de la Norma EN 1996-1-1 son aplicables a esta norma.

(3)P Otros símbolos empleados en esta Norma EN 1996-3 son:

b_c	distancia entre muros perpendiculares u otros contrafuertes;
c	constante;
$f_{k,s}$	resistencia característica a compresión de la fábrica, determinada por un método simplificado;
f_{vdo}	valor de cálculo de la resistencia inicial a cortante;
f_{vdu}	valor de cálculo de la resistencia límite a cortante;
h_a	altura media del edificio;
h_e	altura del muro bajo rasante;
h_m	altura máxima de un edificio para la que se permite usar el método simplificado de cálculo;
k_G	constante;
l	longitud de un muro en dirección horizontal;
l_{bx}	dimensión en planta del edificio en el eje x;
l_{by}	dimensión en planta del edificio en el eje y;
l_f	luz de un forjado;
$l_{f,ef}$	luz efectiva de un forjado;
l_{sx}	longitud de un muro de arriostramiento orientado en el eje x;
l_{sy}	longitud de un muro de arriostramiento orientado en el eje y;
$N_{Ed,máx.}$	valor de cálculo de la máxima carga vertical;
$N_{Ed,mín.}$	valor de cálculo de la mínima carga vertical;
q_{Ewd}	acción de cálculo de viento por unidad de área;
w_{Ek}	acción característica de viento por unidad de área;

- α relación (ratio) de carga;
- β constante;
- ρ_e peso específico del terreno;
- Φ_s coeficiente de minoración de la resistencia

2 BASES DE PROYECTO

2.1 Generalidades

- (1)P El proyecto de edificios de fábrica debe ser conforme con las reglas generales dadas en la Norma EN 1990.
- (2)P Se deben cumplir las disposiciones específicas para estructuras de fábrica dadas en el capítulo 2 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

2.2 Variables básicas

- (1)P Las acciones se deben obtener de las partes pertinentes de la serie de Normas EN 1991.
- (2)P Los coeficientes parciales para cargas se deben obtener de la Norma EN 1990.
- (3)P Las propiedades para los materiales y productos de construcción y los datos geométricos que se usen en el proyecto deben ser los especificados en la Norma EN 1996-1-1, o en las pertinentes Normas EN armonizadas o DITEs, salvo que se indique lo contrario en esta Norma EN 1996-3.

2.3 Comprobación por el método de los coeficientes parciales

- (1)P La comprobación por el método de los coeficientes parciales se debe hacer de acuerdo con el apartado 2.4 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

NOTA También son aplicables las notas del apartado 2.4.2 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

- (2)P Se deben utilizar los correspondientes valores del coeficiente parcial para materiales γ_M para el estado límite último en situaciones comunes.

NOTA Los valores numéricos de γ_M se pueden encontrar en el anexo nacional. Los valores recomendados se indican en el apartado 2.4.3 de la Norma EN 1996-1-1:2005. Los valores recomendados para fábricas se repiten en la siguiente tabla.

Material	γ_M				
	Clase				
	1	2	3	4	5
Fábrica de					
Piezas de Categoría I, mortero diseñado	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
Piezas de Categoría I, mortero prescrito	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
Piezas de Categoría II	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0

FIN DE LA NOTA

3 MATERIALES

3.1 Generalidades

- (1)P Los materiales empleados en los muros de fábrica citados en esta Norma EN 1996-3 deben ser conformes con el capítulo 3 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

(2) Las piezas de fábrica se deberían agrupar como grupo 1, grupo 2, grupo 3 o grupo 4, según el apartado 3.1.1 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

NOTA Normalmente el fabricante especificará el grupo de sus piezas en su declaración de producto.

3.2 Resistencia característica a compresión de la fábrica

(1) La resistencia característica a compresión de la fábrica se debería determinar según el apartado 3.6.1 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

(2) El anexo D aporta un método simplificado para determinar la resistencia característica a compresión de la fábrica, para su uso en esta norma.

3.3 Resistencia característica a flexión de la fábrica

(1) La resistencia característica a flexión de la fábrica se debería determinar según el apartado 3.6.3 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

(2) El anexo D aporta un método simplificado para determinar las resistencias características a flexión de la fábrica, para su uso en esta norma.

3.4 Resistencia característica inicial a cortante de la fábrica

(1) La resistencia característica inicial a cortante de la fábrica, f_{vko} , se debería determinar según el apartado 3.6.2 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

(2) El anexo D aporta un método simplificado para determinar la resistencia característica inicial a cortante de la fábrica, para su uso en esta norma.

4 MÉTODOS SIMPLIFICADOS DE CÁLCULO PARA EL PROYECTO DE MUROS DE FÁBRICA

4.1 Generalidades

(1)P Se debe comprobar la estabilidad global del edificio del cual forma parte el muro.

NOTA La comprobación se puede realizar según el punto (1) del apartado 5.4 de la Norma EN 1996-1-1:2005 o mediante un método simplificado que se puede encontrar en el anexo nacional.

4.2 Método simplificado de cálculo para muros con carga vertical y acción de viento

4.2.1 Condiciones de aplicación

4.2.1.1 Condiciones generales

(1)P Para emplear el método simplificado se deben cumplir las siguientes condiciones:

- la altura del edificio sobre rasante no debe superar h_m ; para los edificios con cubierta inclinada la altura se debe determinar como la altura media h_a según la figura 4.1.

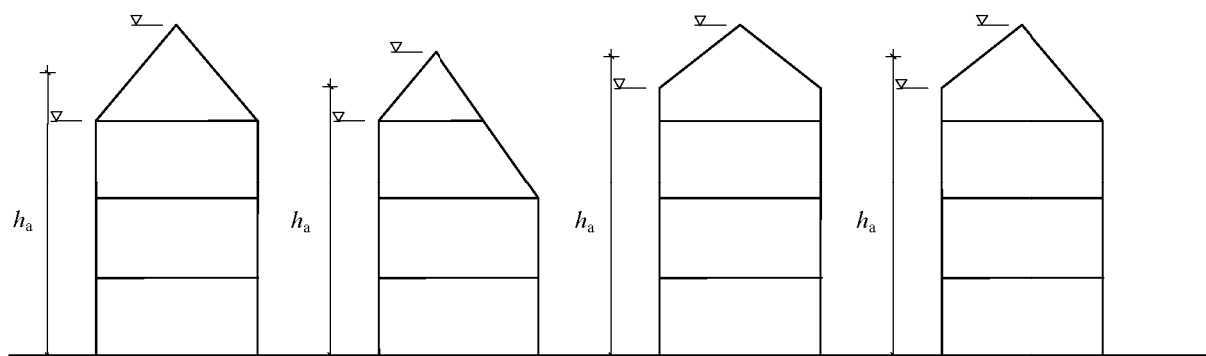


Figura 4.1 – Determinación de la altura media

NOTA El valor numérico del símbolo h_m para su uso en un Estado se puede encontrar en su anexo nacional. Los valores recomendados, dados como clases, se muestran en la siguiente tabla.

Clase	1	2	3
h_m	20 m	16 m	12 m

- la luz de los forjados sustentados por los muros no debe superar 7,0 m;
- la luz de la cubierta sustentada por los muros no debe superar 7,0 m, excepto en el caso de cubiertas ligeras en celosía, en las que la luz no debe superar 14,0 m;
- la altura libre de piso no debe superar 3,2 m, salvo si la altura total del edificio es mayor de 7,0 m, en cuyo caso la altura libre de piso en la planta baja puede ser 4,0 m;
- los valores característicos de las acciones variables sobre los forjados y la cubierta no deben superar 5,0 kN/m²;
- los forjados y la cubierta arriostran eficazmente los muros en la dirección horizontal perpendicular al plano del muro, bien por sí mismos o bien a través de medios adecuados, por ejemplo zunchos con rigidez suficiente según el apartado 8.5.1.1 de la Norma EN 1996-1-1:2005;
- los muros presentan axialidad en toda su altura;
- los forjados y la cubierta tienen una entrega en el muro de al menos 0,4 t del espesor del muro y no menor de 75 mm;
- el coeficiente final de fluencia de la fábrica ϕ_{∞} no supera 2,0;
- se debe comprobar el espesor del muro y la resistencia a compresión de la fábrica a nivel de cada piso, salvo que estas variables sean iguales en todos los pisos.

NOTA El anexo A ofrece un método de cálculo más simplificado, aplicable a los edificios de hasta 3 pisos.

4.2.1.2 Condiciones adicionales

(1) En el caso de muros que actúen como apoyos extremos de los forjados (véase la figura 4.2), el método simplificado de cálculo dado en el apartado 4.2.2 sólo puede aplicarse si la luz del forjado l_f no es mayor que:

$$7,0 \text{ m cuando } N_{Ed} \leq k_G t b f_d \quad (4.1a)$$

o

$$\text{el menor valor entre } 4,5 + 10 t \text{ (en m) y } 7,0 \text{ m, cuando } f_d > 2,5 \text{ N/mm}^2 \quad (4.1b)$$

o

$$\text{el menor valor entre } 4,5 + 10 t \text{ (en m) y } 6,0 \text{ m, cuando } f_d \leq 2,5 \text{ N/mm}^2 \quad (4.1c)$$

donde

N_{Ed} es el valor de cálculo de la carga vertical en la cota considerada;

t es el espesor real del muro, o de la hoja portante de un muro capuchino, que actúa como apoyo extremo, en metros;

b es la anchura sobre la que actúa la carga vertical;

f_d es la resistencia de cálculo a compresión de la fábrica

k_G es 0,2 para piezas de fábrica del grupo 1

es 0,1 para piezas de fábrica de los grupos 2, 3 y 4.

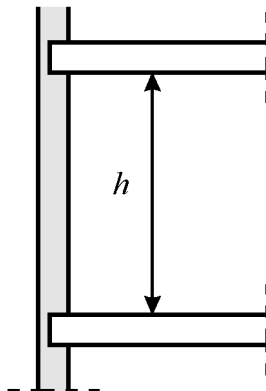


Figura 4.2 – Muro actuando como apoyo extremo de un forjado

(2)P Los muros que actúan como apoyos extremos los forjados o cubiertas, sometidos a la acción de viento, sólo se deben calcular según el apartado 4.2.2 sí:

$$t \geq \frac{c_1 q_{Ewd} b h^2}{N_{Ed}} + c_2 h \quad (4.2)$$

donde

h es la altura libre de piso;

q_{Ewd} es la acción de cálculo de viento por unidad de área de muro;

N_{Ed} es el valor de cálculo de la carga vertical que tiene los efectos menos severos en la cima del muro en el piso considerado;

- b es la anchura sobre la que actúa la carga vertical;
- t es el espesor real del muro, o de la hoja portante de un muro capuchino, que actúa como apoyo extremo, en metros;
- α es $\frac{N_{Ed}}{t b f_d}$;
- c_1, c_2 son constantes procedentes de la tabla 4.1.

Tabla 4.1 – Constantes c_1 y c_2

α	c_1	c_2
0,05	0,12	0,017
0,10	0,12	0,019
0,20	0,14	0,022
0,30	0,15	0,025
0,50	0,23	0,031
NOTA Se permite interpolar linealmente.		

NOTA El anexo C ofrece un método simplificado para el cálculo de las acciones laterales, pero se puede usar para obtener el espesor t en vez de la ecuación (4.2) si el valor de cálculo de la carga vertical con el efecto más severo es $k_G b t f_d$ o menor, donde $k_G, b, t, y f_d$ se describen en el apartado 4.2.1.2.

4.2.2 Determinación del valor de cálculo de la resistencia vertical de un muro

4.2.2.1 Generalidades

(1)P En el estado límite último se debe comprobar que:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \quad (4.3)$$

donde

N_{Ed} es el valor de cálculo de la carga vertical sobre el muro;

N_{Rd} es el valor de cálculo de la resistencia vertical del muro según el apartado 4.2.2.2.

4.2.2.2 Valor de cálculo de la resistencia vertical

(1) El valor de cálculo de la resistencia vertical, N_{Rd} , se puede determinar mediante:

$$N_{Rd} = \Phi_s f_d A \quad (4.4)$$

donde

Φ_s es el coeficiente de minoración por efectos de la esbeltez y de la excentricidad de la carga, obtenido del apartado 4.2.2.3;

f_d es la resistencia de cálculo a compresión de la fábrica;

A es la sección bruta horizontal cargada del muro.

4.2.2.3 Coeficiente de minoración

(1) El coeficiente de minoración Φ_s para muros intermedios se debería determinar mediante la ecuación (4.5a).

$$\Phi_s = 0,85 - 0,0011 \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 \quad (4.5a)$$

Para muros que actúan como apoyos extremos del forjado, Φ_s se debería determinar como el menor valor entre la ecuación (4.5a) y la siguiente:

$$\Phi_s = 1,3 - \frac{l_{f,ef}}{8} \leq 0,85 \quad (4.5b)$$

Para muros en la última planta que actúan como apoyos extremos del forjado superior o la cubierta, Φ_s se debería determinar como el menor valor entre las ecuaciones (4.5a), (4.5b) y la siguiente:

$$\Phi_s = 0,4 \quad (4.5c)$$

donde

h_{ef} es la altura efectiva del muro (véase 4.2.2.4);

t_{ef} es el espesor efectivo determinado según el apartado 5.5.1.3 de la Norma EN 1996-1-1:2005; o

$t_{ef} = t$ para un muro de una hoja;

$t_{ef} = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3}$ para un muro capuchino con un número de llaves no menor de n_{\min} , el número de llaves mínimo de un muro por m^2 , donde t_1 y t_2 son los espesores reales de las hojas y donde el módulo de elasticidad de la hoja no cargada es mayor o igual que el 90% del módulo de la hoja cargada.

$l_{f,ef}$ es la luz efectiva, en metros, del forjado para el que el muro está actuando como apoyo extremo, siendo:

$l_{f,ef} = l_f$ para forjados simplemente apoyados;

$l_{f,ef} = 0,7 l_f$ para forjados continuos;

$l_{f,ef} = 0,7 l_f$ para forjados bidireccionales simplemente apoyados, cuando la longitud apoyada sobre el muro considerado no es mayor que $2 l_f$;

$l_{f,ef} = 0,5 l_f$ para forjados bidireccionales continuos, cuando la longitud apoyada sobre el muro considerado no es mayor que $2 l_f$.

Φ_s es el coeficiente de minoración que incorpora el efecto del pandeo, la excentricidad inicial, la excentricidad debida a las cargas y el efecto de la fluencia.

NOTA El valor de n_{\min} para su uso en un Estado se puede encontrar en su anexo nacional; el valor recomendado es 2.

4.2.2.4 Altura efectiva de muros

(1) Se puede determinar la altura efectiva mediante:

$$h_{ef} = \rho_n h \quad (4.6)$$

donde

h es la altura libre de piso;

ρ_n es un coeficiente de minoración, donde $n = 2, 3$ o 4 , dependiendo del número de bordes coaccionados o rigidizados del muro.

(2) El coeficiente de minoración ρ_n se puede determinar como sigue:

(i) Para muros con coacción al movimiento lateral y al giro sólo en la cima y en la base por forjados o cubiertas de hormigón armado o pretensado (véase la figura 4.3) y con una entrega no menor que $2/3$ del espesor del muro, ni menor de 85 mm:

$\rho_2 = 1,0$ si el muro es que actúa como apoyo extremo del forjado;

$\rho_2 = 0,75$ para el resto de los muros.

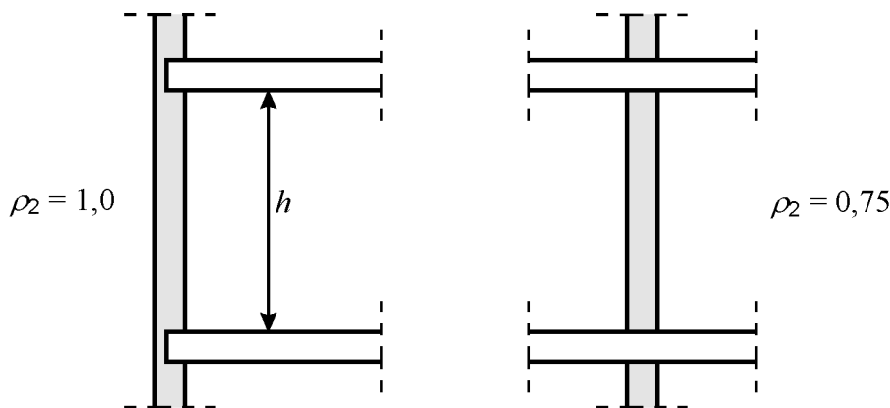


Figura 4.3 – Coacción al giro debida a los forjados o a la cubierta

(ii) Para muros con coacción al movimiento lateral sólo en la cima y en la base (por ejemplo, mediante zunchos con rigidez suficiente o forjados de madera), pero sin coacción al giro por los forjados o la cubierta (véase la figura 4.4):

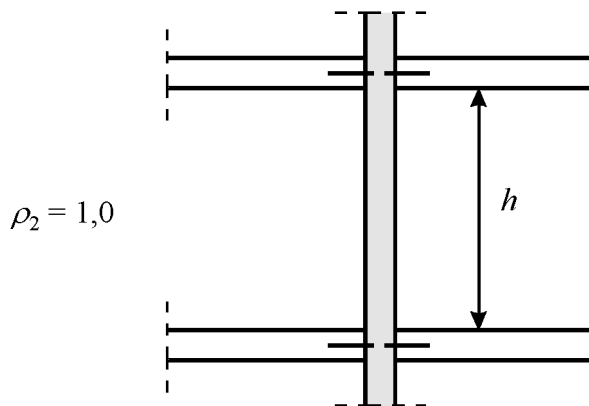


Figura 4.4 – Sin coacción al giro debida a los forjados o a la cubierta

(iii) Para muros con coacción al movimiento lateral en la cima, en la base y en un borde vertical (véase la figura 4.5):

$\rho_3 = 1,5 \frac{l}{h} \leq 0,75$ en el caso de coacción al giro sólo en la cima y en la base como en el punto (i) anterior, si el muro no actúa como apoyo extremo del forjado;

$\leq 1,0$ en los demás casos indicados en los puntos (i) e (ii) anteriores.

donde

h es la altura libre de piso;

l es la distancia del borde vertical arriostrado al borde libre.

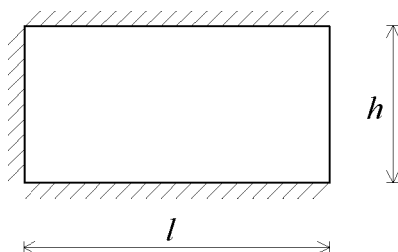


Figura 4.5 – Muro coaccionado al movimiento lateral en la cima, en la base y en un borde vertical

(iv) Para muros con coacción al movimiento lateral en la cima, en la base y en los dos bordes verticales (véase la figura 4.6):

$$\rho_4 = \frac{l}{2h} \leq 0,75 \quad \text{en el caso de coacción al giro sólo en la cima y en la base como en el punto (i) anterior, si el muro no actúa como apoyo extremo del forjado;}$$

$$\leq 1,0 \quad \text{en los demás casos indicados en los puntos (i) e (ii) anteriores}$$

donde

h es la altura libre de piso;

l es la distancia entre los bordes verticales arriostrados.

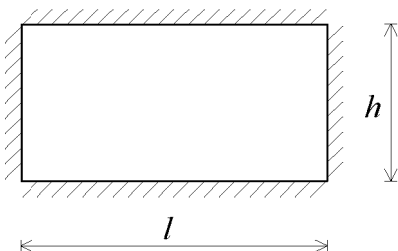


Figura 4.6 – Muro coaccionado al movimiento lateral en la cima, en la base y en dos bordes verticales

4.2.2.5 Esbeltez de muros

(1) La esbeltez h_{ef}/t_{ef} de un muro no debería ser mayor de 27.

4.3 Método simplificado de cálculo para muros con cargas puntuales

(1) El valor de cálculo de la resistencia a carga puntual vertical de un muro, N_{Rdc} , se puede obtener de:

- la ecuación (4.7), para fábricas de piezas del grupo 1;
- la ecuación (4.8), para fábricas de piezas de los grupos 2, 3 o 4.

$$N_{Rdc} = f_d \left(1,2 + 0,4 \frac{a_1}{h_c} \right) A_b \quad \text{pero no mayor que } 1,5 f_d A_b \quad (4.7)$$

$$N_{Rdc} = f_d A_b \quad (4.8)$$

donde

a_1 es la distancia desde el extremo del muro al borde más cercano del área cargada por la carga puntual (véase la figura 4.7);

h_c es la altura del muro desde el suelo hasta la cota de la carga (véase la figura 4.7);

A_b es el área cargada.

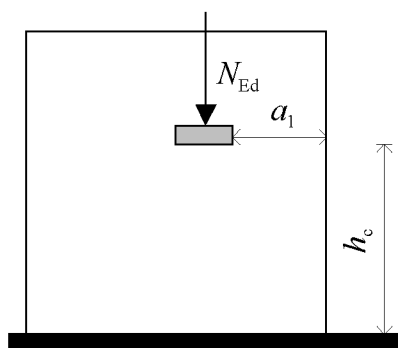


Figura 4.7 – Alzado del muro con una carga puntual, en relación con a_1 y h_c

siempre que:

- el área de apoyo de la carga puntual ni supere $\frac{1}{4}$ del área de la sección transversal del muro ni el valor $2 t^2$, siendo t el espesor del muro;
- la excentricidad de la carga desde el plano central del muro no sea mayor que $t/4$;
- se compruebe la sección a media altura del muro según el apartado 4.2, suponiendo que la carga puntual se distribuye con un ángulo de 60° .

4.4 Método simplificado de cálculo para muros de arriostramiento

4.4.1 Comprobación de la resistencia a cortante de muros

(1)P Se debe comprobar en estado límite último que:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} \quad (4.9)$$

donde

V_{Ed} es el valor de cálculo del esfuerzo cortante sobre el muro;

V_{Rd} es el valor de cálculo de la resistencia a cortante del muro.

NOTA El capítulo A.3 ofrece un método más simplificado de cálculo para proyectar muros de arriostramiento, aplicable a los edificios de hasta 3 pisos de altura.

4.4.2 Valor de cálculo de la resistencia a cortante

(1) El valor de cálculo de la resistencia a cortante V_{Rd} de una sección rectangular se puede determinar de la siguiente manera:

$$V_{Rd} = c_v \left[\frac{l}{2} - e_{Ed} \right] t f_{vdo} + 0,4 \frac{N_{Ed}}{\gamma_M} \leq 3 \left[\frac{l}{2} - e_{Ed} \right] t f_{vdu} \quad (4.10a)$$

donde

c_v es 3 para fábrica con llagas rellenas de mortero o
1,5 para fábrica con llagas a hueso;

l es la longitud del muro en el sentido de la flexión;

e_{Ed} es la excentricidad de la carga de compresión en la sección transversal considerada

$$e_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \quad (4.10b)$$

tomada como no menor de $\frac{l}{6}$

M_{Ed} es el valor de cálculo del momento en la sección transversal considerada;

N_{Ed} es el valor de cálculo de la carga de compresión en la sección transversal considerada;

t es el espesor del muro;

f_{vdo} es el valor de cálculo de la resistencia inicial a cortante igual a f_{vko} , según el apartado 3.4, dividido por γ_M ;

f_{vdu} es el valor de cálculo del límite de la resistencia a cortante según los puntos (3) y (4) del apartado 3.6.2 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

NOTA Los valores del límite de la resistencia a cortante se pueden encontrar en la Norma EN 1996-1-1:2005.

(2) La ecuación (4.10a) se puede usar cuando:

- la fábrica no tiene tendeles discontinuos;
- el mortero es:
 - mortero ordinario según el apartado 3.2 de la Norma EN 1996-1-1:2005; o
 - mortero para junta delgada en tendeles de espesor comprendido entre 0,5 mm y 3,0 mm, según la Norma EN 998-2; o
 - mortero ligero según la Norma EN 998-2;
- las juntas de mortero cumplen los requisitos del apartado 8.1.5 de la Norma EN 1996-1-1:2005;
- $N_{Ed} \leq 0,5 l t f_d$.

4.5 Método simplificado de cálculo para muros de sótano con empujes del terreno

(1) El siguiente método simplificado se puede emplear para calcular muros de sótano con empujes del terreno, si se cumplen las siguientes condiciones:

- la altura libre del muro de sótano, $h \leq 2,6$ m, y el espesor del muro, $t \geq 200$ mm;
- el forjado sobre el sótano se comporta como un diafragma y es capaz de soportar los esfuerzos resultantes del empuje del terreno;
- la sobrecarga característica en la superficie del terreno no es mayor de 5 kN/m^2 en la zona de influencia del empuje del terreno sobre el muro de sótano, y ninguna carga puntual a menos de 1,5 m del muro supera 15 kN, véase la figura 4.8;
- la superficie del terreno no asciende desde el muro y la profundidad del relleno no supera la altura del muro;
- no hay presión hidrostática actuando sobre el muro;
- bien no hay plano de deslizamiento originado, por ejemplo, por una barrera antihumedad, o bien se toman medidas para resistir el esfuerzo cortante.

NOTA Para la comprobación de la acción de cortante debida al empuje de terreno se ha utilizado un coeficiente de rozamiento de valor 0,6.

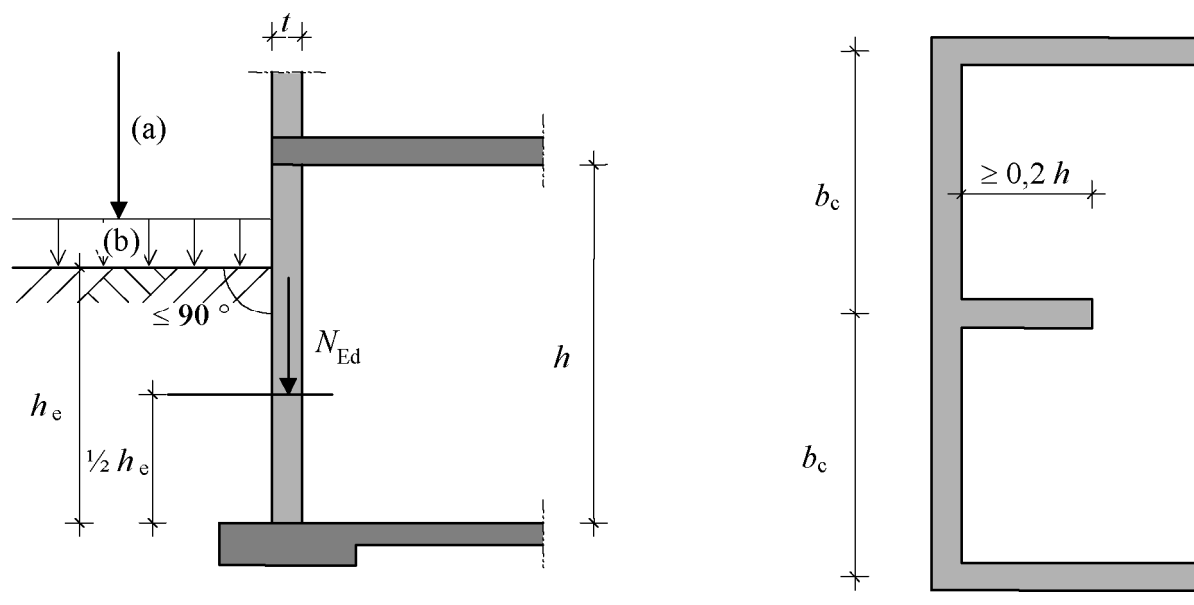
(2) El cálculo del muro se puede basar en las siguientes expresiones, según sea el caso:

$$N_{\text{Ed,máx.}} \leq \frac{tb f_d}{3} \quad (4.11)$$

$$N_{\text{Ed,min.}} \geq \frac{\rho_e b h h_e^2}{\beta t} \quad (4.12)$$

donde

$N_{\text{Ed,máx.}}$	es el valor de cálculo de la carga vertical sobre el muro que produce el efecto más severo a media altura del relleno;
$N_{\text{Ed,min.}}$	es el valor de cálculo de la carga vertical sobre el muro que produce el efecto menos severo a media altura del relleno;
b	es la anchura del muro;
b_c	es la distancia entre muros de refuerzo u otros contrafuertes;
h	es la altura libre del muro de sótano;
h_e	es la altura del muro bajo rasante;
t	es el espesor del muro;
ρ_e	peso específico del terreno (por metro cúbico);
f_d	es la resistencia de cálculo a compresión de la fábrica;
β	es 20 cuando $b_c \geq 2 h$, es $60 - 20 b_c/h$ cuando $h < b_c < 2 h$, es 40 cuando $b_c \leq h$.



Leyenda

- (a) Sin cargas puntuales ≥ 15 kN a menos de 1,5 metros del muro, medido en horizontal;
- (b) La sobrecarga característica sobre el terreno ≤ 5 kN/m².

Figura 4.8 – Variables de muros de sótano, en alzado y en planta

4.6 Método simplificado de cálculo para el proyecto de muros con acción lateral limitada y sin carga vertical

- (1) Para muros con una acción lateral limitada, el anexo B ofrece un método simplificado de cálculo para determinar el espesor mínimo y las dimensiones límite de muros interiores, sin carga vertical salvo su peso propio, pero con condiciones variables de coacción lateral, sujeto a ciertas restricciones.

4.7 Método simplificado de cálculo para el proyecto de muros con acción lateral uniforme y sin carga vertical

- (1) Los muros con acción lateral uniforme se pueden calcular con un método simplificado.

NOTA Para muros con acción lateral de cálculo uniforme, el anexo C ofrece un método simplificado de cálculo para determinar el espesor mínimo y las dimensiones límite de muros con condiciones variables de coacción lateral y sin carga vertical salvo su peso propio.

ANEXO A (Informativo)**MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO PARA MUROS DE FÁBRICA
EN EDIFICIOS DE HASTA 3 PISOS****A.1 Condiciones generales de aplicación**

(1) El método simplificado de cálculo facilitado en este anexo se puede emplear para edificios si se cumplen las siguientes condiciones.

- el edificio no tiene más de 3 pisos sobre rasante;
- los forjados y la cubierta arriostran eficazmente a los muros en la dirección horizontal perpendicular al plano del muro, bien por sí mismos o bien a través de otros elementos de rigidez suficiente, por ejemplo zunchos;
- los forjados y la cubierta se apoyan en el muro con una entrega de, al menos, 2/3 del espesor del muro y no menos de 85 mm;
- la altura libre de piso no supera 3,0 m;
- la dimensión mínima en planta es al menos 1/3 de la altura;
- los valores característicos de las acciones variables sobre los forjados y la cubierta no superan 5,0 kN/m²;
- la luz máxima de cualquier forjado es 6,0 m;
- la luz máxima de la cubierta es 6,0 m, excepto en el caso de cubiertas ligeras en las que la luz no supera 12,0 m;
- la esbeltez, h_{ef}/t_{ef} , de los muros interiores y exteriores no es mayor de 21;

donde

h_{ef} es la altura efectiva del muro según el apartado 4.2.2.4;

t_{ef} es el espesor efectivo determinado según el apartado 4.2.2.3.

A.2 Valor de cálculo de la resistencia vertical del muro

(1) El valor de cálculo de la resistencia vertical N_{Rd} viene dado por:

$$N_{Rd} = c_A f_d A \quad (A.1)$$

donde

$$c_A = 0,50 \quad \text{si } h_{ef} / t_{ef} \leq 18$$

$$= 0,36 \quad \text{si } 18 < h_{ef} / t_{ef} \leq 21;$$

f_d es la resistencia de cálculo a compresión de la fábrica;

A es la sección horizontal neta del muro, excluyendo huecos.

A.3 Muros de arriostramiento sin comprobación de la resistencia a la acción de viento

(1) Los muros de arriostramiento se pueden calcular sin comprobar su resistencia a la acción de viento, si la disposición de estos muros es suficiente para rigidizar al edificio frente a las acciones horizontales en dos direcciones perpendiculares.

(2) Se puede suponer que la disposición de muros de arriostramiento es suficiente si:

- la acción característica de viento no supera $1,3 \text{ kN/m}^2$;
- hay al menos dos muros en ambas direcciones perpendiculares;
- los muros de arriostramiento son de carga (portantes) y su resistencia excluyendo acción de viento se comprueba según el apartado 4.2 suponiendo una resistencia reducida a compresión de la fábrica de $0,8 f_k$;
- la disposición de los muros de arriostramiento es aproximadamente simétrica en planta en ambas direcciones (véase la figura A.2) o, al menos en una dirección, si la relación l_{bx}/l_{by} no es mayor de 3;
- los ejes de los muros de arriostramiento no coinciden en planta en un punto;
- la suma de las áreas resistentes del alma de los muros de arriostramiento en cada dirección ortogonal, considerando únicamente almas con una longitud mayor que $0,2 h_{\text{tot}}$ y excluyendo las alas, satisface la siguiente relación:

$$\sum t l_{sx}^2 \geq c_s l_{by} h_{\text{tot}}^2 \text{ y } \sum t l_{sy}^2 \geq c_s l_{bx} h_{\text{tot}}^2 \quad (\text{A.2})$$

donde

l_{bx}, l_{by} son las dimensiones en planta del edificio considerado, siendo $l_{bx} \geq l_{by}$;

l_{sx}, l_{sy} son las longitudes de los muros de arriostramiento (véanse las figuras A.1 y A.2);

h_{tot} es la altura del edificio;

$c_s = c_t c_i w_{\text{Ek}}$;

c_t es una constante dependiente de α , obtenida de la tabla A.1, en m^2/kN ;

$c_i = 1,0$ para muros de arriostramiento rectangulares

$= 0,67$ para muros de arriostramiento con perfil I con áreas de ala mayores que $0,4 t l$ (véase la figura A.1);

α es la media de la relación $\frac{N_{\text{Ed}}}{A f_d}$ de los muros de arriostramiento considerados;

N_{Ed} es el valor de cálculo de la carga vertical sobre un muro de arriostramiento;

A es el área de la sección transversal de un muro de arriostramiento;

f_d es la resistencia de cálculo a compresión de la fábrica;

w_{Ek} es la acción característica de viento, en kN/m^2 .

Tabla A.1 – Valores de c_t (m²/kN)

α	f_k [N/mm ²]			
	2	4	6	≥ 8
0,2	0,0192	0,0095	0,0064	0,0048
0,3	0,0128	0,0064	0,0042	0,0032
0,4	0,0095	0,0048	0,0032	0,0024
0,5	0,0075	0,0038	0,0025	0,0019
0,6	0,0095	0,0048	0,0032	0,0024
0,7	0,0128	0,0064	0,0042	0,0032

NOTA Se permite la interpolación lineal.

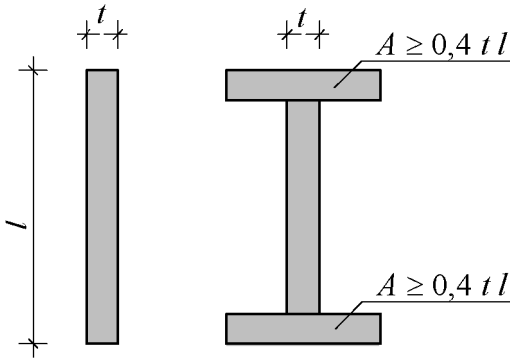


Figura A.1 – Planta de muros de arriostramiento y requisitos de los perfiles en doble T (I)

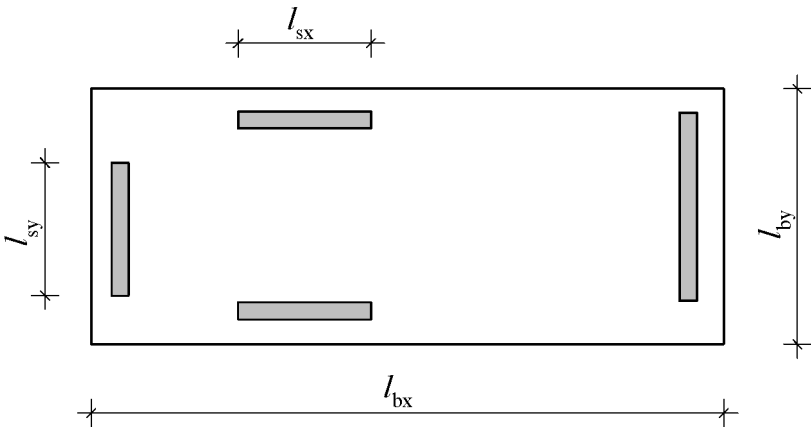


Figura A.2 – Disposición de muros de arriostramiento

ANEXO B (Normativo)**MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO PARA EL PROYECTO DE MUROS INTERIORES
SIN CARGA VERTICAL Y CON ACCIÓN LATERAL LIMITADA**

(1) El uso de las reglas dadas en este anexo depende del cumplimiento de las siguientes exigencias dimensionales y constructivas:

- la altura libre (h) del muro no supera 6,0 m;
- la longitud libre (l) del muro entre elementos estructurales que coaccionan lateralmente no supera 12,0 m;
- el espesor del muro, sin incluir cualquier enlucido, no es menor de 50 mm;
- las piezas de fábrica empleadas en la construcción del muro pueden ser de cualquiera de los tipos mencionados en la Norma EN 1996-1-1:2005 en los grupos 1, 2, 3 y 4.

NOTA Las coacciones en la cima, o en los lados, o tanto en la cima como en los lados, de un muro pueden necesitar hacer frente a movimientos reológicos de las partes estructurales conexas (por ejemplo, la flecha debida a la fluencia de un forjado de hormigón) y se debería proyectar consecuentemente.

(2) Las reglas dadas en este anexo sólo se aplican en circunstancias donde:

- el muro está situado en el interior de un edificio;
- la fachada exterior del edificio no está perforada por ninguna gran puerta o huecos similares;
- la acción lateral sobre el muro se limita a cargas de personas y pequeño mobiliario en habitaciones con baja aglomeración de público (por ejemplo, habitaciones y pasillos de apartamentos, oficinas, hoteles, etc.);
- el muro no soporta ninguna acción variable, permanente o excepcional (incluyendo acción de viento), salvo su peso propio;
- el muro no se utiliza de soporte de objetos pesados, tales como mobiliario, o instalaciones sanitarias o de calefacción;
- la estabilidad del muro no se ve perjudicada por la deformación de otras partes del edificio (por ejemplo, por flecha de los forjados) o por operaciones dentro del edificio;
- se tiene en cuenta el efecto de cualquier puerta u otros huecos realizados en el muro (véase el punto (4) para los métodos de proyectar muros con huecos);
- se tiene en cuenta el efecto de cualquier roza en el muro.

(3) El espesor mínimo y las dimensiones límite del muro se pueden determinar de la figura B.1, para las siguientes condiciones de coacción lateral del muro:

- tipo a: muros coaccionados en 4 bordes;
- tipo b: muros coaccionados en todos sus bordes, excepto en un borde vertical;
- tipo c: muros coaccionados en todos sus bordes, excepto en la cima;
- tipo d: muros coaccionados sólo en la cima y en la base.

(4) Para muros con huecos, el mínimo espesor y las dimensiones límite se pueden determinar de la figura B.1, si el tipo de muro proviene del esquema ilustrado en la figura B.2.

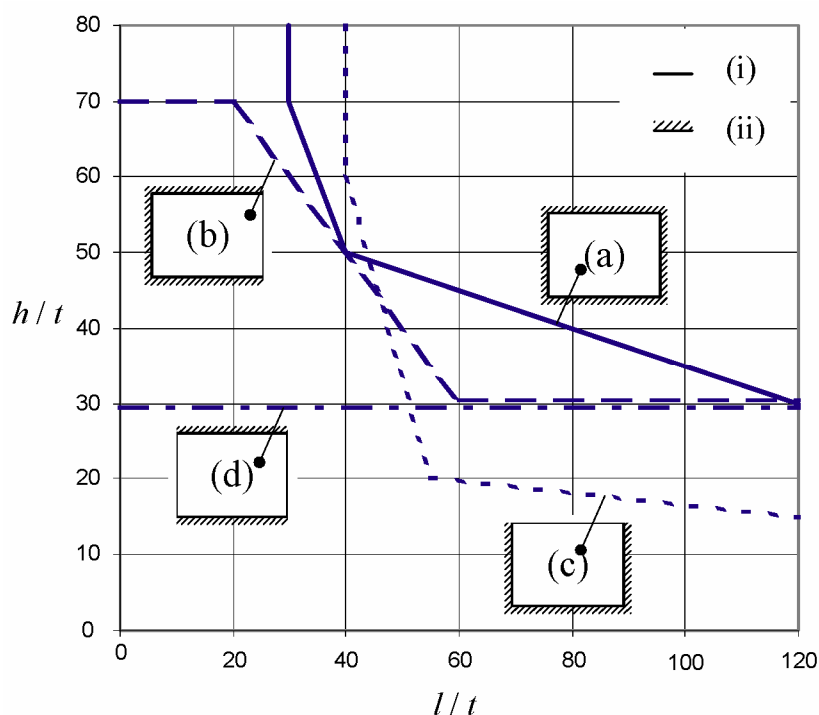
El efecto de los huecos en el muro se puede obviar en las siguientes circunstancias:

- cuando la suma de áreas de todos los huecos no es mayor que el 2,5% del área del muro;
- cuando el área máxima de cualquier hueco no es mayor de $0,1 \text{ m}^2$ y la longitud o anchura de un hueco no es mayor de $0,5 \text{ m}$.

(5) Un muro tipo a con un hueco se debería considerar como un muro tipo b en el que l es el mayor valor entre l_1 y l_2 , véase la figura B.2.

(6) Este anexo no es aplicable para un muro tipo c con un hueco.

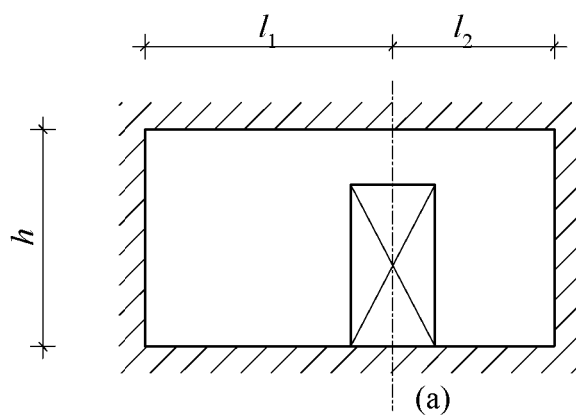
(7) Este anexo es aplicable a un muro tipo d con huecos, para sus partes izquierda, central y derecha, si $l_3 \geq 2/3 l$ y $l_3 \geq 2/3 h$, véase la figura B.3.



Leyenda

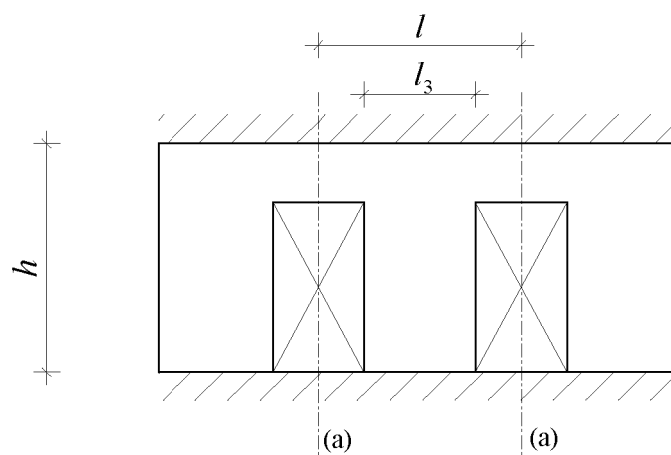
- | | |
|------------------------|-----------------|
| (i) Borde libre | (a) Muro tipo a |
| (ii) Borde coaccionado | (b) Muro tipo b |
| | (c) Muro tipo c |
| | (d) Muro tipo d |

Figura B.1 – Limitación de la relación tamaño/espesor de muros interiores sin carga vertical pero con acción lateral limitada



Leyenda

(a) Eje del hueco

Figura B.2 – Muro tipo a con un hueco

Leyenda

(a) Eje del hueco

Figura B.3 – Muro tipo d con huecos

ANEXO C (Informativo)

MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO PARA EL PROYECTO DE MUROS
CON ACCIÓN LATERAL UNIFORME Y SIN CARGA VERTICAL

(1) Las reglas dadas en este anexo sólo son aplicables cuando las dimensiones del muro cumplen las exigencias del anexo B.

(2) El espesor mínimo, en relación con la longitud y la altura, para los muros tipo a, b y c descritos en el punto (3) del anexo B, se puede determinar de las figuras C.1 a C.9, donde:

t es el espesor del muro;

l es la longitud del muro;

h es la altura del muro;

f_{xd1} es la resistencia de cálculo a flexión de la fábrica, con el plano de rotura paralelo a los tendeles;

f_{xd2} es la resistencia de cálculo a flexión de la fábrica, con el plano de rotura perpendicular a los tendeles;

p_{Ed} es el valor de cálculo de la acción lateral sobre el muro según la Norma EN 1991.

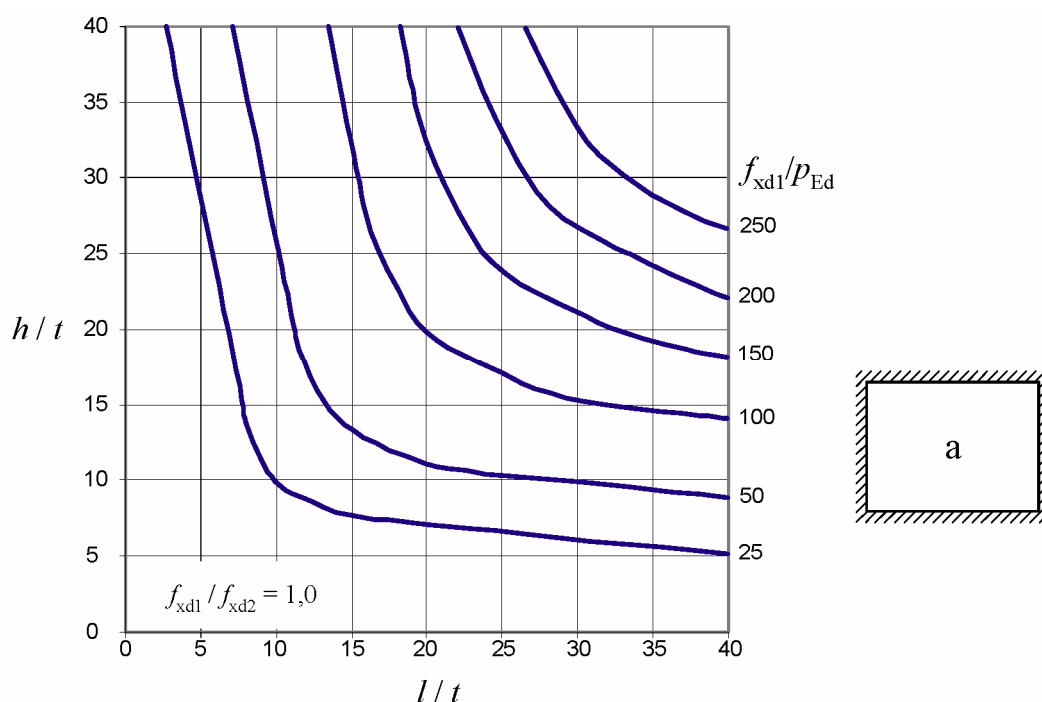


Figura C.1 – Limitación del espesor y el tamaño de muros no portantes con acción lateral.
Muro tipo a – $f_{xd1}/f_{xd2} = 1,0$

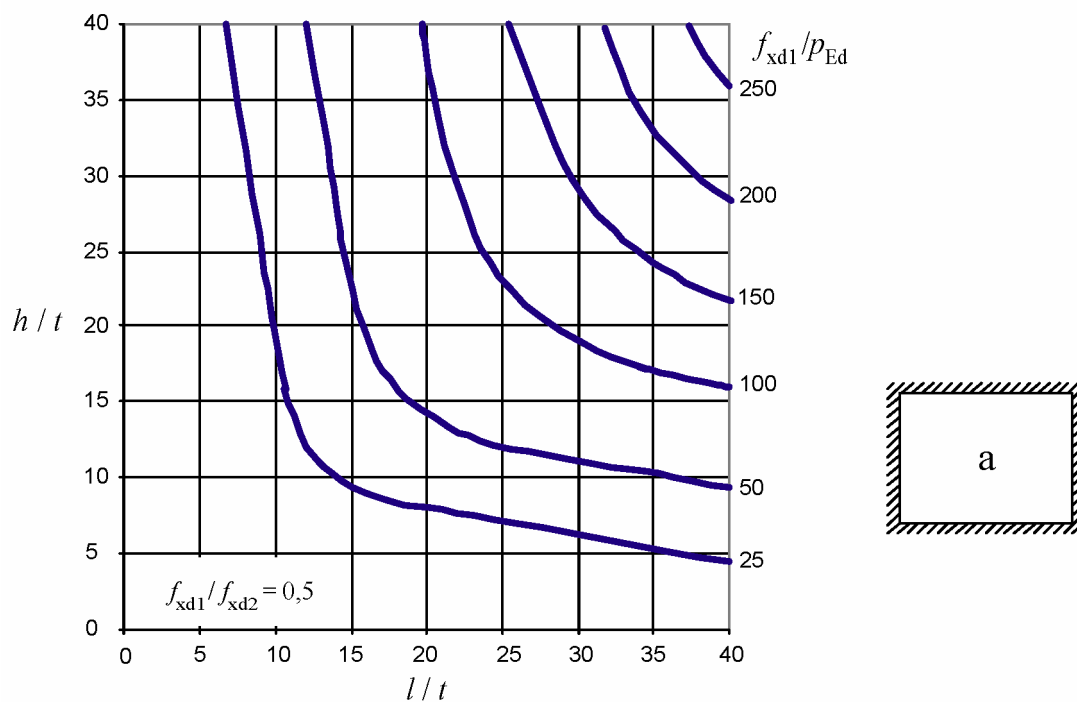


Figura C.2 – Limitación del espesor y el tamaño de muros no portantes con acción lateral.
Muro tipo a – $f_{xd1}/f_{xd2} = 0,5$

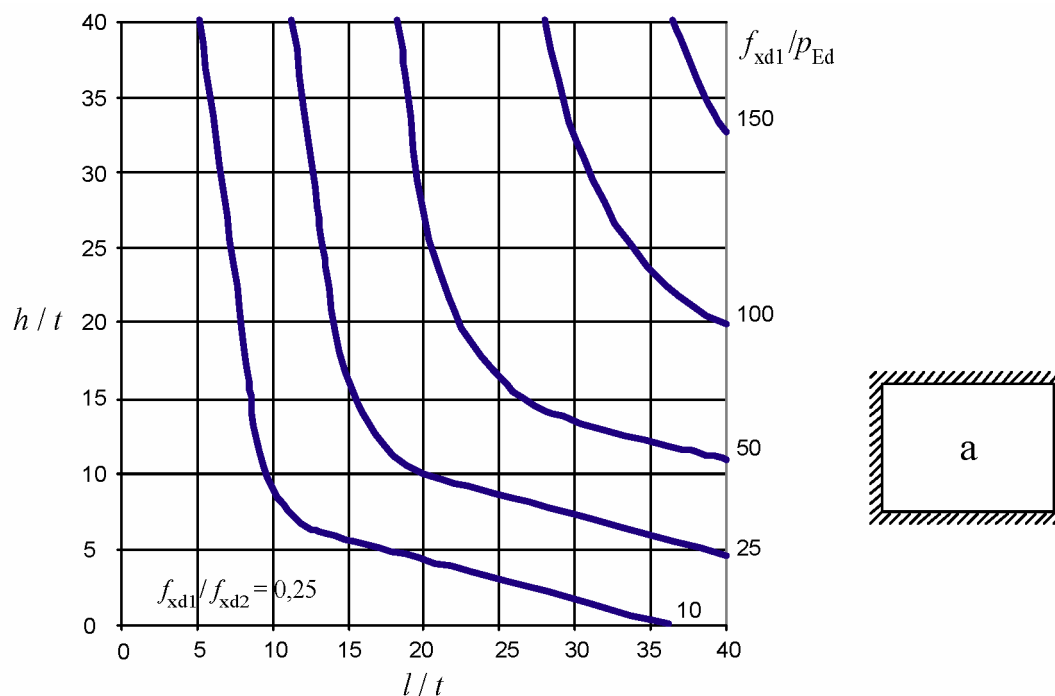


Figura C.3 – Limitación del espesor y el tamaño de muros no portantes con acción lateral.
Muro tipo a – $f_{xd1}/f_{xd2} = 0,25$

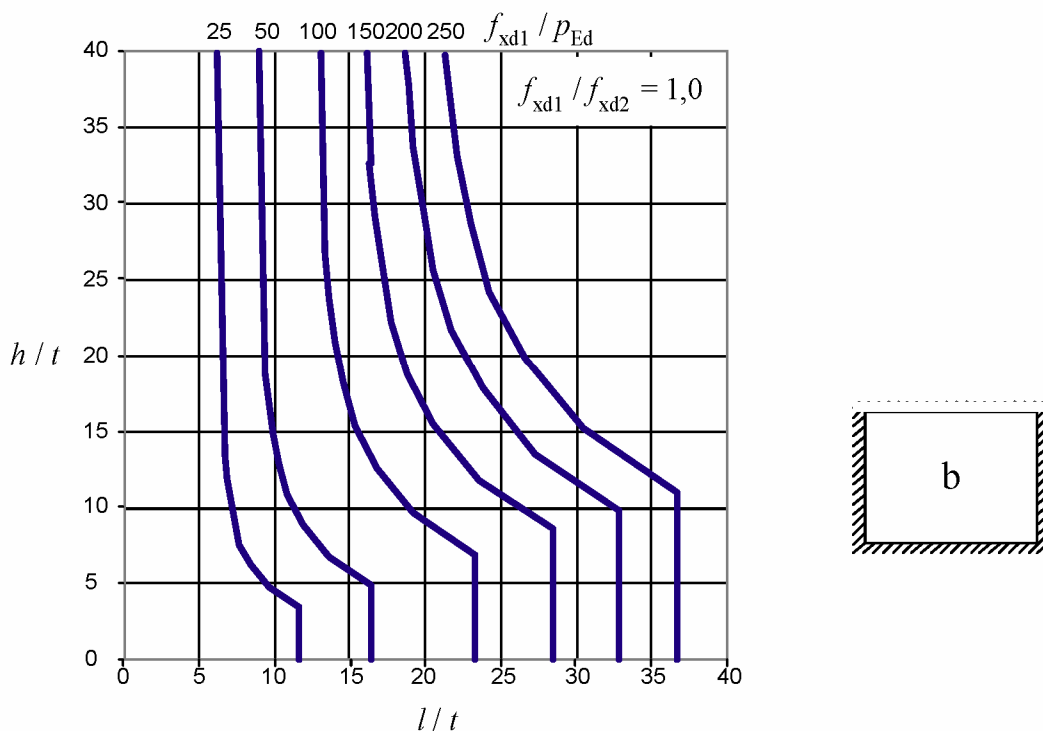


Figura C.4 – Limitación del espesor y el tamaño de muros no portantes con acción lateral.
Muro tipo b – $f_{xd1}/f_{xd2} = 1,0$

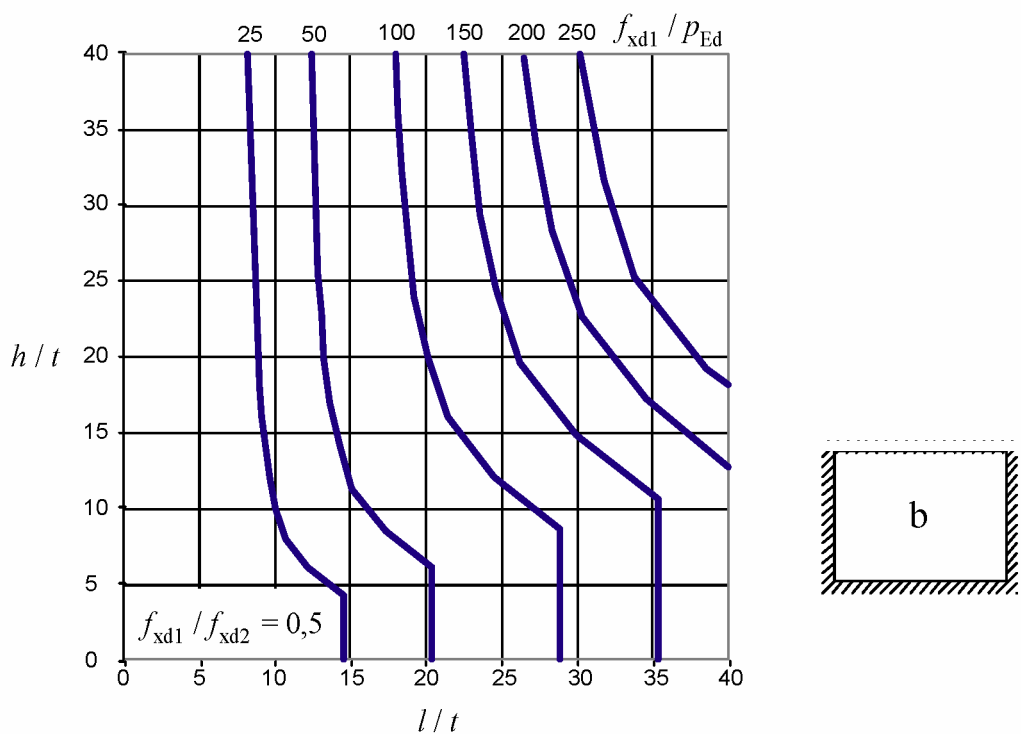


Figura C.5 – Limitación del espesor y el tamaño de muros no portantes con acción lateral.
Muro tipo b – $f_{xd1}/f_{xd2} = 0,5$

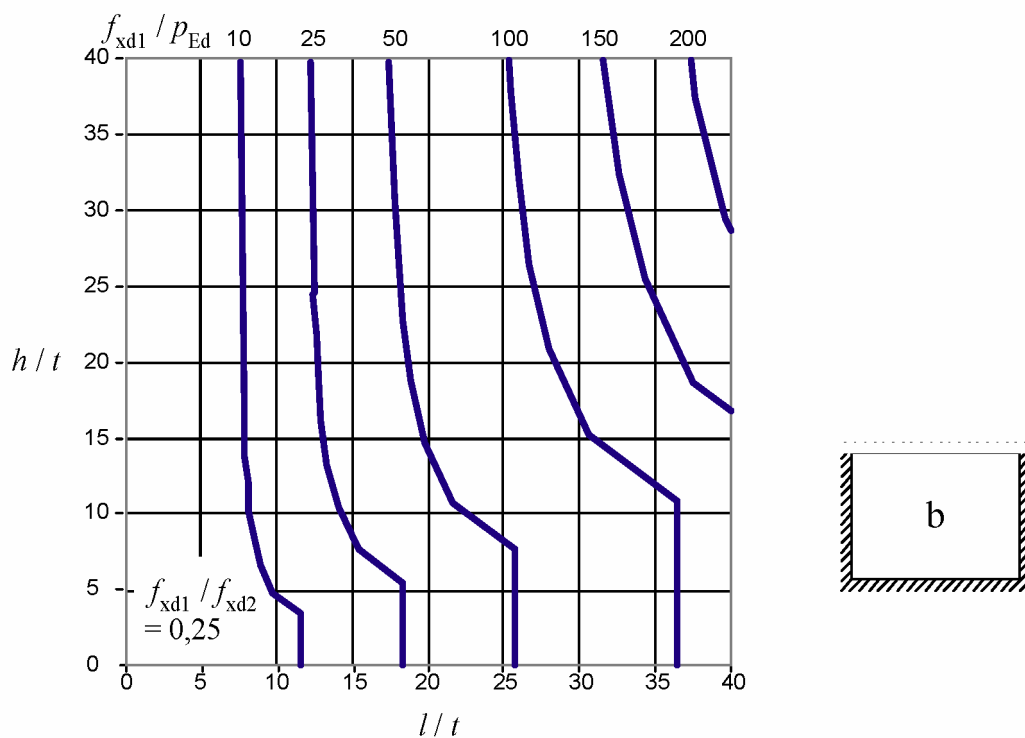


Figura C.6 – Limitación del espesor y el tamaño de muros no portantes con acción lateral.
Muro tipo b – $f_{xd1}/f_{xd2} = 0,25$

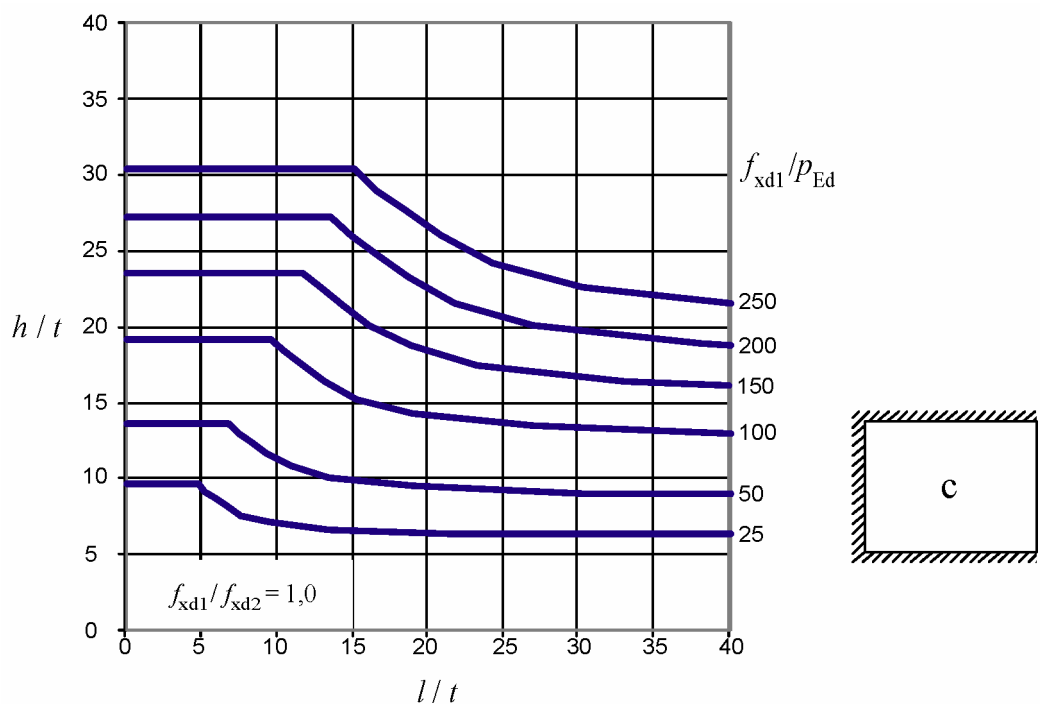


Figura C.7 – Limitación del espesor y el tamaño de muros no portantes con acción lateral.
Muro tipo c – $f_{xd1}/f_{xd2} = 1,0$

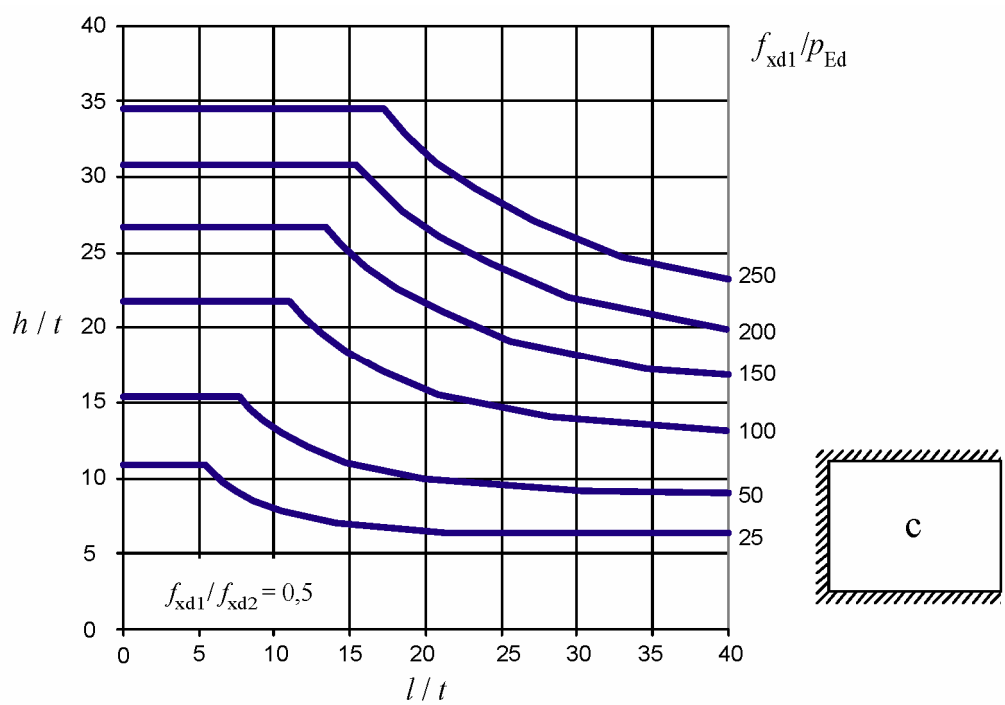


Figura C.8 – Limitación del espesor y el tamaño de muros no portantes con acción lateral.
Muro tipo c – $f_{xd1} / f_{xd2} = 0,5$

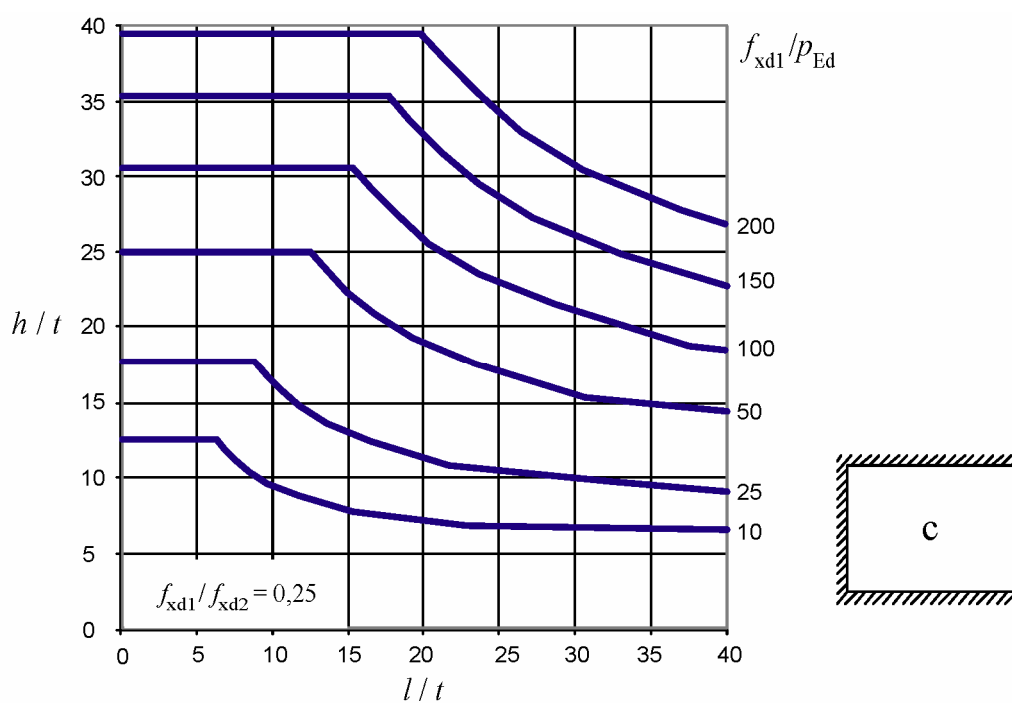


Figura C.9 – Limitación del espesor y el tamaño de muros no portantes con acción lateral.
Muro tipo c – $f_{xd1} / f_{xd2} = 0,25$

ANEXO D (Normativo)

MÉTODO SIMPLIFICADO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA
CARACTERÍSTICA DE LA FÁBRICA

D.1 Resistencia característica a compresión

(1) La resistencia característica a compresión de la fábrica se puede tomar como la resistencia característica a compresión, $f_{k,s}$, determinada mediante un método simplificado.

NOTA Los valores de $f_{k,s}$ en N/mm² para su uso en un Estado se pueden encontrar en su anexo nacional. Los siguientes datos tabulados son valores recomendados; se han obtenido del punto (ii) del apartado 3.6.1.2 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

Piezas de arcilla cocida del grupo 1

f_b [N/mm ²]	Mortero ordinario				Mortero para junta delgada	Mortero ligero		
	M2,5	M5	M10	M20		M2,5	M5	M10
2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	0,6	0,7	0,7
4	1,9	2,4	2,7	2,7	2,4	1,0	1,3	1,5
6	2,5	3,1	3,8	4,1	3,4	1,4	1,7	2,1
8	3,1	3,8	4,7	5,4	4,4	1,7	2,1	2,6
10	3,6	4,5	5,5	6,8	5,3	2,0	2,4	3,0
12	4,1	5,1	6,2	7,7	6,2	2,2	2,8	3,4
16	5,0	6,2	7,6	9,4	7,9	2,8	3,4	4,2
20	5,9	7,3	8,9	11,0	9,6	3,2	4,0	4,9
25	6,9	8,5	10,4	12,9	11,6	3,8	4,6	5,7
30	7,8	9,6	11,9	14,6	13,5	4,3	5,3	6,5
50	11,2	13,8	17,0	20,9	20,9	6,1	7,5	9,3
75	14,9	18,3	22,5	27,7	20,9	8,1	10,0	12,3

Piezas de arcilla cocida del grupo 2

f_b [N/mm ²]	Mortero ordinario				Mortero para junta delgada	Mortero ligero		
	M2,5	M5	M10	M20		M2,5	M5	M10
2	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	0,5	0,6	0,6
4	1,6	1,9	2,2	2,2	1,8	0,9	1,1	1,2
6	2,1	2,6	3,1	3,3	2,5	1,2	1,4	1,7
8	2,5	3,1	3,8	4,4	3,0	1,4	1,7	2,1
10	3,0	3,7	4,5	5,5	3,5	1,6	2,0	2,5
12	3,4	4,2	5,1	6,3	4,0	1,9	2,3	2,8
16	4,1	5,1	6,3	7,7	4,9	2,3	2,8	3,5
20	4,8	5,9	7,3	9,0	5,7	2,7	3,3	4,1
25	5,6	6,9	8,5	10,5	6,7	3,1	3,9	4,7
30	6,4	7,9	9,7	12,0	7,6	3,6	4,4	5,4
50	9,2	11,3	13,9	17,1	10,8	5,1	6,3	7,7
75	12,2	15,0	18,4	22,7	10,8	6,8	8,3	10,2

Piezas de arcilla cocida de los grupos 3 y 4

f_b [N/mm ²]	Mortero ordinario				Mortero para junta delgada		Mortero ligero		
	M2,5	M5	M10	M20	Grupo 3	Grupo 4	M2,5	M5	M10
2	0,7	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,5	0,5
4	1,2	1,5	1,7	1,7	1,3	1,1	0,7	0,9	1,0
6	1,6	2,0	2,4	2,6	1,8	1,6	0,9	1,1	1,4
8	2,0	2,4	3,0	3,4	2,1	2,0	1,1	1,4	1,7
10	2,3	2,8	3,5	4,3	2,5	2,5	1,3	1,6	2,0
12	2,6	3,2	4,0	4,9	2,8	2,9	1,5	1,8	2,3
16	3,2	4,0	4,9	6,0	3,5	3,7	1,8	2,3	2,8
20	3,8	4,6	5,7	7,0	4,1	4,5	2,1	2,6	3,2
25	4,4	5,4	6,6	8,2	4,8	5,4	2,5	3,1	3,8
30	5,0	6,1	7,6	9,3	5,4	6,3	2,8	3,5	4,3
50	7,1	8,8	10,8	13,3	7,7	9,7	4,1	5,0	6,2
75	9,5	11,6	14,3	17,7	7,7	9,7	5,4	6,7	8,2

Piezas silicocalcáreas, de hormigón y de hormigón celular curado en autoclave del grupo 1

f_b [N/mm ²]	Mortero ordinario				Mortero para junta delgada	Mortero ligero (no con piezas silicocalcáreas)		
	M2,5	M5	M10	M20		M2,5	M5	M10
2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,1	1,1
4	1,9	2,4	2,7	2,7	2,6	1,6	1,9	2,2
6	2,5	3,1	3,8	4,1	3,7	2,1	2,6	3,1
8	3,1	3,8	4,7	5,4	4,7	2,5	3,1	3,8
10	3,6	4,5	5,5	6,8	5,7	3,0	3,7	4,5
12	4,1	5,1	6,2	7,7	6,6	3,4	4,2	5,1
16	5,0	6,2	7,6	9,4	8,4	4,1	5,1	6,3
20	5,9	7,3	8,9	11,0	10,2	4,8	5,9	7,3
25	6,9	8,5	10,4	12,9	12,3	5,6	6,9	8,5
30	7,8	9,6	11,9	14,6	14,4	6,4	7,9	9,7
50	11,2	13,8	17,0	20,9	22,2	9,2	11,3	13,9

Piezas silicocalcáreas y de hormigón del grupo 2

f_b [N/mm ²]	Mortero ordinario				Mortero para junta delgada	Mortero ligero (no con piezas silicocalcáreas)		
	M2,5	M5	M10	M20		M2,5	M5	M10
2	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,0	1,1	1,1
4	1,6	1,9	2,2	2,2	2,1	1,6	1,9	2,2
6	2,1	2,6	3,1	3,3	3,0	2,1	2,6	3,1
8	2,5	3,1	3,8	4,4	3,8	2,5	3,1	3,8
10	3,0	3,7	4,5	5,5	4,6	3,0	3,7	4,5
12	3,4	4,2	5,1	6,3	5,4	3,4	4,2	5,1
16	4,1	5,1	6,3	7,7	6,9	4,1	5,1	6,3
20	4,8	5,9	7,3	9,0	8,3	4,8	5,9	7,3
25	5,6	6,9	8,5	10,5	10,0	5,6	6,9	8,5
30	6,4	7,9	9,7	12,0	11,7	6,4	7,9	9,7
50	9,2	11,3	13,9	17,1	18,1	9,2	11,3	13,8

Piezas de hormigón del grupo 3

f_b [N/mm ²]	Mortero ordinario				Mortero para junta delgada
	M2,5	M5	M10	M20	
2	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9
4	1,4	1,7	2,0	2,0	1,6
6	1,8	2,3	2,8	3,0	2,3
8	2,3	2,8	3,4	3,9	2,9
10	2,6	3,2	4,0	4,9	3,5
12	3,0	3,7	4,5	5,6	4,1
16	3,7	4,5	5,6	6,8	5,3
20	4,3	5,3	6,5	8,0	6,4
25	5,0	6,2	7,6	9,4	7,7
30	5,7	7,0	8,6	10,6	9,0
50	8,1	10,0	12,3	15,2	13,9

La Norma EN 998-2 no establece un límite para el espesor de las juntas hechas con mortero para junta delgada; los valores de las tablas anteriores se basan en el límite del espesor de los tendeles de 0,5 mm a 3 mm, para asegurar que el mortero para junta delgada tiene las propiedades mejoradas requeridas para alcanzar los valores dados.

El espesor de la fábrica es igual a la anchura o longitud de la pieza, de forma que no hay junta de sutura a lo largo de toda o de una parte de la longitud del muro.

El coeficiente de variación de la resistencia de las piezas de fábrica no es mayor del 25%.

Cuando los efectos de las acciones son paralelos a la dirección de los tendeles la resistencia característica a compresión se puede determinar también de las tablas, empleando la resistencia normalizada a compresión de la pieza de fábrica, f_b , obtenida de ensayos donde la dirección de aplicación de la carga sobre la probeta es la misma que la dirección del efecto de la acción en la fábrica, pero con el coeficiente, δ , dado en el anexo A de la Norma EN 772-1:2000, no mayor que 1,0. Para piezas de los grupos 2 y 3, los valores de f_k obtenidos de las tablas se deberían multiplicar por 0,5.

Para fábricas realizadas con piezas de hormigón de los grupos 2 y 3 y mortero ordinario, con los huecos verticales rellenos por completo de hormigón, el valor de f_b se debería obtener considerando a las piezas como del grupo 1, con una resistencia a compresión que corresponde a la menor de las resistencias a compresión de las piezas o del hormigón de relleno.

Cuando las llagas no están rellenas, se pueden utilizar las tablas considerando cualquier acción horizontal que se puede aplicar, o transmitirse, a la fábrica.

Para fábricas realizadas con mortero ordinario cuando hay una junta de sutura a lo largo de toda o de una parte de la longitud del muro, los valores de f_k se pueden obtener multiplicando los valores de las tablas por 0,8.

FIN DE LA NOTA

D.2 Resistencias características a flexión

(1) Las resistencias características a flexión de la fábrica se pueden tomar como las resistencias características a flexión, $f_{xk1,s}$ y $f_{xk2,s}$, determinadas mediante un método simplificado.

NOTA Los valores de $f_{xk1,s}$ y $f_{xk2,s}$ para su uso en un Estado se pueden encontrar en su anexo nacional. Los siguientes datos son valores recomendados; se han obtenido del punto (2) del apartado 3.6.3 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

Pieza de fábrica	$f_{xk1,s}$ [N/mm ²]			
	Mortero ordinario		Mortero para junta delgada	Mortero ligero
	< M5	≥ M5		
Arcilla cocida	0,10	0,10	0,15	0,10
Silicocalcárea	0,05	0,10	0,20	no se usa
Hormigón	0,05	0,10	0,20	no se usa
Hormigón celular curado en autoclave	0,05	0,10	0,15	0,10

Pieza de fábrica	$f_{xk2,s}$ [N/mm ²]			
	Mortero ordinario		Mortero para junta delgada	Mortero ligero
	< M5	≥ M5		
Arcilla cocida	0,20	0,40	0,15	
Silicocalcárea	0,20	0,40	0,30	no se usa
Hormigón	0,20	0,40	0,30	no se usa
Hormigón celular curado en autoclave	$\rho < 400 \text{ kg/m}^3$	0,20	0,20	0,15
	$\rho \geq 400 \text{ kg/m}^3$	0,20	0,40	0,15

- (1) Siempre que los morteros para junta delgada y ligero sean M5, o más resistentes.
- (2) Para fábricas de piezas de hormigón celular curado en autoclave, asentadas con mortero para junta delgada, los valores de f_{xk1} y f_{xk2} se pueden tomar de las tablas de esta nota o de las siguientes ecuaciones:

$$f_{xk1,s} = 0,035 f_b, \text{ con llagas rellenas, o a hueso;}$$

$$f_{xk2,s} = 0,035 f_b, \text{ con llagas rellenas, o } 0,025 f_b \text{ si están a hueso.}$$

FIN DE LA NOTA

D.3 Resistencia característica inicial a cortante

(1) La resistencia característica inicial a cortante de la fábrica se puede tomar como la resistencia característica inicial a cortante, $f_{vko,s}$, determinada mediante un método simplificado.

NOTA Los valores de $f_{vko,s}$ para su uso en un Estado se pueden encontrar en su anexo nacional. Los siguientes datos son valores recomendados, suponiendo que el mortero ordinario hecho según la Norma EN 1996-2 no contiene ni adiciones ni aditivos; se han obtenido de la tabla 3.4 de la Norma EN 1996-1-1:2005.

Pieza de fábrica	$f_{vko,s}$ [N/mm ²]			
	Mortero ordinario de la Clase de resistencia dada		Mortero para junta delgada	Mortero ligero
Arcilla cocida	M1 – M2	0,10	0,30	0,15
	M2,5 – M9	0,20		
	M10 – M20	0,30		
Silicocalcárea	M1 – M2	0,10	0,40	0,15
	M2,5 – M9	0,15		
	M10 – M20	0,20		
Hormigón Hormigón celular curado en autoclave	M1 – M2	0,10	0,30	0,15
	M2,5 – M9	0,15		
	M10 – M20	0,20		

FIN DE LA NOTA

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032