



Código Técnico de la Edificación

Documento Básico **SE-F**

Seguridad estructural Estructuras de fábrica

Noviembre 2003

Índice

PRIMERA PARTE. ESTRUCTURAS DE FABRICA.

1 Generalidades

- 1.1 Ámbito de aplicación y consideraciones previas
- 1.2 Hipótesis
- 1.3 Documentos de proyecto

2 Aspectos propios de este documento

3 Bases de cálculo

- 3.1 Generalidades
- 3.2 Verificaciones
- 3.3 Estados límite últimos
- 3.4 Estados límite de servicio
- 3.5 Geometría

4 Durabilidad

- 4.1 Definición del tipo de ambiente
- 4.2 Adecuación de los materiales

5 Materiales

- 5.1 Las piezas
- 5.2 Morteros
- 5.3 Fábricas
- 5.4 Componentes auxiliares

6 Análisis estructural

- 6.1 Previos
- 6.2 Métodos de cálculo de los esfuerzos
- 6.3 Comportamiento estructural en situaciones accidentales
- 6.4 Resistencia de cálculo de las fábricas
- 6.5 Muros de fábrica sometidos predominantemente a cargas verticales
- 6.6 Muros transversos

7 Soluciones constructivas

- 7.1 Materiales de las fábricas
- 7.2 Tipos de muros
- 7.3 Espesor mínimo de los muros
- 7.4 Barrera antihumedad
- 7.5 Juntas de libre movimiento

8 Ejecución

- 8.1 Ejecución de muros
- 8.2 Enlaces

9 Control de la ejecución

- 9.1 Rozas y rebajes
- 9.2 Recepción de materiales

- 9.3 Tolerancias en la fábrica
- 9.4 Ejecución de morteros y hormigones de relleno

10 Seguridad en la construcción de fábricas

- 10.1 Altura de la construcción

11 Inspección, protección y mantenimiento

12 Fábricas sustentantes y sustentadas. interacción y compatibilidad de deformaciones entre fábrica y estructura

Anejo A. Terminología

Anejo B. Notación

Anejo C. Metodo simplificado para calcular la excentricidad de aplicación del esfuerzo normal

Anejo D. Gráfica del factor de incremento ξ para cargas concentradas

Anejo E. Valores de la resistencia característica a la compresión de la fábrica

SEGUNDA PARTE. FÁBRICAS ARMADAS PRETENSADAS Y CONFINADAS.

1 Generalidades y objetivos

2 Bases de cálculo

3 Durabilidad

- 3.1 Elementos de hormigón armado
- 3.2 Armadura de tendel

4 Materiales

- 4.1 Hormigón para el relleno de huecos
- 4.2 Armaduras pasivas
- 4.3 Armaduras activas
- 4.4 Coeficientes parciales para la resistencia del hormigón
- 4.5 Coeficientes parciales para la resistencia de las armaduras

5 Fábricas armada, pretensada y confinada

- 5.1 Generalidades
- 5.2 Fábrica armada
- 5.3 Fábrica pretensada
- 5.4 Fábrica confinada

6 Construcción

- 6.1 Generalidades
- 6.2 Disposiciones relativas a las armaduras
- 6.3 Detalles de pretensado
- 6.4 Almacenaje y empleo de armaduras
- 6.5 Colocación de las armaduras
- 6.6 Rozas
- 6.7 Aceros de pretensar y accesorios
- 6.8 Hormigón
- 6.9 Control de ejecución

7 Protección y mantenimiento

Anejo A. Comprobación de muros de fábrica armada en voladizo (véase apartado 5.2)

Primera parte.

Estructuras de fábrica.

1 Generalidades

1.1 Ámbito de aplicación y consideraciones previas

- 1 Este DB se destina a verificar la seguridad estructural en las fases de proyecto y de ejecución de paredes resistentes de edificación realizadas a partir de piezas relativamente pequeñas, comparadas con las dimensiones de los elementos, asentadas mediante un mortero.
- 2 Este DB se refiere únicamente a la seguridad de las estructuras de fábrica en condiciones normales de utilización, incluidos los aspectos relativos a la durabilidad, de acuerdo con el DB-SE. La satisfacción de otros requisitos (aislamiento térmico, acústico, resistencia al fuego, resistencia al sismo) quedan fuera de su alcance. Los aspectos relativos a la fabricación, montaje, control de calidad, conservación y mantenimiento se tratan, exclusivamente, en la medida necesaria para indicar las exigencias que se deben cumplir en concordancia con las hipótesis de proyecto.
- 3 El tipo estructural de referencia es el constituido por muros en las dos direcciones, pudiendo ser unos de carga (portantes), en los que apoyan los elementos resistentes de los forjados (nervios, viguetas, etc.) y otros no (transversos). Los forjados son continuos y solidarios con las paredes mediante encadenados construidos con algún material resistente a la tracción, a la flexión y al cortante (normalmente hormigón armado). Los diversos componentes de los forjados tienen que presentar un comportamiento monolítico (sea a partir de una losa de hormigón colada "*in situ*" o de otro procedimiento que tenga los mismos efectos). Las sollicitaciones laterales (viento, sísmico, etc.), se resistirán mediante los elementos citados, distribuidos en la planta de forma sensiblemente uniforme. Todo el conjunto, el formado por las paredes portantes y los muros transversos, reaccionará frente a las citadas sollicitaciones laterales de forma conjunta gracias a que los forjados, al cumplir las condiciones establecidas, son capaces de funcionar como diafragmas horizontales rígidos.
- 4 Quedan excluidos de este DB aquellos tipos estructurales que carecen de elementos destinados a asegurar la continuidad entre paredes y forjados (encadenados), tanto los que confían la estabilidad de sus paredes delgadas al rozamiento de los extremos de las viguetas, como los de paredes donde cada elemento permanece estable gracias a su grueso o a su vinculación a otras paredes perpendiculares (en este caso no es necesario que los forjados colaboren a la estabilidad del conjunto). También quedan excluidas aquellas fábricas construidas con piezas colocadas "en seco" (sin mortero en las juntas horizontales).
- 5 Asimismo quedan excluidas aquellas fábricas de piedra cuyas piezas no son regulares (mampuestos) o no se asientan sobre tendeles horizontales y aquella en las que su grueso se consigue a partir de rellenos amorfos entre dos hojas de sillares.
- 6 Los edificios se destinaran al uso para el que han sido construidas y se conservaran adecuadamente.

1.2 Documentos de proyecto

1.2.1 Documentación de proyecto

- 1 En relación con la seguridad estructural, los diversos documentos de que consta el proyecto, descritos en el Anejo I del CTE, deberán contener como mínimo, la documentación que se indica en los siguientes apartados.
- 2 Cuando la dirección de obra, durante la ejecución de la misma, autorice modificaciones de proyecto, previamente a la realización de las mismas, deberán rectificarse convenientemente los cálculos, planos y cualquier documento de proyecto que resulte afectado por dichas modificaciones. Además, para evitar confusiones, se indicará claramente en los citados documentos modificados que son los documentos finales y que anulan a los anteriores, que se relacionarán pormenorizadamente.

1.2.1.1 Memoria

- 1 La memoria contendrá el programa de necesidades, en el que se describirán aquellas características del edificio y del uso previsto que condicionan las exigencias de seguridad estructural, tanto en lo relativo a la capacidad portante como a la aptitud al servicio; las bases de cálculo y la declaración de cumplimiento de los DB o justificación documental del cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad si se adoptan soluciones alternativas que se aparten total o parcialmente de los DB.
- 2 Las bases de cálculo y en su caso, en el anejo de cálculo se incluirán los siguientes datos:
 - a) El periodo de servicio previsto, si difiere de 50 años;
 - b) Las simplificaciones efectuadas sobre el edificio para transformarla en uno o varios modelos de cálculo, que se describirán detalladamente, indicando el tipo estructural adoptado para el conjunto y sus partes, las características de las secciones, tipo de conexiones y condiciones de sustentación;
 - c) Las características mecánicas consideradas para los materiales que forman la estructura y para el terreno que lo sustenta, o en su caso actúa sobre ella;
 - d) Las exigencias relativas a la capacidad portante y a la aptitud al servicio, incluida la durabilidad, y las situaciones de dimensionado consideradas;
 - e) Las acciones consideradas, las combinaciones efectuadas y los coeficientes de seguridad utilizados para las diferentes situaciones de dimensionado;
 - f) De cada elemento reflejado en planos, el tipo de análisis efectuado y los métodos de cálculo empleados;
 - g) La modalidad de control de calidad previsto.

Si el proyecto se desarrolla en dos fases (proyecto básico y proyecto de ejecución), en el proyecto básico se incluirá, al menos, la información indicada en los puntos a) y d), así como las acciones de aplicación al caso, los materiales previstos y los coeficientes de seguridad aplicables.

- 3 Cuando no se utilice la notación de este DB, se darán las equivalencias entre los símbolos empleados y los definidos en la misma. Si no es posible dar esta equivalencia se definirán detalladamente dichos símbolos.
- 4 Los cálculos realizados con ordenador se completarán identificando los programas informáticos utilizados en cada una de las partes que han dado lugar a un tratamiento diferenciado, indicando el objeto y el campo de aplicación del programa y explicando con precisión, la representación de los datos introducidos por el autor de los cálculos y los resultados generados por el programa.

1.2.1.2 Planos

- 1 Los planos deben ser suficientemente descriptivos para la exacta realización de la obra, a cuyos efectos se podrán deducir también de ellos los planos auxiliares de obra o de taller y las mediciones que sirvan de base para las valoraciones pertinentes.
- 2 Contendrán todos los detalles necesarios y, en particular, los detalles de entregas en la formación del propio muro, entre muros y con los forjados u otros elementos como cargaderos, cajas de persiana u otros detalles que identifiquen algún elemento singular.
- 3 En cada plano de la estructura figurará un cuadro con la tipificación de los tipos de muro utilizados, las propiedades específicas de los mismos, así como de los morteros u hormigones utilizados para

su construcción. Asimismo, figurarán las modalidades de control previstas y los coeficientes de seguridad adoptados para el cálculo.

- 4 Si el proyecto se desarrolla en dos fases (proyecto básico y proyecto de ejecución), los planos del proyecto básico deben ser lo suficientemente precisos para la definición del tipo estructural previsto y el establecimiento de las reservas geométricas para la realización de la estructura.

1.2.1.3 Pliego de prescripciones técnicas particulares

- 1 El pliego de prescripciones técnicas particulares incluirá los apartados precisos para establecer las condiciones exigibles a los materiales y a la ejecución de cada unidad de obra.
- 2 Incluirá la modalidad de control de calidad elegida para cada material y para la ejecución de cada unidad de obra, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo, y las acciones a adoptar en cada caso. Asimismo, se establecerá el plazo de garantía de cada componente.
- 3 En cualquier caso, el pliego de prescripciones técnicas particulares establecerá, específicamente, los siguientes datos relativos a los materiales que habrán de utilizarse en obra:
 - a) Tipo, clase resistente y características adicionales, en su caso, del cemento y de los áridos.
 - b) Tipificación de los morteros y hormigones, de acuerdo con el presente DB.
- 4 Si, como es frecuente, para una misma obra se prevén distintos tipos de un mismo material, se detallarán separadamente cada uno de ellos, indicándose las zonas en que habrán de ser empleados.
- 5 Especificará las pruebas previstas para realizar las correspondientes recepciones de obra y se establecerán sus plazos de garantía.
- 6 En este pliego se exigirá, cuando sea oportuno o cuando esté reglamentado, la colocación en el lugar de la obra que especifique, de una placa con el valor máximo de la sobrecarga admisible para el uso de esa zona del edificio.

1.2.2 Documentación final de obra

- 1 La documentación final de obra incluirá los planos completos de todos los elementos y partes de la obra, que reflejen con precisión la obra realmente construida, así como la documentación acreditativa de que las modificaciones de proyecto realizadas son conformes con el CTE.
- 2 Asimismo, incluirá la documentación acreditativa de que se han cumplido las especificaciones de control de calidad especificadas en el proyecto, en las instrucciones de la dirección facultativa y en el CTE.

1.2.3 Instrucciones de uso y mantenimiento

1.2.3.1 Instrucciones de uso

- 1 En las instrucciones de uso, el apartado destinado a la estructura recogerá toda la información necesaria para asegurar que el uso del edificio es conforme a las hipótesis adoptadas en las bases de cálculo.
- 2 De toda la información acumulada sobre una obra, y en particular sobre su estructura, las instrucciones de uso incluirán aquella que resulte de interés para la propiedad y para los usuarios, que como mínimo será:
 - a) las cargas permanentes;
 - b) las sobrecargas de uso;
 - c) las deformaciones admitidas, incluidas las del terreno, en su caso;
 - d) las condiciones particulares de utilización, como puede ser el respeto a las señales de limitación de sobrecarga, o el mantenimiento de las marcas o bolardos que definen zonas con requisitos especiales al respecto;
 - e) Las medidas adoptadas para reducir los riesgos.

1.2.3.2 Plan de mantenimiento

- 1 El plan de mantenimiento, en lo correspondiente a la estructura, se establecerá en concordancia con las bases de cálculo y con cualquier información adquirida durante la ejecución de la obra que pudiera ser de interés, e identificará:
 - a) el tipo de los trabajos de mantenimiento a llevar a cabo;
 - b) lista de los puntos que requieran un mantenimiento particular;
 - c) el alcance, la realización y la periodicidad de los trabajos de conservación;
 - d) un programa de inspecciones;
- 2 Durante la inspección se prestará especial atención a: fisuras, humedades, cejas o movimientos diferenciales, alteraciones superficiales de dureza, textura o colorido, signos de corrosión en fábricas armadas o pretensadas. En este último tipo de fábricas se debe controlar el nivel de carbonatación del mortero que recubre las armaduras.
- 3 Cuando algún componente posea una durabilidad menor que la supuesta para el resto de la obra gruesa, se establecerá un seguimiento específico de su envejecimiento en el Plan de Mantenimiento y se dispondrán medidas constructivas que faciliten su sustitución.
- 4 Cuando se utilicen materiales que deban estar protegidos, según las prescripciones del capítulo 4 de este DB, se establecerá un programa específico para revisar dichas protecciones que se inspeccionarán, mantendrán, y ,en su caso, se reforzarán o repondrán, de acuerdo con dicho programa.

2 Aspectos propios de este documento

- 1 Este DB se refiere a elementos estructurales y estructuras resistentes de edificación, realizados a partir de piezas relativamente pequeñas comparadas con las dimensiones de los elementos, asentadas mediante un mortero. La diversidad de fábricas que se pueden realizar a partir de materiales y prácticas distintas, justifica que este DB se ordene en dos partes:
 - a) La primera parte incorpora aquellas especificaciones que son comunes a la mayor parte de las fábricas más habituales en España, tales como: fábricas de ladrillo, bloques de hormigón y de cerámica aligerada, fábricas de piezas moldeadas o rectificadas tomadas con un mortero de junta delgada y fábricas de piedra.
 - b) La segunda parte incluye todos aquellos aspectos, probados y susceptibles de ser normalizados, referidos a fábricas menos habituales: fábricas armadas, pretensadas y confinadas.

3 Bases de cálculo

3.1 Generalidades

- 1 Las especificaciones, criterios, procedimientos, principios y reglas que aseguran un comportamiento estructural adecuado de un edificio conforme a las exigencias del CTE, se establecen en el DB-SE. En este DB se incluyen los aspectos propios de las estructuras de fábrica.
- 2 Aunque todos los elementos de la estructura han de ser dimensionados para, como mínimo, soportar las solicitaciones de cálculo, deben considerarse, además, los criterios de proyecto siguientes:
 - a) Robustez.
El proyecto debe plantearse de modo que la estructura soporte sin daño las etapas de transporte, acopio y montaje, concebirse de modo que posea una cierta flexibilidad de uso y ser capaz de admitir, con un daño proporcionado a la causa que lo origina, acciones excepcionales como explosiones, impactos o errores humanos.
 - b) Normalización.
La estructura se definirá sistematizando tolerancias, características dimensionales, configuración de elementos y tipificación de detalles.
Se tendrá particularmente en cuenta el ajuste de las dimensiones a una red dimensional basada en la medida modular de las piezas de base.
 - c) Simplicidad.
El proyecto procurará la sencillez del concepto estructural buscando la adecuación a los medios disponibles así como la facilidad de construcción, inspección y mantenimiento.

3.2 Verificaciones

3.2.1 Tipos de verificación

- 1 Se efectuarán dos tipos de verificaciones, las relativas a:
 - a) La estabilidad y la resistencia (Estado Límite Último).
 - b) La aptitud para el servicio (Estado Límite de Servicio).
- 2 A estos efectos se distingue, respectivamente, entre los Estados Límite Últimos, estados relacionados con fallos estructurales, y los Estados Límite de Servicio, estados relacionados con el comportamiento estructural en servicio. Las verificaciones de la capacidad portante y de la aptitud para el servicio se efectuarán para las diferentes situaciones de dimensionado.

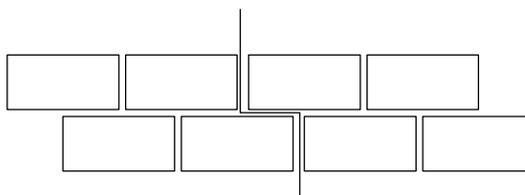
3.2.2 Modelado y análisis

- 1 El análisis estructural se basará en modelos adecuados del edificio que proporcionen una previsión suficientemente precisa del comportamiento de la misma, y que permitan tener en cuenta todas las variables significativas y que reflejen adecuadamente los Estados Límite a considerar. En los análisis de comportamiento de paredes en estado límite de rotura se podrá adoptar un diagrama tensión-deformación rígido-plástico.
- 2 Se podrán establecer varios modelos estructurales, bien complementarios, para representar las diversas partes del edificio, o alternativos, para representar más acertadamente distintos comportamientos o efectos.
- 3 Los modelos empleados deben servir, también, para determinar el comportamiento de zonas singulares de una estructura donde las hipótesis clásicas de la teoría de la resistencia de materiales podrían no ser aplicables.
- 4 Las condiciones de apoyo que se consideren en los cálculos deben estar de acuerdo con las disposiciones constructivas previstas.

- 5 Se deben considerar los incrementos producidos en los esfuerzos por causa de las deformaciones (efectos de 2º orden) allí donde no resulten despreciables.
- 6 En el análisis estructural, se deben tener en cuenta las diferentes fases de la construcción, incluyendo el efecto del apeo provisional de los forjados durante el hormigonado.
- 7 Los gradientes de temperatura en las secciones transversales, la fluencia y la retracción de las fábricas y del hormigón de los forjados, etc. inducen tensiones en los sistemas hiperestáticos. Las acciones de este tipo, al igual que las deformaciones impedidas debidas a la temperatura o a los desplazamientos de los apoyos, provocan esfuerzos que deben considerarse en el modelo estructural, o bien resolverse con la adopción de disposiciones constructivas que permitan su relajación (juntas).
- 8 Para la disposición de juntas de dilatación entre elementos de fábrica se tendrán en cuenta las distancias indicadas en la tabla 3.1, dadas en función del tipo de material y, en el caso de fábrica de piezas de arcilla, (véase tabla 5.6 de este DB), de sus características frente a la retracción final y a la expansión final por humedad. Las distancias indicadas corresponden a edificios de planta rectangular o concentrada. Si la planta tiene forma asimétrica, con alas en forma de L, U, etc, se dispondrán juntas de dilatación en las líneas de encuentro de las alas, siempre que las longitudes de éstas sean mayores que la mitad de las indicadas. Siempre que sea posible la junta se proyectará con solape (véase figura 3.1).

Tabla 3.1 Distancia entre las juntas de diversas fábricas

Tipo de fábrica		Distancia entre las juntas (m)
Fabrica de piedra natural		30
Fabrica de piezas de hormigón celular en autoclave		22
Fabrica de piezas de hormigón ordinario		20
Fabrica de piedra artificial		20
Fabrica de piezas de árido ligero (excepto *)		20
Fabrica de piezas de hormigón ligero (*)		15
(*) con árido de piedra pomez o arcilla expandida		
Fábrica de piezas de arcilla con:		
Retracción final (mm/m)	Expansión final por humedad (mm/m)	Distancia entre las juntas (m)
≤ 0,15	≤ 0,15	30
≤ 0,20	≤ 0,20	25
≤ 0,20	≤ 0,25	22
≤ 0,20	≤ 0,30	20
≤ 0,20	≤ 0,50	15
≤ 0,20	≤ 1,00	8

**Figura 3.1 Planta de un solape en junta de dilatación**

3.3 Estados límite últimos

3.3.1 Condiciones que deben verificarse

- 1 La verificación de la seguridad de una obra de fábrica normalmente consiste en la verificación de la resistencia de sus secciones transversales y de las uniones entre paramentos, así como en la verificación de la estabilidad de los elementos y del conjunto de la estructura.

a) Estabilidad

La estabilidad de un elemento o del conjunto de una estructura queda verificada si se cumple la condición:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb} \quad (3.1)$$

$E_{d,dst}$ valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras,

$E_{d,stb}$ valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

b) Resistencia

La resistencia de la estructura portante, de un elemento estructural, de una sección, de una unión entre elementos o de la conexión entre materiales queda verificada si se cumple la condición:

$$E_d \leq R_d \quad (3.2)$$

E_d valor de cálculo del efecto de las acciones,

R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

NOTA. Las verificaciones se pueden efectuar en términos de las tensiones, de los esfuerzos (fuerzas, momentos, un vector representando diferentes fuerzas o momentos), o de las acciones.

Al evaluar E_d y R_d , se tendrán en cuenta los efectos de segundo orden de acuerdo con los criterios establecidos en este DB.

3.3.2 Efecto de las acciones

- 1 Para cada situación de dimensionado, los valores de cálculo del efecto de las acciones se obtendrán mediante las reglas de combinación indicadas en DB. En edificios convencionales, salvo aquellos que tengan un uso específico de almacén o fábrica, el valor de cálculo del efecto de las acciones puede determinarse, de forma simplificada, del siguiente modo.

a) situaciones persistentes o transitorias:

$$E_d = E(\sum \gamma_{G,j} G_{kj} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} 0,7 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}) \quad (3.3)$$

siendo

G_k el valor característico de una de las "j" acciones permanentes;

Q_k el valor característico de una de las "i" acciones variables;

γ_G , atiende a lo que para él establece el DB-SE, que, parcialmente, se reproduce en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Coeficientes parciales para las acciones

	γ_G	γ_Q
Efecto favorable	0,8 (Para las comprobaciones de estabilidad de conjunto 0,9)	0
Efecto desfavorable	1,35 (Para las comprobaciones de estabilidad de conjunto 1,1)	1,5

b) situaciones extraordinarias:

$$E_d = E(\sum G_{kj} + A_d + \sum_{i>1} 0,7Q_{k,i}) \quad (3.4)$$

siendo

G_k el valor característico de una de las “j” acciones permanentes;

A_d el valor de cálculo de la acción accidental;

Q_k el valor característico de una de las “i” acciones variables.

Para determinadas categorías de uso, esta expresión puede resultar excesivamente conservadora, por lo que puede resultar conveniente calcular el efecto de las acciones de acuerdo con el DAC-SE teniendo en consideración la categoría de uso correspondiente.

3.4 Estados límite de servicio

3.4.1 Condiciones que deben verificarse

- 1 En cada apartado de este DB se indica en que casos la comprobación de los Estados Límites Últimos exime de la comprobación de los Estados Límites de Servicio. En otros casos se comprobará que, bajo las acciones combinadas para la comprobación de los Estados Límite de Servicio, no existen tracciones en la fábrica, ni deformaciones entre dos puntos cualesquiera de la misma que superen la distancia entre ellos dividida por 1000.

a) Aptitud para el servicio

3.4.2 Efecto de las acciones

- 1 Para cada situación de dimensionado, los valores de cálculo del efecto de las acciones se obtendrán mediante las reglas de combinación indicadas en DB. En edificios convencionales, salvo aquellos que tengan un uso específico de almacén o fábrica, el valor de cálculo del efecto de las acciones puede determinarse, de forma simplificada, del siguiente modo.

$$E_d = E(\sum G_{kj} + Q_{k,i} + \sum_{i>1} 0,7Q_{k,i}) \quad (3.5)$$

siendo

G_k el valor característico de una de las “j” acciones permanentes;

Q_k el valor característico de una de las “i” acciones variables.

3.5 Geometría

3.5.1 Valor de cálculo

- 1 El valor de cálculo de una dimensión geométrica puede ser representado normalmente por su valor nominal:

$$a_d = a_{nom} \quad (3.6)$$

a_d valor de cálculo de una dimensión geométrica,

a_{nom} valor nominal de la misma dimensión, según los planos del proyecto.

3.5.2 Desviaciones de una dimensión geométrica

- 1 En los casos en los que las posibles desviaciones de una dimensión geométrica de su valor nominal pueda tener una influencia significativa en la seguridad estructural (por ejemplo: debido a efectos de segundo orden), el valor de cálculo de esta dimensión quedará definido por:

$$a_d = a_{nom} \pm \Delta a \quad (3.7)$$

Δa desviación de una dimensión geométrica de su valor nominal, o el efecto acumulado de diferentes desviaciones geométricas que se pueden producir simultáneamente.

Los valores de Δa se definen en el apartado correspondiente a tolerancias (apartado 9.3).

3.5.3 Imperfecciones, rozas y rebajes

- 1 En los casos en que las secciones puedan variar de grueso de forma significativa, se tendrá en cuenta esta variación para la evaluación de las tensiones.
- 2 Las rozas y rebajes reducen la resistencia de un muro. Esta reducción puede despreciarse si se cumplen las limitaciones del apartado 9.1 de este DB. En otro caso, debe estarse a las indicaciones del citado apartado a los efectos del cálculo de la seguridad y capacidad portante de la fábrica.

4 Durabilidad

- 1 La durabilidad de una estructura de paredes es la capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que estará expuesta. La carencia de esta capacidad podría ocasionar niveles de degradación no considerados en el análisis estructural, que pusieran la estructura fuera de uso.
- 2 En el planteamiento de las estrategias dirigidas a asegurar la durabilidad adecuada de un cierto elemento de la estructura, se considerarán los siguientes factores interrelacionados:
 - a) la clase de exposición a la que estará sometido el elemento;
 - b) el uso de la estructura y los criterios de comportamiento requeridos;
 - c) la composición, propiedades y comportamiento de los materiales;
 - d) la forma de los elementos, y los detalles de la estructura;
 - e) la calidad de la mano de obra y el nivel de control;
 - f) las medidas preventivas adoptadas;
 - g) el mantenimiento previsible durante la vida útil prevista.

4.1 Definición del tipo de ambiente

- 1 Durante la fase de proyecto se debe identificar el tipo de ambiente al que estarán sometidos los diferentes elementos estructurales. Este ambiente definirá la agresividad del medio en el que debe mantenerse el elemento sin menoscabo de sus propiedades específicas. El tipo de ambiente para el que se proyecta cada elemento constará, de forma específica, en la memoria y en los planos del proyecto.
- 2 En la tabla 4.1 y 4.2 se describen las clases de exposición (general y específica, respectivamente) a la que puede estar expuesto un elemento.

Cuando se identifican las clases de exposición, además de cuestiones relativas al entorno (orientación, salinidad del medio, ataque químico, etc), se debe tener en cuenta la severidad de la exposición local a la humedad, es decir: la situación del elemento en el edificio y el efecto de ciertas soluciones constructivas (tales como la protección que pueden ofrecer aleros, cornisas y albardillas, dotados de un goterón adecuadamente dimensionado) y el efecto de revestimientos y chapados protectores.

La impermeabilidad del acabado exterior puede ser favorable en cuanto a evitar la penetración del agua de lluvia pero, si no se adoptan las medidas constructivas adecuadas (por ejemplo, situar una barrera de vapor en la cara caliente del cerramiento), puede implicar condensaciones en la masa del muro durante el uso del edificio.

Tabla 4.1

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
CLASE	DESIG-ACIÓN	TIPO DE PROCESO			
NO AGRESIVA	INTERIOR	I	Ninguno	- Interiores de edificios no sometidos a condensaciones.	- Muros interiores de edificios protegidos de la intemperie.
	HUMEDAD MEDIA	II a	Carbonatación del conglomerante. Principio de sabulización de los ladrillos y expansión de núcleos de cal.	- Muros exteriores sometidos a la acción del agua en zonas con precipitación media anual inferior a 600mm.	- Muros exteriores protegidos de la lluvia.
		II b	Rápida carbonatación de conglomerante. Sabulización de los ladrillos y expansión de núcleos de cal.	- Interiores de edificios sometidos a humedades relativas medias altas (<65%) o a condensaciones. - Ambientes exteriores expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos enterrados o sumergidos.	- Muros exteriores no protegidos de la lluvia. - Muros en sótanos no ventilados. - Muros en cimentaciones.
MEDIO MARINO	MARINO AÉREO	III a	Corrosión de las armaduras por cloruros. Sabulización de los ladrillos y expansión de núcleos de cal.	- Muros próximos al mar por encima del nivel de pleamar. - Elementos en línea costera.	- Edificaciones muy próximas a la costa. - Elementos en pantanales y defensa litoral. - Elementos en instalaciones portuarias.
	MARINO SUMERGIDO	III b	Corrosión de las armaduras por cloruros. Sulfatación y destrucción por expansividad del conglomerante y/o de los derivados del cemento. Sabulización de los ladrillos y expansión de núcleos de cal.	- Muros sumergidos permanentemente por debajo del nivel mínimo de bajamar. - Muros enterrados en ambientes ricos en sulfatos.	- Muros en zonas sumergidas de pantanales y en defensa litoral.
	MARINO ALTERNADO (zona mareas)	III c	Rápida corrosión de las armaduras por cloruros. Sulfatación y destrucción por expansividad del conglomerante y/o de los derivados del cemento. Sabulización de los ladrillos y expansión de núcleos de cal.	- Elementos y muros en zonas marinas situadas en el recorrido de la carrera de Mareas.	- Muros y elementos situados en el recorrido de la marea en diques, pantanales y obras de defensa litoral.
MEDIO NO MARINO (cloruros distintos al medio marino)	PISCINAS TRATAMIENTO DE AGUAS	IV	Sulfatación y carbonatación. Destrucción por expansividad del conglomerante. Sabulización de los ladrillos y expansión de núcleos de cal.	- Muros en instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado en cloro. - Muros expuestos a sales procedentes del deshielo.	- Muros y elementos en piscinas. - Muros y elementos en zonas de nieve (alta montaña). - Muros en estaciones de tratamiento de aguas.

Tabla 4.2

LASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN			AGUA				SUELO				
CLASE	SUBCLASE	DESIGNACIÓN	TIPO DE PROGRESO	VALOR PH	CO ₂ Agresivo (mg CO ₂ /l)	ión Amonio (mg NH ₄ /l)	ión Magnesio (mg Mg/l)	ión Sulfato (mg SO ₄ /l)	RESIDUO SECO	Grado acidez BAUMAN-GULLY	ión Sulfato (mg SO ₄ /Kg) suelo seco
Química agresiva	débil	Qa	Ataque químico débil	6,5-5,5	15-40	15-30	300-1000	200-600	75-250	> 20	2000-3000
	media	Qb	Ataque químico medio	5,5-4,5	40-100	30-60	1000-3000	600-3000	50 - 75	Inusual	3000-12000
	fuerte	QC	Ataque químico fuerte	< 4,5	> 100	> 60	> 3000	> 3000	< 50	Inusual	> 12000
Con heladas	sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo	-	-	-	-	-	-	-	-
	con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes	-	-	-	-	-	-	-	-
Erosión		E	Abrasión Cavitación	-	-	-	-	-	-	-	-
				-	-	-	-	-	-	-	-

- Elementos situados en contacto frecuente con agua o zonas con humedad relativa media ambiental en invierno superior al 75% y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5°C.

- Elementos próximos al tráfico de vehículos o peatones en zonas con más de 5 nevadas anuales o con valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0°C.

- Elementos sometidos a desgaste superficial.

- Elementos singulares de estructuras hidráulicas.

- Construcciones en zonas de alta montaña.

- Estaciones invernales.

- Tableros de pasarelas o barandillas de puentes en zonas de alta montaña.

- Pilas de puente en cauces muy torrenciales.

- Elementos de diques, pantales y otras obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes.

4.2 Adecuación de los materiales

- 1 Al margen de lo que se especifica para ellos en los distintos apartados y mientras no esté disponible una teoría general sobre la durabilidad que permita el análisis de los muy diversos materiales de distintas características que pueden constituir una fábrica, se recomienda, para las diferentes clases de exposición, atender a las recomendaciones y estrategias que están implícitas en la tabla 4.3.

NOTA. En la tabla se incluyen elementos metálicos tales como llaves, bridas, etc. que cada vez son más usuales y que pueden implicar graves fallos de durabilidad, por lo que deben ser de calidad adecuada, o contar con las protecciones necesarias, para asegurar su resistencia a la corrosión en las condiciones ambientales que vayan a emplearse.

Tabla 4.3

MATERIALES	Clases generales de exposición							Clases específicas de exposición						Temperatura	
	I	II a	II b	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E	T1	T2
Ladrillo Grupo 1 o 2. Extrusión. Categoría I de fabricación.	U	U	U	U	U	U	U	U	R	R	U	R	R	U	U
Ladrillo Grupo 1 o 2 Extrusión. Categoría II de fabricación.	U	U/R	U	U/R	U/R	R	R	U/R	R	R	R	U/R	X	U	U
Ladrillo Macizo Artesanal Categorías I o II de fabricación	U	U/R	U/R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	U	U
Bloque de hormigón espumado.	U	U/R	U/R	X	X	X	X	X	X	X	U/R	X	X	U	U/R
Bloque de hormigón Con cemento CEM III y CEM IV.	U	U	U	U	U	U	R	R	X	X	R	R	X	U	R
Mortero de cemento Portland CEM I Con plastificante.	U	U/R	U/R	X	X	X	X	X	X	X	U/R	X	R	U	U/R
Mortero de cemento Adición CEM II Con plastificante.	U	U	R	R	R	X	X	R	X	X	U/R	X	X	U	U/R
Mortero de Horno Alto y/o Puzolánico CEM III con plastificante.	U	U	U	U	U	U	U	U	R	R	U/R	R	X	U	U/R
Mortero mixto de CEM II y Cal.	U	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X	U	U/R
Mortero de Cal.	U	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	U	U
Enlace de Acero Inox Austenítico	U	U	U	U	U	U	X	U	R	X	U	U	U	U	U
Enlace de Acero Inox Ferrítico.	U	U/R	D	D	X	X	X	X	X	X	R	R	R	U	R
Enlace de Acero Autoprotectido Grueso Zincado 140um (1000gr/m ²).	U	U/R	U/R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	U	X
Enlace de Acero Autoprotectido Grueso Zincado 90um (600gr/m ²).	U	U/R	U/R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	U	X
Enlace de Acero Autoprotectido Grueso Zincado 20um (140gr/m ²).	U	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	U	X
Enlace de Acero Zincado <20um protegido con resina.	U	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X

U: Empleo del material sin restricciones en la clase de exposición referenciada.
 R: Empleo restringido del material. Se recomienda asesoramiento del fabricante o especialista.
 U/R Es posible su empleo si está protegido (U), o bien su empleo debe ser restringido si no lo está (R).
 X: No se recomienda su empleo en la clase de exposición referenciada.

T1: Temperaturas inferiores a 100 °C.
 T2: Temperaturas de incendio > 900 °C.

El zinc se vuelve quebradizo hacia los 250 °C y funde a los 419 °C. Las resinas son inestables hacia los 80°C.

NOTA. Los sistemas de autoprotección de las armaduras de tendel (bañadas en resinas o galvanizadas) pueden tener dificultades de mantenerse en el tiempo si la fábrica llega a tener temperaturas elevadas. Aquí no se tratarán con detalle los aspectos que se refieren a piezas de hormigón armado y pretensado ya que se considera que deben cumplir con lo que especifica sobre durabilidad la Instrucción EHE (capítulo VII).

Enlace: Podrá tratarse de alambres, llaves, bridas, pletinas, chapas desplegadas u otros, según el caso.

5 Materiales

5.1 Las piezas

- 1 Las piezas se ajustarán a los formatos y calidades que consten en las normas y pliegos de condiciones de recepción de cada material.

5.1.1 Categorías de las piezas

- 1 Se consideran de categoría I cuando:
 - a) El fabricante las suministra con una resistencia especificada de compresión, muestreadas según la norma EN 771 y ensayadas según la norma UNE EN 772-1:2002.
 - b) Exista un plan de control de calidad.
 - c) La probabilidad de no alcanzar la resistencia a la compresión especificada no supera el 5 %.
- 2 Se considerarán de categoría II cuando el valor medio de la resistencia a compresión de las piezas cumpla con lo especificado en el párrafo a) de la categoría I, pero no se cumplan los requisitos adicionales de la misma.
- 3 Las piezas de piedra natural se considerarán como piezas de categoría 2.

5.1.2 Grupos de piezas

- 1 Las piezas para la realización de fábricas se ajustarán a los grupos denominados 1, 2a, 2b y 3, atendiendo a los requisitos de la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Requisitos para los grupos de piezas

	Grupos de piezas para la realización de fábricas			
	1	2a	2b	3
Volumen de huecos (% del volumen bruto) ⁽¹⁾	≤25	de 25 a 45 para piezas de arcilla de 25 a 50 para piezas de hormigón	de 45 a 55 para piezas de arcilla de 50 a 60 para piezas de hormigón ⁽²⁾	≤70
Volumen de cada hueco (% del volumen bruto)	≤12,5	≤12,5 para piezas de arcilla ≤25 para piezas de hormigón	≤ 12,5 para piezas de arcilla ≤25 para piezas de hormigón	Limitada por el volumen de huecos
Área de un hueco	La limitada por el volumen de cada hueco	La limitada por el volumen de cada hueco	La limitada por el volumen de cada hueco	≤ 2800 mm ² excepto para piezas de hueco único, que será ≤ 18 000 mm ²
Espesor combinado (% del ancho total) ⁽³⁾	≥37,5	≥30	≥20	

⁽¹⁾ Los huecos pueden ser huecos verticales que atraviesan las piezas, rebajes o asas.

⁽²⁾ El límite del 55% para las piezas de arcilla y del 60% para las de hormigón, puede aumentarse si se dispone de experiencia, basada en ensayos, que confirmen que la seguridad de las fábricas no se reduce de modo importante cuando tienen una proporción de huecos mayor que éste para las piezas que se emplean en el país.

⁽³⁾ El espesor combinado es la suma de los espesores de las paredes y tabiquillos de una pieza, medidos perpendicularmente a la cara del muro.

- 2 La disposición de huecos en las piezas del grupo 2a, 2b, y 3, será tal que evite riesgos de aparición de fisuras en tabiquillos y paredes, durante la fabricación, manejo o colocación.

NOTA. En condiciones normales, las piezas cerámicas del mercado que se ajustan a los grupos de la tabla 5.1, son:

Grupo 1 ladrillo macizo.

Grupo 2a ladrillo perforado.

Grupo 2b bloque cerámico (de cerámica aligerada o no).

Grupo 3 ladrillo hueco.

5.1.3 Propiedades de las piezas

5.1.3.1 Resistencia a la compresión

- 1 La resistencia a compresión de las piezas que se empleará en el cálculo será la resistencia normalizada a compresión, f_b , multiplicada por el factor δ de la tabla 5.2. Se entiende como resistencia normalizada a la compresión, la resistencia media de las piezas secadas al aire, obtenida por medio de ensayos realizados según la norma UNE EN 772-1:2002, que será suministrada por el fabricante. Si las muestras no son secas, se hará la conversión oportuna. Cuando se emplee el criterio estadístico de resistencia característica, a partir de ensayos realizados de acuerdo con la norma UNE EN 772-1:2002, la resistencia normalizada se convertirá en resistencia media, utilizando el coeficiente de variación correspondiente, y, después, se procederá según el párrafo anterior.

Tabla 5.2 Valores del factor δ

Altura de pieza (mm)	Menor dimensión horizontal de la pieza (mm)				
	50	100	150	200	250 o mayor
50	0,85	0,75	0,70	–	–
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
250 o mayor	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

⁽¹⁾ Se permite interpolación lineal.

- 2 Cuando la sollicitación sea un esfuerzo de compresión paralelo a la tabla, sea en el sentido longitudinal de la pieza o en el transversal, la resistencia normalizada a compresión de la pieza puede determinarse para la dirección correspondiente, por medio de ensayos, según la norma UNE EN 772-1:2002.
- 3 Si la resistencia a compresión de una pieza de forma especial puede tener una influencia predominante en la resistencia de la fábrica, la resistencia a compresión de esta pieza se determinará ensayando piezas cortadas que representen el cuerpo de la pieza en la medida de lo posible.
- 4 La resistencia normalizada a compresión mínima de las piezas de los grupos 1 y 2 (a y b) será de 10 N/mm² y las del grupo 3 será no inferior a 5 N/mm².
- 5 Las piezas se denominarán por sus medidas modulares (medida nominal más el ancho de una junta).
- 6 Cuando la planeidad de las piezas se garantice mediante un moldeado preciso o un rectificado posterior se podrán usar morteros de junta delgada lo cual varía la relación entre las medidas nominal y modular.

5.1.3.2 Durabilidad de las piezas

- 1 Definida la clase (o clases) de exposición las piezas se especificarán, en el proyecto, de acuerdo con la tabla 4.3 de este DB. El fabricante de las piezas, responsable de las mismas, conocerá y asumirá dichas especificaciones antes de iniciar el suministro.

NOTA. En cualquier caso la tabla 4.3 servirá de referencia para establecer las especificaciones de uso de los materiales en los distintos ambientes.

5.2 Morteros

5.2.1 Tipos

- 1 El mortero realizado en la obra se ajustará al procedimiento que se describe en el capítulo 9 y la premezcla de arena y cal se ajustará a la norma UNE EN 998-2:2002.
- 2 Los morteros pueden ser ordinarios, de junta delgada o ligeros.
- 3 El mortero de junta delgada se empleará cuando las piezas sean rectificadas o moldeadas y permitan construir el muro con tendeles de espesor entre 1 y 3 mm.

- 4 Los morteros ligeros se fabricarán empleando como áridos perlita, pómez, arcilla expandida, esquisto expandido o vidrio expandido. Pueden emplearse otros materiales si se aportan ensayos que confirmen su idoneidad.
- 5 Los morteros se clasifican por su resistencia a la compresión. Se designan por la letra M seguida de la resistencia a compresión en N/mm^2 (por ejemplo: M5), o por su dosificación en volumen (por ejemplo 1–1–5 cemento: cal: arena).

5.2.2 Propiedades

- 1 La resistencia a compresión del mortero f_m se determinará aplicando la norma UNE EN 1015-11:2000.
- 2 Los morteros ordinarios pueden especificarse por:
 - a) Resistencia: en tal caso, serán proyectados y elaborados para alcanzar la resistencia a compresión especificada, f_m , determinada según la norma UNE EN 1015-11:2000.
 - b) Dosificación: en tal caso, serán elaborados con las proporciones especificadas de sus componentes, incluyendo adiciones, aditivos y cantidad de agua, con los que se admite que se obtiene el valor de f_m .
- 3 El mortero ordinario para fábricas convencionales no será inferior a M1.
- 4 Los morteros de junta delgada y morteros ligeros se especificarán según la norma UNE EN 998-2:2002 y no serán inferiores a M5.

5.2.3 Durabilidad del mortero

- 1 Establecida una clase (o clases) de exposición en el proyecto, el mortero, tanto si se fabrica en la propia obra, como si se premezcla por la industria, que en este caso asume la responsabilidad de fabricante del mismo, se especificará de acuerdo con la tabla 4.3 de este DB.

5.2.4 Adherencia entre piezas y mortero

- 1 La adherencia entre el mortero y las piezas de fábrica será la adecuada al uso previsto, en especial si las fábricas deben soportar solicitaciones de cortante o de flexión perpendicular a la tabla. La adherencia se ensayará de acuerdo con la norma UNE EN 998-2:2002.
- 2 Para evitar roturas frágiles de los muros, la resistencia a la compresión del mortero no debe ser superior al 0,75 de la resistencia normalizada de las piezas.

NOTA. La resistencia a la tracción del mortero de los tendeles tiene una considerable influencia en el comportamiento de las fábricas a compresión, debido al confinamiento horizontal que ofrece al conjunto. El efecto de este confinamiento es importante cuando las piezas o la fábrica presenta discontinuidades verticales en el grueso del muro (por fisuras o por la forma como ha sido construido el muro).

5.3 Fábricas

5.3.1 Generalidades

- 1 En este DB-SE-F se consideran los siguientes tipos de muros:
 - a) Muros portantes de una sola hoja, los más habituales en la construcción de paredes interiores y en exteriores realizadas con bloques de cerámica aligerada.
 - b) Muros de dos hojas cargadas, conectadas rígidamente por suficientes piezas pasadoras (normalmente del mismo tipo de pieza) como para absorber los cortantes verticales que se generan entre ambas, también llamado muro doblado con perpiños, presenta discontinuidades interiores verticales a las que se les suele llamar suturas.
 - c) Muros de dos hojas, no conectadas rígidamente, de las cuales una sola de ellas es portante. Se corresponde a un muro capuchino, con una hoja interior cargada y la otra, exterior, sometida a la presión de viento. Ambas hojas suelen estar conectadas mediante llaves para que la presión del viento se distribuya entre ellas en función de su rigidez relativa y para que la

hoja cargada se abastezca de un cierto sobregueso para mejorar su comportamiento al pandeo. Entre ambas hojas suele existir una cámara de aire que puede ser ventilada o no.

5.3.2 Categoría de la ejecución

1 Se adoptan tres categorías de ejecución: A, B y C, con los requisitos siguientes.

2 Categoría A

En el proyecto deben establecerse las condiciones siguientes:

- Que las piezas dispongan certificación de sus especificaciones sobre tipo y grupo, dimensiones y tolerancias, resistencia normalizada (N/mm^2), succión ($g/cm^2 \text{ min}$), y retracción o expansión por humedad (mm/m).
- Que el mortero disponga de especificaciones sobre su resistencia a la compresión y a la flexotracción a 7 y 28 días (N/mm^2).
- Que la fábrica disponga de un certificado de ensayos previos a compresión según la norma UNE EN 1052-1:1999, a tracción y a corte según la norma UNE EN 1052-4:2001.
- Que durante la ejecución se realice una inspección diaria de la obra ejecutada, así como el control y la supervisión continuada por parte del constructor.

3 Categoría B

En el proyecto deben establecerse las condiciones siguientes:

- Que las piezas estén dotadas de las especificación correspondientes a la categoría A, excepto en lo que atañe a las propiedades de succión, de retracción y expansión por humedad.
- Que el mortero tenga especificaciones sobre sus resistencias a compresión y a flexotracción, a 28 días (N/mm^2).
- Que durante la ejecución se realice una inspección diaria de la obra ejecutada, así como el control y la supervisión continuada por parte del constructor.

4 Categoría C

Cuando no se cumpla alguno de los requisitos establecidos para la categoría B.

5.3.3 Coeficientes parciales para la resistencia de las fábricas y los materiales

1 Los coeficientes parciales de seguridad que afectan a las propiedades de los materiales en los análisis de estados límites últimos se encuentran en la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Coeficientes parciales de seguridad de las propiedades de las fábricas y los materiales (γ_M)

γ_M		Categoría de la ejecución			
		A	B	C	
Fábrica	Categoría del control de fabricación	I	1,7	2,2	2,7
		II	2,0	2,5	3,0
Resistencia de adherencia, de tracción y de compresión de llaves y amarres.			2,5	2,5	2,5

⁽¹⁾ Para las comprobaciones de llaves y amarres bajo acciones accidentales, no se reducen los coeficientes indicados. Al efecto de comprobar la estabilidad, bajo acciones accidentales, de las fábricas de las categorías A, B y C, se tomará un coeficiente parcial de seguridad, γ_M , igual a 1,2 1,5 y 1,8, respectivamente.

5.3.4 Propiedades de la fábricas

5.3.4.1 Generalidades

- 1 Las propiedades mecánicas de la fábrica necesarias para verificar la seguridad, obtenibles mediante ensayos normalizados, son las siguientes:
 - a) resistencia a compresión, f_c ;
 - b) resistencia a corte, f_v ;
 - c) resistencia a flexión, f_x ;
 - d) relación tensión-deformación ($\sigma-\varepsilon$).

Por tratarse de un material que no es homogéneo ni isótropo se entiende que cuando se habla de resistencias, estas se refieren a la dirección en que actúa el esfuerzo. Aunque la fábrica puede presentar cierta resistencia a la tracción en la dirección perpendicular a los tendeles, no se suele considerar en el equilibrio de secciones frente a las acciones gravitatorias.

- 2 La resistencia característica a la compresión, f_k , se determinará mediante ensayos sobre probetas de fábrica según la norma EN 1052-1:1999.
- 3 Cuando no se disponga de resultados de ensayos podrán admitirse valores de la resistencia característica a la compresión de la fábrica no superiores a los que se deducen de la aplicación del apartado 5.3.4.2, siempre que:
 - a) La fábrica se ejecute de acuerdo con el capítulo 8 Construcción, de este DB.
 - b) Las piezas se muestreen, en su momento, según la norma UNE EN 771, se ensayen a compresión según la norma UNE EN 772-1 y que su coeficiente de variación no sea mayor del 25 %.
 - c) La resistencia característica a compresión, de acuerdo con apartados anteriores, corresponde a un esfuerzo normal a los tendeles. Cuando el esfuerzo sea paralelo a los mismos, la resistencia característica a compresión puede determinarse de la misma forma, pero adoptando como resistencia normalizada a compresión f_b , de la pieza la conseguida a partir de ensayos en los que la dirección de la carga sobre la probeta corresponda a la del esfuerzo aplicado a la fábrica y tomando como factor δ , el dado en la tabla 5.2 y nunca mayor que 1,0. Con piezas del grupo 1 (véase tabla 5.1), la fórmula puede utilizarse sin ajuste. Con piezas de los grupos 2a o 2b los valores de k se multiplicarán por 0.5.

5.3.4.2 Resistencia característica a compresión

- 1 La resistencia característica a la compresión de una fábrica realizada con mortero ordinario con juntas extendidas a todo el grueso que satisfaga los requisitos de construcción del capítulo VIII, puede calcularse con la ecuación:

$$f_k = K f_b^{0.65} f_m^{0.25} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (5.1)$$

con f_m no mayor que 20 N/mm², ni que 2 f_b ,

y donde

K es una constante en (N/mm²)^{0,10}, que, cuando no hayan discontinuidades verticales en el grueso (por tanto no válida para muros doblados, capuchinos o piezas fisuradas), puede tomarse igual a:

0,60 para piezas del grupo 1, cuando el espesor de la fábrica sea igual al tizón o a la soga de las piezas,

0,55 para piezas del grupo 2a cuando el espesor de la fábrica sea igual al tizón o a la soga de las piezas,

0,50 para piezas del grupo 2b cuando el espesor de la fábrica sea igual al ancho o a la longitud de las piezas,

0,40 para piezas del grupo 3.

Y cuando si existan discontinuidades verticales en el grueso (suturas):

- 0,50 para las piezas del grupo 1,
 0,45 para piezas del grupo 2a,
 0,40 para piezas del grupo 2b.

El resto de variables de la expresión, son:

- f_b es la resistencia normalizada a la compresión de las piezas de fábrica, en la dirección del esfuerzo, en N/mm^2 .
 f_m es la resistencia a la compresión especificada del mortero ordinario en N/mm^2 .

2 Resistencia característica a compresión de una fábrica con mortero de junta delgada.

- a) La resistencia característica a compresión, f_k , de una fábrica de piezas del grupo 1, silicocalcáreas o de hormigón celular de autoclave, con mortero de junta delgada y que las juntas satisfagan los requisitos del apartado 8.1, puede calcularse con la ecuación 5.2:

$$f_k = 0,8 f_b^{0,85} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (5.2)$$

siempre que las piezas de fábrica tengan tolerancias dimensionales idóneas para su empleo con juntas delgadas (véase capítulo VIII); la resistencia normalizada a compresión de las piezas de fábrica, f_b , no se tome mayor que 5 N/mm^2 ; la resistencia a compresión del mortero sea igual o mayor que 5 N/mm^2 ; el espesor del muro sea igual a la soga o tizón de las piezas y no hayan discontinuidades contenidas en el grueso.

- b) La resistencia característica a compresión, f_k , de una fábrica con mortero de junta delgada y piezas distintas a las anteriores (moldeadas o rectificadas para aceptar este tamaño de junta), puede calcularse con la ecuación 5.1, siempre que se cumplan los requisitos indicados en el caso a).

donde la constante K , en $(\text{N/mm}^2)^{0,10}$, se tomará igual a:

- 0,70 para piezas del grupo 1,
 0,60 para piezas del grupo 2a,
 0,50 para piezas del grupo 2b.

3 La resistencia característica f_k a compresión de una fábrica con mortero ligero, si las piezas son del grupo 1, 2a y 2b, y las juntas son llenas y cumplen con el apartado 8.1 construcción, puede calcularse con la ecuación 5.3:

$$f_k = K f_b^{0,85} \text{ N/mm}^2 \quad (5.3)$$

Siempre que f_b no se tome mayor que 15 N/mm^2 y que el espesor del muro sea igual a la soga o al tizón de las piezas y no existan discontinuidades verticales en toda o parte de la longitud del muro, la constante K en $(\text{N/mm}^2)^{0,35}$ tiene el valor:

- 0,80 con mortero ligero de densidad de 600 a $1\ 500 \text{ kg/m}^3$ y piezas de hormigón de árido ligero, según la norma EN 771-3, o piezas de hormigón celular de autoclave, según la norma UNE EN 771-4:2000,
 0,70 con mortero ligero de densidad de 700 a $1\ 500 \text{ kg/m}^3$ y piezas de arcilla según la norma EN 771-1, piezas silicocalcáreas según UNE EN 771-2:2000 o piezas de hormigón de árido ordinario según la norma EN 771-3,
 0,55 con mortero ligero de densidad de 600 a 700 kg/m^3 y piezas de arcilla según la norma EN 771-1, piezas silicocalcáreas según la norma UNE EN 771-2:2000 o piezas de hormigón de árido ordinario según la norma EN 771-3,
 f_b es la resistencia normalizada a compresión de las piezas de fábrica en N/mm^2 , según el apartado 5.1.3.1.

NOTA. La influencia de la resistencia del mortero sobre la resistencia característica a compresión de la fábrica se considera en el valor de K .

- 4 La resistencia característica a compresión de una fábrica con llagas a hueso se puede obtener con las formulas 5.1; 5.2 y 5.3, siempre que la resistencia a cortante se deduzca de la aplicación de la ecuación 5.4 y se consideren la totalidad de las acciones horizontales que puedan aplicarse a la fábrica.
- 5 Resistencia característica a compresión de una fábrica con tendeles huecos (véase figura 7.4).
- a) La resistencia característica a compresión de una fábrica de este tipo, con piezas del grupo 1, asentadas sobre dos bandas iguales de mortero ordinario en los bordes exteriores de la tabla de las piezas, se obtendrá con la ecuación 5.1, y las limitaciones dadas con ella, si: la anchura de cada banda de mortero es no menor que 30 mm; el espesor de la fábrica es igual a la soga o tizón de las piezas de fábrica, y no existan discontinuidades verticales (suturas) en todo o parte del grueso del muro.
- b) El valor de K en $(\text{N/mm}^2)^{0,10}$, será el de la tabla 5.4:

Tabla 5.4 Valor de K

$\frac{b_s}{t} \leq$	K
0,5	0,6
0,6	0,5
0,7	0,4
0,8	0,3

siendo

b_s es la distancia entre ejes de las bandas de mortero,

t es el espesor de la pared.

Se podrá interpolar linealmente entre estos valores.

- c) La resistencia característica a compresión de fábricas con tendeles huecos, con piezas del grupo 2a o 2b, se obtendrá mediante la ecuación 5.1, a partir de la resistencia normalizada a compresión f_b de la pieza, obtenida en ensayos según la norma EN 772-1, realizados sobre piezas preparadas con bandas de mortero no más anchas que las que se emplearán en la fábrica. La resistencia de la pieza se referirá al área bruta, no al área de las bandas.

Las ecuaciones del apartado 5.3.4.2 se desarrollan en forma de tabla para algunas soluciones constructivas concretas en el anejo E.

5.3.4.3 Resistencia característica a cortante de las fábricas

- 1 La resistencia característica a cortante, f_{vk} , de una fábrica con mortero ordinario y juntas llenas, se hallará a partir del valor de la resistencia al cortante puro f_{vko} y la tensión de compresión σ_d aplicada, y será el menor de los siguientes valores.

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4 \sigma_d \quad (5.4)$$

ó = $0,065 f_b$, no menor que f_{vko} ,

ó = el valor limite de la tabla 5.5,

siendo

f_{vko} es la resistencia a corte puro, con tensión de compresión nula, determinada según las normas EN 1052-3 ó UNE EN 1052-4:2001 o mediante la tabla 5.5 para morteros ordinarios,

σ_d es la tensión de cálculo a compresión perpendicular a la tabla en el nivel considerado,

f_b es la resistencia normalizada a compresión de las piezas de fábrica, con la carga actuando perpendicular a la tabla.

- 2 En las fábricas de mortero ordinario y llagas a hueso y si no se dispone de datos de ensayos, puede admitirse que la resistencia característica a corte de la fábrica sea el menor de los valores:

$$f_{vk} = 0,5 f_{vko} + 0,4 \sigma_d \quad (5.5)$$

ó = $0,045 f_b$, no menor que f_{vko} ,

$\phi = 0,7$ del valor limite de la tabla 5.5.

- 3 En las fábricas de tendel hueco (véase figura 7.4) con piezas del grupo 1 sobre dos bandas iguales de mortero ordinario, cada una de ancho no menor que 30 mm, situadas en los bordes exteriores de la tabla de la pieza, puede admitirse que la resistencia característica a corte será el menor de los valores:

$$f_{vk} = \frac{g}{t} f_{vko} + 0,4\sigma_d \quad (5.6)$$

$\phi = 0,05 f_b$, no menor que f_{vko}

$\phi = 0,7$ del valor limite de la tabla 5.5

g es el ancho total de las dos bandas de mortero,

t es el espesor del muro.

- 4 El cálculo de f_{vk} , en las fábricas de mortero de junta delgada, con piezas de hormigón celular de autoclave, silicocalcáreas o de hormigón, se asimila al de piezas del mismo grupo y morteros de M10 a M20.
- 5 El cálculo de f_{vk} , en fábricas de mortero ligero, se realizará según los dos primeros párrafos de este apartado, adoptando como mortero el M5. Alternativamente, pueden realizarse ensayos para comprobar que la adherencia entre el mortero ligero y las piezas de fábrica no es menor que la que se obtendría con mortero ordinario de resistencia equivalente.
- 6 Cuando se considere acción sísmica, debe adoptarse una resistencia al corte igual a $0,7 f_{vk}$,
- 7 La resistencia a cortante puro de la fábrica f_{vko} , cuando contenga barreras anti-humedad se determinará según la norma UNE EN 1052-4:2001.
- 8 La resistencia característica a cortante puro puede determinarse:
- Mediante ensayos sobre probetas de fábrica, según la norma EN 1052-3 y la norma UNE EN 1052-4:2001.
 - Si el mortero es convencional y las juntas son continuas, de la tabla 5.5.
- 9 El valor máximo de la resistencia característica a cortante puro no será mayor que el que se especifica en la tabla 5.5:

Tabla 5.5 Resistencia a corte puro f_{vko} y límites de f_{vk} para fábricas de mortero ordinario

Piezas de fábrica.	Mortero	f_{vko} (N/mm ²)	Límite de f_{vk} (N/mm ²)	
	M10 a M20	0,3	1,7	—
Piezas de arcilla del grupo 1.	M2,5 a M9	0,2	1,5	—
	M1 a M2	0,1	1,2	—
Piezas del grupo 1 distintas de las de arcilla y de piedra natural	M10 a M20	0,2	1,7	—
	M2,5 a M9	0,15	1,5	—
	M1 a M2	0,1	1,2	—
Piezas de piedra natural del grupo 1.	M2,5 a M9	0,15	1,0	—
	M1 a M2	0,1	1,0	—
Piezas de arcilla del grupo 2a.	M10 a M20	0,3		1,4
	M2,5 a M9	0,2		1,2
	M1 a M2	0,1	La menor de las resistencias longitudinales a compresión ⁽¹⁾	1
Piezas del grupo 2a distintas de las de arcilla, y del grupo 2b.	M10 a M20	0,2		1,4
	M2,5 a M9	0,15		1,2
	M1 a M2	0,1		1
Piezas de arcilla del grupo 3.	M10 a M20	0,3	Sin más limitaciones que las	—

Piezas de bloques de hormigón	M2,5 a M9	0,2	dadas por la ecuación 5.4	—
	M1 a M2	0,1		—

⁽¹⁾ Para piezas de los grupos 2a y 2b, la resistencia longitudinal a compresión de las piezas se toma igual a la resistencia medida, con δ no mayor que 1,0.

Si la resistencia longitudinal a compresión es mayor que $0,15 f_b$, considerando la disposición de huecos, no son necesarios ensayos.

5.3.4.4 Resistencia característica a flexión de las fábricas

- 1 La resistencia característica a flexión de la fábrica puede determinarse por medio de ensayos, según la norma UNE EN 1052-2:2000, que consideren la dirección del esfuerzo y la posición de los elementos en la obra.
- 2 La resistencia a flexión por tendeles se empleará solamente frente a acciones variables normales a la superficie de la fábrica (por ejemplo: viento). No se considerará dicha resistencia cuando la rotura de la fábrica por flexión origine su colapso, o su pérdida de estabilidad, o cuando la acción sea la debida al sismo.

Para deducir la resistencia a la tracción por flexión, para solicitaciones perpendiculares a las llagas, es preferible referirla al resultado de ensayos de adherencia entre mortero y fábrica. En el caso en que se adopten disposiciones especiales sobre la trabajabilidad del mortero y su penetración en los huecos de las piezas se podrá adoptar como resistencia de cálculo a la tracción l_a de $0,1 f_d$, siendo f_d la resistencia de cálculo a compresión de la fábrica, según 6.4.

5.3.4.5 Deformabilidad de las fábricas

- 1 Diagrama tensión-deformación

El diagrama tensión-deformación de la fábrica tiene la forma genérica que se describe en la figura 5.1. Se acepta que el diagrama tensión-deformación de cálculo de la fábrica sea parabólico o parábola-rectángulo (figura 5.2). Para las fábricas compuestas por piezas de los grupos 1, 2a, 2b, sometidas a esfuerzos de compresión, se acepta el diagrama rígido-plástico. Véase figura 5.3.

Los diagramas 5.2 y 5.3 son una aproximación al comportamiento que puede no ser adecuada para todos los tipos de piezas. Las familias de piezas con grandes huecos (piezas de los grupos 2b y 3) pueden presentar rotura frágil antes de desarrollar la rama horizontal del diagrama y por tanto, en estos casos, no se debe considerar la rama horizontal del diagrama 5.2 y no es aplicable el diagrama 5.3.

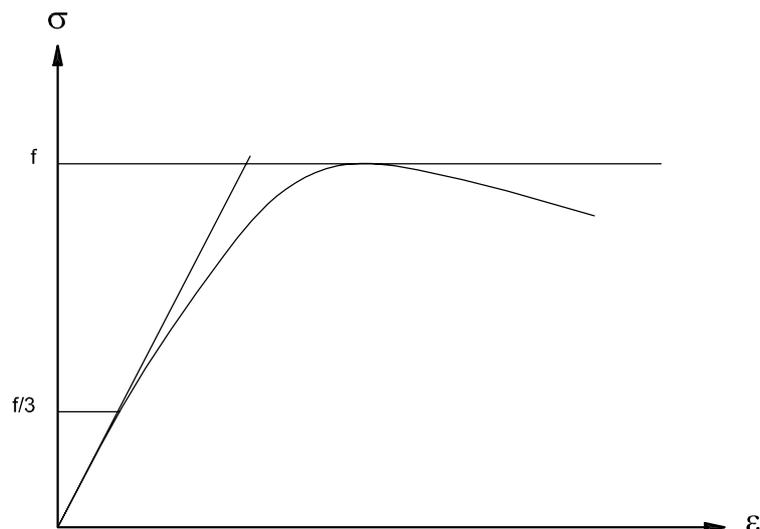


Figura 5.1. Diagrama tensión-deformación genérico de una fábrica

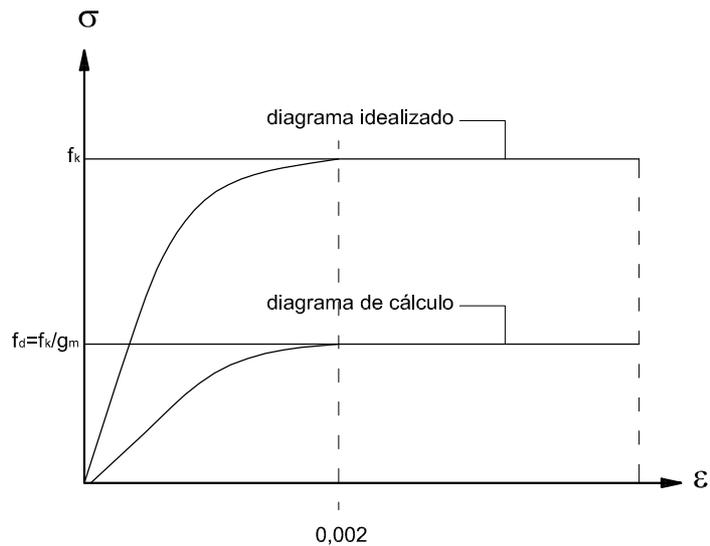


Figura 5.2 Diagrama tensión-deformación para el cálculo de una fábrica a flexión

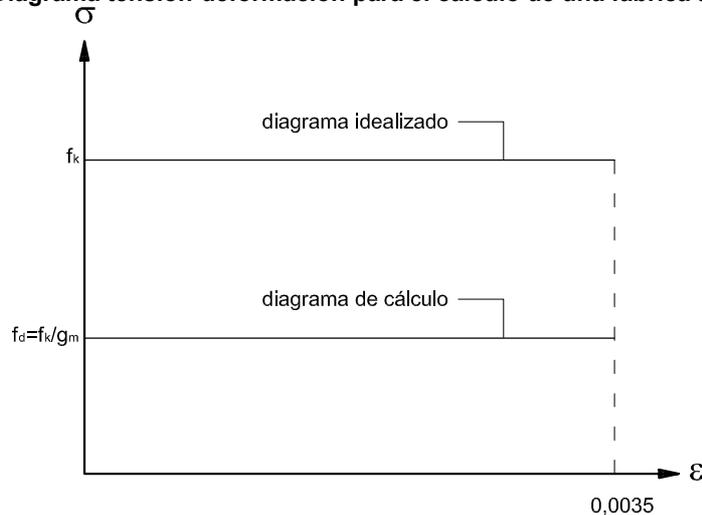


Figura 5.3 Diagrama tensión-deformación rectangular, procedente de una hipótesis de comportamiento, rígido-plástico

2 Módulo de elasticidad.

El módulo de elasticidad secante instantáneo, E , de una fábrica se determinará según el método de la norma UNE EN 1052-1:1999, tomando como referencia las tensiones en servicio (por ejemplo: adoptando como límite superior un tercio de la carga de rotura, según la norma ya citada). Véase figura 5.1. Para proyecto, el módulo de elasticidad secante instantáneo de una fábrica, E , puede tomarse igual a $1\,000 f_k$ (N/mm^2).

Si el módulo de elasticidad se emplea para cálculos en estados límites de utilización, se recomienda multiplicar el valor E por el factor 0,6. Para determinar deformaciones diferidas, el módulo a utilizar puede ser deducido del módulo de elasticidad para deformaciones instantáneas multiplicado por el coeficiente de fluencia que se deduce de la tabla 5.6.

3 Módulo de elasticidad transversal.

A falta de valores más precisos, el módulo de elasticidad transversal G puede tomarse igual al 0,4% del módulo de elasticidad E .

4 Fluencia, retracción y dilatación térmica.

Los parámetros de deformación reológica y térmica de las fábricas realizadas con mortero ordinario y con piezas de distintos materiales, se determinarán preferentemente mediante ensayos, pero en ausencia de los mismos, se pueden emplear los valores de cálculo dados en la tabla 5.6.

En los diagramas 5.2 y 5.3 se considerará, para evitar roturas de tipo frágil, que las piezas de los grupos 2b y 3 tienen su deformación unitaria limitada al 0.002, careciendo por tanto de la rama plástica.

Los coeficientes de deformación de fábricas realizadas con morteros de junta delgada o con morteros ligeros, y a falta de ensayos, pueden tomarse iguales a los valores dados en la tabla 5.6.

Tabla 5.6 Propiedades de deformación de la fábrica con mortero ordinario

Tipo de pieza	Coeficiente lineal de Fluencia		Retracción o expansión final por humedad, ⁽²⁾		Coeficiente de dilatación Térmica	
	φ_{∞}		mm/m		10^{-6} m/m °C	
	Intervalo	Valor de cálculo	Intervalo	Valor de cálculo	Intervalo	Valor de Cálculo
Arcilla	0,5 a 1,5	1	-0,2 a +1,0	⁽³⁾	4 a 8	6
Silico-calcareos	1,0 a 2,0	1,5	-0,4 a +1,0	-0,2	7 a 11	9
Hormigón ordinario y piedra artificial	1,0 a 2,0	1,5	-0,6 a -0,1	-0,2	6 a 12	10
Hormigón de árido ligero	1,0 a 3,0	2	-1,0 a -0,2	-0,4 ⁽⁴⁾ -0,2 ⁽⁵⁾	8 a 12	10
Hormigón celular de autoclave	1,0 a 2,5	1,5	-0,4 a +0,2	0,2	7 a 9	8
Piedra natural	⁽⁶⁾	0	-0,4 a +0,7	0,1	3 a 12	7

⁽¹⁾ Coeficiente final de fluencia $\varphi_{\infty} = \varepsilon_{c\infty} / \varepsilon_{el}$ siendo $\varepsilon_{c\infty}$ la dilatación final por fluencia y $\varepsilon_{el} = \sigma / E$.

⁽²⁾ Valor final de la retracción o expansión por humedad. Acortamiento negativo y alargamiento positivo.

⁽³⁾ Los valores dependen del tipo de material y no puede darse un solo valor de cálculo.

⁽⁴⁾ Para áridos ligeros de pómez y de arcilla expandida.

⁽⁵⁾ Para áridos ligeros excepto pómez y arcilla expandida.

⁽⁶⁾ Los valores son generalmente muy bajos.

5.4 Componentes auxiliares

5.4.1 Llaves

- 1 Las llaves y sus fijaciones serán capaces de resistir las acciones a las que vayan a ser expuestas, incluyendo las medioambientales y permitir las deformaciones que se prevean, particularmente los movimientos diferenciales entre las hojas. Serán resistentes a la corrosión en el ambiente en que se vayan a emplear.
- 2 Los materiales empleados para llaves serán capaces de asumir esfuerzos de flexión y de tracción a los que estarán expuestos, sin detrimento de su resistencia, ductilidad y protección frente a la corrosión.
- 3 Las llaves cumplirán los requisitos de la norma UNE EN 845-1:2001 y, cuando sean de acero, los requisitos de durabilidad correspondientes a la clase de exposición Véanse tablas 4.1; 4,2 y 4.3.

5.4.2 Amarres, colgadores, bridas, ángulos

- 1 Los amarres, colgadores, bridas y ángulos se ajustarán a la norma UNE EN 845-1:2001. Serán resistentes a la corrosión para las condiciones ambientales en las que vayan a emplearse.

5.4.3 Dinteles y encadenados

- 1 Los dinteles prefabricados según la norma UNE EN 845-1:2001 se consideran aceptables. Serán resistentes a la corrosión para las condiciones ambientales en que vayan a emplearse. Véase tabla 4.3.
- 2 Cuando los dinteles sean parcialmente prefabricados y tengan que colaborar con la fábrica, se asegurará la absorción de los esfuerzos rasantes en el contacto entre ambos.
- 3 Para evitar sobrecargar las jambas de la fábrica, se evitará que los dinteles se empotren en la misma una longitud superior a su canto.
- 4 Si la continuidad lateral de la pared permite contrarrestar empujes, se podrá usar el criterio de que la parte de muro superior que carga sobre el dintel es la contenida en un arco parabólico de una flecha igual al 0,6 de la luz libre del dintel.

Los dinteles de fábrica armada se consideran en la segunda parte de este DB.

5.4.4 Barreras antihumedad

- 1 Las barreras antihumedad serán eficaces respecto al paso del agua y a su ascenso capilar. Tendrán una durabilidad adecuada al tipo de edificio. Estarán formadas de materiales que no sean fácilmente perforables al utilizarlas y serán capaces de resistir las tensiones de cálculo de compresión sin extrusionarse.

6 Análisis estructural

6.1 Previos

- 1 Se establecerá un modelo de cálculo mediante la descripción apropiada de la estructura, de sus materiales constitutivos, de las condiciones ambientales de las acciones y de su forma de aplicación.
- 2 Pueden ser analizadas, independientemente, partes o elementos aislados de la estructura, si se considera su disposición espacial y la interacción con el resto de la estructura.
- 3 El comportamiento supuesto para las uniones, conexiones e interacciones en el modelo de análisis se ajustará al comportamiento real.
- 4 La estructura de muros se arriostrará convenientemente para que pueda resistir esfuerzos laterales, cuando así sea necesario, como resultado de los cálculos de estabilidad global realizados. Así mismo los forjados siempre apoyarán sobre la fábrica a través de los encadenados exigidos por la Instrucción EFHE.

6.2 Métodos de cálculo de los esfuerzos

- 1 La determinación de esfuerzos se realizará de acuerdo con los métodos generales de análisis estructural, utilizando modelos planos o espaciales.
- 2 En la gran mayoría de los casos, para el análisis a carga vertical, es suficiente plantear una estructura constituida por elementos de profundidad unidad, en la cual los muros y los forjados son sustituidos por barras con sus mismas características geométricas y de deformación, formando pórticos de sustitución que idealizan la estructura para su cálculo utilizando modelos planos.
- 3 Cuando, al variar el grueso de dos muros superpuestos, no exista coincidencia entre los ejes de ambos, se considerará que los ejes son coincidentes pero en el nudo se introducirá un momento, en el sentido que corresponda, igual a la carga multiplicada por la distancia entre ejes.
- 4 En general, los nudos de los pórticos de sustitución serán considerados como rígidos, por su causa la fábrica estará solicitada por cargas verticales, horizontales y por momentos, estos últimos se pueden calcular mediante el procedimiento simplificado del anejo C de esta primera parte del DB.
- 5 Cuando los nudos puedan girar libremente, tales como los de la parte superior de los pórticos de sustitución, serán considerados como rótulas en el modelo de cálculo y los forjados se apoyarán sobre los muros con una excentricidad fija, igual a:
 - a) en el caso de muros extremos e_s o $e_i = 0,25 t$ (véase figura 6.1 a),
 - b) en el caso de muros interiores e_s o $e_i = 0,25 t (N_i - N_d) / (N_i + N_d)$ (véase figura 6.1 b) (véase excentricidades e_s y e_i del apartado 6.5.2.3).

siendo

t el grueso del muro

N_i el cortante del forjado izquierdo

N_d el cortante del forjado derecho

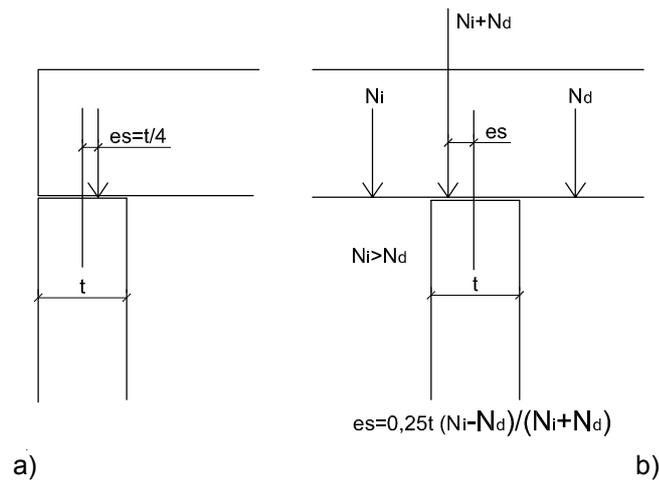


Figura 6.1 Excentricidad de apoyo

Frente a las acciones horizontales, el método debe complementarse mediante un análisis, uno a uno, de los elementos que colaboran en el arriostramiento. El método más habitual se basa en distribuir el cortante, V , acumulado en el forjado superior en función de la rigidez relativa del elemento que se analiza R_i respecto a la suma de las rigideces del conjunto de elementos competentes de la misma planta.

- 6 El objeto de estos métodos es llegar a establecer, para las secciones más solicitadas de un elemento, el conjunto de esfuerzos pésimos: esfuerzo normal (gravitatorio), momentos en dos direcciones (uno gravitatorio y otro de arriostramiento y un cortante (arriostramiento), con el objeto de verificar su seguridad.

Como sea que la unión entre la pared y el forjado suele ser menos rígida de lo que se supone en el modelo elástico, los momentos calculados para los muros se pueden afectar por un coeficiente C_f , de "menor continuidad" de valor inferior o igual a 1, incrementando, en consecuencia, los momentos de vano de los forjados.

Se puede utilizar la expresión (véase anejo C de la primera parte de este DB):

$$C_f = (1 - k / 4) \quad (6.1)$$

siendo

k = Suma de la rigidez a flexión de los forjados que acuden al nudo partida por la suma de la rigidez a flexión de las paredes del mismo nudo. El valor no debe ser mayor que 2.

En las situaciones más habituales donde los forjados cumplen estrictamente con las condiciones de flecha especificadas en la norma EFHE y para los cálculos más comunes se proponen los siguientes valores de C_f :

- Para paredes de ladrillo de hasta 0,19 m de grueso $C_f = 0,5$.
- Para paredes de bloque cerámico de hasta 0,29 m de grueso $C_f = 0,85$ ó $0,65$ –según sea pared extrema o central, respectivamente.

Todos aquellos elementos que impidan la libre deformación de los forjados (paredes de arriostramiento, tabiquería y cerramientos retacados superiormente, etc.), pueden alterar el comportamiento estructural previsto cuando, como es habitual, las coacciones a la deformación no se hayan considerado en el modelo de cálculo (véase Capítulo 11 de la primera parte de este DB). Por tanto debe prestarse atención a que el modelo de cálculo sea coherente con las soluciones constructivas que se proyecten y ejecuten, en caso contrario los cálculos podrán resultar poco representativos del comportamiento real de la fábrica. La misma situación final puede producirse cuando existe discrepancia entre las condiciones de vinculación en los nudos del modelo y las correspondientes al detalle constructivo correspondiente.

6.3 Comportamiento estructural en situaciones accidentales

- 1 Se comprobarán las situaciones correspondientes a las acciones incluidas en el DB SE-AE como accidentales, combinadas con las demás acciones como corresponde a una situación extraordinaria, según DB-SE. Las comprobaciones a realizar son las correspondientes a Estados Límites Últimos de Estabilidad y Capacidad Portante o Resistencia.

6.4 Resistencia de cálculo de las fábricas

- 1 Resistencia de cálculo de una fábrica es la resistencia característica dividida por el correspondiente coeficiente parcial de seguridad γ_M (con los valores de γ_M , dados en la tabla 5.3).

- a) a compresión:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} \quad (6.2)$$

- b) a corte:

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{\gamma_M} \quad (6.3)$$

- c) a flexión:

$$f_{xd} = \frac{f_{xk}}{\gamma_M} \quad (6.4)$$

6.5 Muros de fábrica sometidos predominantemente a cargas verticales

6.5.1 Generalidades

- 1 La resistencia de un muro de fábrica bajo cargas verticales depende de la geometría del muro, del efecto de las excentricidades con que se aplican y de las propiedades de la fábrica.
- 2 Se admite en el cálculo que:
 - a) La sección se mantiene plana.
 - b) La resistencia de la fábrica a tracción perpendicular a los tendeles es nula.
 - c) El diagrama tensión-deformación es el de la figura 5.3.
- 3 Además se considerarán:
 - a) Las excentricidades causadas por la disposición de los muros, la interacción de los forjados y la rigidez de los muros arriostrantes.
 - b) Las excentricidades producidas por desviaciones constructivas y por diferencias en las propiedades de los elementos por causa de su fabricación a partir de distintos componentes.

6.5.2 Verificación de la seguridad de muros

6.5.2.1 Comprobación de muros de fábrica

- 1 En un muro de fábrica en estado límite último, la carga vertical de cálculo, N_{sd} , será menor o igual que su resistencia vertical de cálculo, N_{Rd} :

$$N_{sd} \leq N_{Rd} \quad (6.5)$$

- 2 Las expresiones incluidas en este apartado 6.5.2 y en el siguiente 6.5.3 consideran los efectos de segundo orden.

- a) En muros de una hoja (o de dos hojas unidas rígidamente), la resistencia vertical de cálculo, N_{Rd} , por unidad de longitud, vale:

$$N_{Rd} = \frac{\Phi \cdot t \cdot f_k}{\gamma_M} \quad (6.6)$$

donde:

- Φ es un factor reductor del grueso del muro por efecto de la esbeltez y/o de la excentricidad de la carga, que se calcula según el apartado 6.5.2.2 de la primera parte de este DB,
 f_k es la resistencia característica a compresión de la fábrica, según el apartado 5.3.4.2,
 γ_M es el coeficiente parcial de seguridad del material, según la tabla 5.3,
 t es el espesor del muro, menos los rehundidos de las juntas si son mayores de 5mm.

- 3 Cuando el área A, en m², de la sección horizontal de un muro sea menor que 0,1 m², la resistencia característica a compresión de la fábrica, f_k , se multiplicará por el factor:

$$(0,7 + 3 A) \quad (6.7)$$

En muros capuchinos. Para cada hoja, se evaluará la carga de cálculo soportada N_{sd} y su resistencia de cálculo, N_{Rd} a partir de la ecuación 6.6.

En muros doblados. Se calcularan como muros capuchinos, o como un muro simple si las hojas están eficazmente enlazadas, según se indica en el apartado 8.2.2.3.

Las rozas y rebajes reducen la resistencia del muro. Esta reducción puede despreciarse si se cumplen las limitaciones del apartado 9.1. Si el tamaño, número o posición de las rozas y rebajes no cumplen estas limitaciones, la resistencia vertical del muro se calculará como sigue:

- Las rozas o rebajes se considerarán o como huecos pasantes o como pérdidas significativas del espesor del muro.
 - En las rozas o rebajes horizontales o inclinados la excentricidad con que se aplican las cargas sobre las secciones afectadas se referirá al espesor residual del muro.
 - Si la roza o rebaje no causa una pérdida de sección superior al 25% se podrá considerar que la capacidad resistente frente las cargas verticales es proporcional a la pérdida de sección.
 - Cuando se valore el efecto de una roza sobre la seguridad de un muro se considerará la sección final resultante y no la teórica o nominal. Esto tiene especial importancia cuando el muro se construye con piezas con grandes huecos internos.
- 4 Puede admitirse que satisfacen el estado límite de servicio los muros que cumplen el estado límite último según la ecuación 6.5.

6.5.2.2 Factor de reducción del grueso Φ en la coronación y en el pie del muro

- 1 Como factor Φ se adoptará el menor de los siguientes valores:

$$\Phi_s = 1 - 2 \frac{e_s}{t} \quad (6.8)$$

$$\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t} \quad (6.9)$$

siendo

Φ_s es el factor de reducción del grueso del muro en la sección de contacto con el techo superior,

Φ_i es el factor de reducción del grueso del muro en la sección de contacto con el techo inferior,

t es el ancho del muro.

6.5.2.2.1 Valor de las excentricidades e_s , y e_i

- 1 La excentricidad total, e_s , con que se aplica el axil en la coronación del muro, vale:

$$e_s = \frac{M_s}{N_s} + e_{hi} + e_a \geq 0,05t \quad (6.10)$$

siendo

M_s es el momento flector de cálculo en la coronación del muro, deducido del modelo estructural adoptado, según apartado 6.2,

N_s es el axil de cálculo en la coronación del muro, deducido del modelo estructural,

e_{hi} es la excentricidad por causa de posibles acciones horizontales (viento),

e_a es la excentricidad accidental de ejecución.

Por imperfecciones de la ejecución y si la categoría de la misma corresponde a la B (apartado 5.3.2), se considerará una excentricidad accidental, e_a , en cualquier punto del muro, de valor:

$$e_a = \frac{h_{ef}}{450}$$

Si la categoría de la ejecución es la A, como denominador de la expresión anterior se adoptará el valor 500.

Si la categoría es la C, se adoptará el valor concreto $e_a = 20$ mm, si se trata de un tramo entre forjados y $e_a = 50$ mm, si corresponde a un tramo libre en su extremo superior o su altura es la total del edificio.

donde h_{ef} es la altura eficaz del muro (según el apartado 6.5.2.4).

- 2 La excentricidad total, e_i , con que se aplica el axil en el pie del muro, vale:

$$e_i = \frac{M_i}{N_i} + e_{hi} + e_a \geq 0,05t \quad (6.11)$$

M_i es el momento flector de cálculo en el pie del muro, deducido del modelo estructural adoptado, según el apartado 6.2 y según el anejo C de la primera parte de este DB

N_i es el axil de cálculo en el pie del muro, deducido del modelo estructural,

e_{hi} es la excentricidad por causa de posibles acciones horizontales (viento)

e_a es la excentricidad accidental de ejecución, definida en el punto anterior.

6.5.2.3 Factor de reducción Φ_m del grueso a media altura del muro

- 1 El factor Φ_m de reducción del grueso del muro en la sección pésima incluida en el quinto central de la altura del muro y se determina mediante el gráfico de la figura 6.2 b. En el se ha considerado $E=1000 f_k$.

6.5.2.3.1 Excentricidad total e_{mk} ,

- 1 La excentricidad total e_{mk} , en el quinto central de la altura del muro, vale:

$$e_{mk} = e_m + e_k \geq 0,05t \quad (6.12)$$

siendo

$$e_m = \frac{M_m}{N_m} + e_{hm} \pm e_a \quad (\text{excentricidad de flexión}) \quad (6.13)$$

$$e_k = 0,002\varphi_\infty \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t e_m} \quad (\text{excentricidad por pandeo-fluencia}) \quad (6.14)$$

siendo

M_m el momento de cálculo máximo en el quinto central de la altura del muro. Véase figura 6.2, a),

- N_m la carga vertical de cálculo en la sección de máximo momento, dentro del quinto central,
- e_{hm} la excentricidad a media altura por causa de las acciones horizontales,
- e_a la excentricidad accidental de ejecución definida en 6.5.2.2.1 de la primera parte de este DB,
- φ_{∞} el coeficiente final de fluencia según la tabla 5.6,
- h_{ef} la altura eficaz, según el apartado 6.5.2.4 siguiente,
- t_{ef} el espesor eficaz del muro, según el apartado 6.5.2.5 siguiente.

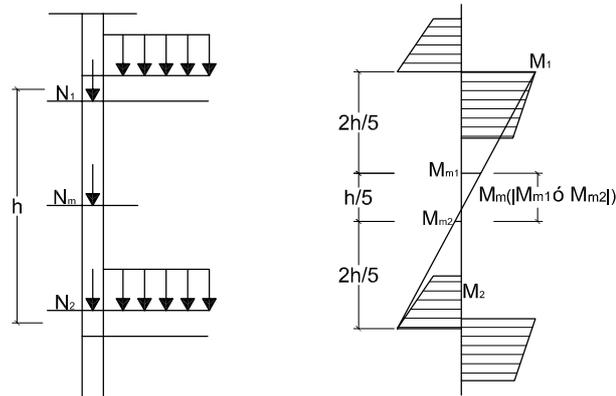


Figura 6.2 a)

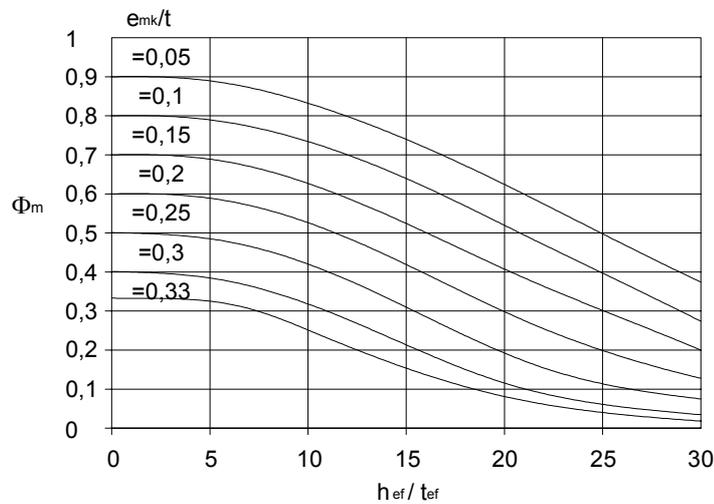


Figura 6.2 b) Φ_m en función de la esbeltez para distintas excentricidades

En el caso de edificios de paredes de grueso inferior a 0,19 m, no más altos de 3 plantas, de un máximo de 3 metros de altura cada una de ellas, con unas luces de forjados no superiores a 6 metros, sin rozas, con una dimensión mínima de los elementos de carga de 0,45 m., con ventanas de ancho inferior a 2 metros y con paredes de arriostramiento separadas no más de 30 veces el espesor del muro al que arriostran, se puede utilizar un único valor del factor de reducción del grueso:

$$\Phi = 0,85 - 0,0011 (0,75 h_{ef} / t_{ef})^2$$

y en el caso en que el forjado no apoyara sobre la totalidad del grueso:

$$\Phi = (t/t' - 0,15) - 0,0011 (0,75 h_{ef} / t_{ef})^2$$

donde, t' es la longitud de apoyo, no menor que $2t/3$.

Si el valor de Φ fuera inferior a 0,2 se reconsiderarán las soluciones constructivas.

6.5.2.4 Altura eficaz de un muro

1 Generalidades

- a) La altura eficaz de un muro de carga se determinará considerando, además de su altura nominal, la rigidez relativa de los elementos estructurales unidos al muro y la eficiencia de las uniones.
- b) La altura eficaz de un muro es distinta según esté libre o arriostrado a uno o más de sus bordes.
- c) Son elementos de arriostramiento: los forjados, los muros transversales u otros elementos de rigidez parecida.

2 Muros arriostrados

Un muro se considera arriostrado por otro en un borde vertical si:

- a) No es previsible que se produzcan fisuras entre ambos.
Cuando ambos se ejecutan simultáneamente con materiales de análoga deformabilidad, están análogamente cargados, se enlazan, y no son previsibles movimientos diferenciales entre ellos, por retracción, cargas, etc.
- b) La unión entre el muro arriostrado y el arriostrante (mediante elementos de trabado, llaves u otros medios) se proyecta para resistir los esfuerzos cortantes, las tracciones y/o las compresiones previsibles.

3 Un muro se considera arriostrante:

- a) Cuando tenga una longitud no menor que $1/5$ de la altura libre.
- b) Cuando tenga un espesor no menor que $0,3$ del espesor eficaz del muro arriostrado, ni menor de 85 mm.
- c) Cuando, teniendo huecos, la distancia entre ellos, no sea menor que $1/5$ de la altura media de los huecos (véase figura 6.3) y cuando se prolongue más allá de cada hueco una distancia no menor que $1/5$ de la altura libre de la planta.

Además, un muro también puede arriostrarse mediante cualquier otro elemento que tenga una rigidez equivalente a la de un muro arriostrante de fábrica, según el párrafo anterior, y esté enlazado al muro arriostrado mediante anclajes o llaves, proyectados específicamente para resistir los cortantes y las tracciones y compresiones que sean previsibles.

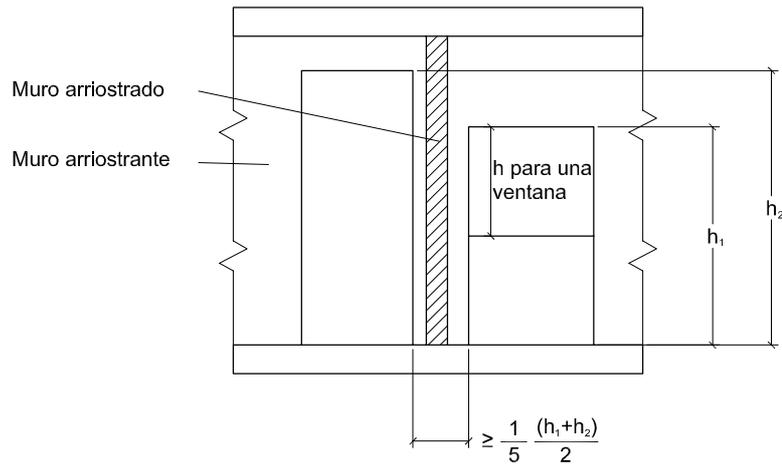


Figura 6.3 Longitud mínima de un muro arriostrante con huecos

4 Determinación de la altura eficaz

La altura eficaz h_{ef} de un muro puede tomarse igual a:

$$h_{ef} = \rho_n h \tag{6.15}$$

siendo

h es la altura libre de piso,

ρ_n es el factor de reducción. Según el número de bordes arriostrados, n vale = 2, 3 ó 4.

L es la distancia del eje del muro arriostrante al borde libre.

El factor ρ_n vale:

- a) Para un muro arriostrado en cabeza y pie mediante forjados de hormigón armado con una entrega no menor que 2/3 del espesor del muro, ni que 85 mm: $\rho_2 = 0,75$. A menos que la excentricidad de la carga en cabeza sea mayor que 0,25 del espesor del muro, en cuyo caso, se tomarán $\rho_2 = 1,0$. En todos los demás casos $\rho_2 = 1,0$.
- b) En muros arriostrados por forjados de madera, o perfiles de acero laminado el valor $\rho_2 = 1,0$.
- c) En los muros arriostrados en la cima, en la base, y en un borde vertical (con el otro borde libre), el valor de ρ_3 , vale (véase figura 6.4):

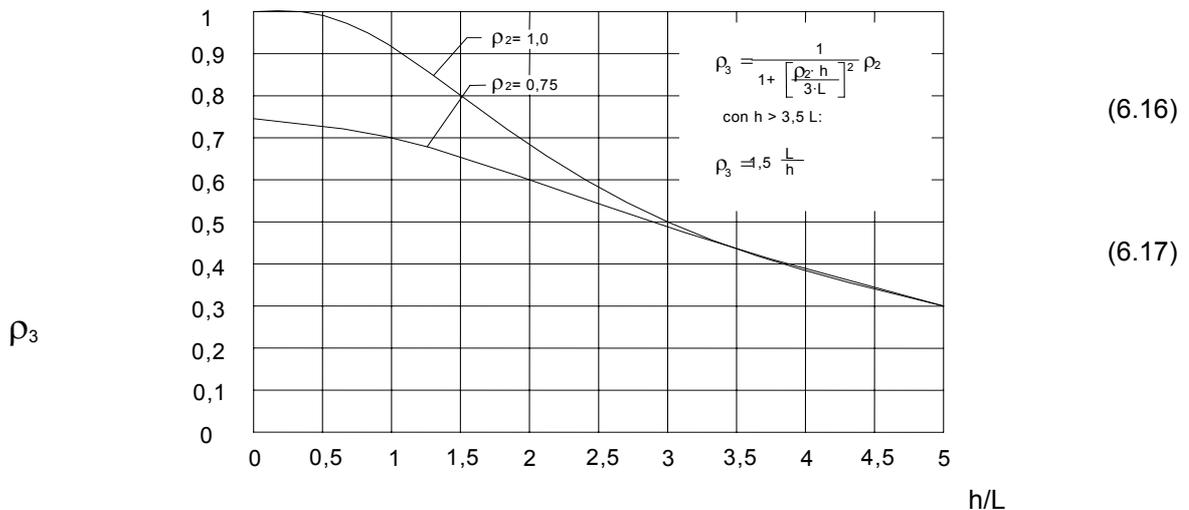


Figura 6.4 Gráfica de ρ_3 según las ecuaciones 6.16 y 6.17

- d) En muros arriostrados en la cima, en la base y en los dos bordes verticales, el valor de ρ_4 , vale (véase figura 6.5):

donde L es la distancia entre ejes de los muros arriostrantes (o transversos).

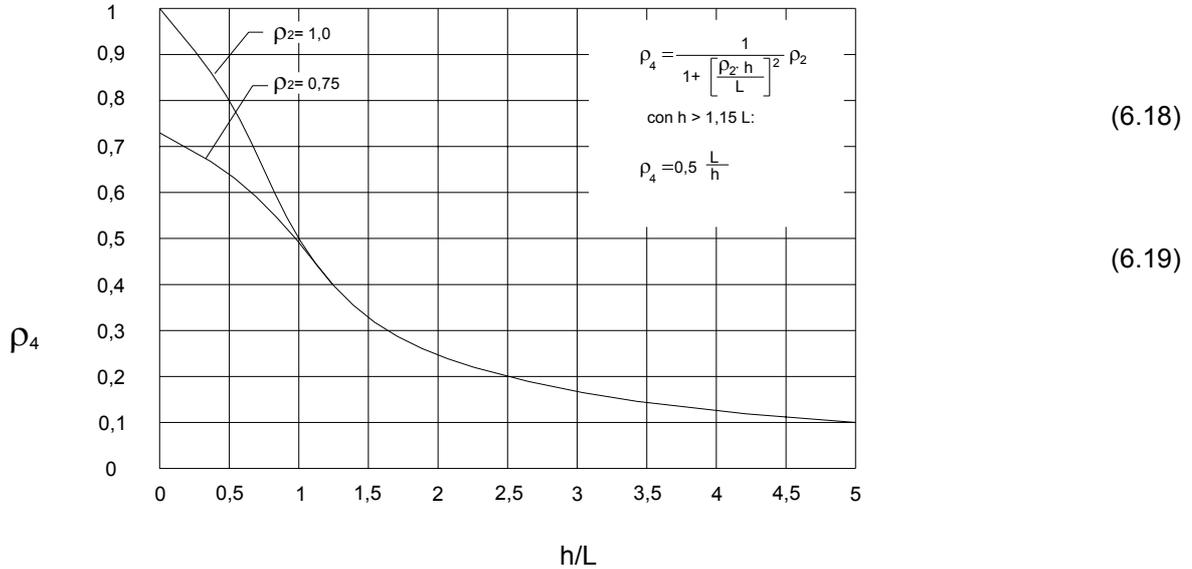


Figura 6.5 Gráfica de ρ_4 según las ecuaciones 6.18 y 6.19

- e) Un muro, de espesor t, arriostrado en un solo borde vertical con $L \geq 15 t$, o en los dos bordes verticales con $L \geq 30 t$ se tratará como muro arriostrado sólo en la cima y en la base.

6.5.2.5 Espesor eficaz de un muro

- 1 El espesor eficaz, t_{ef} , de un muro de una hoja, doblado, o de tendel hueco, etc., construido según el capítulo 8 se tomará igual al espesor real t.
- 2 En un muro capuchino con ambas hojas enlazadas según el apartado 8.2, el espesor eficaz t_{ef} , se determinará con la ecuación 6.20:

$$t_{ef} = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} \tag{6.20}$$

siendo

t_1 , y t_2 son los espesores de cada hoja.

En un muro capuchino, cuya hoja cargada tiene un módulo de elasticidad E mayor que el de la otra hoja, el espesor eficaz t_{ef} se calculará minorando el espesor de la hoja no cargada en función de la rigidez relativa de las dos hojas, el espesor eficaz se calculará con la ecuación 6.20, tomando el espesor de la hoja descargada no mayor que el de la cargada.

6.5.2.6 El efecto de huecos, rozas y rebajes en muros

- 1 En un muro arriostrado debilitado por rozas o rebajes verticales, que no cumplan lo indicado en 9.1, se tomará como valor de t el espesor residual. Se considerará que la discontinuidad genera un borde libre cuando el espesor residual del muro sea menor que la mitad del espesor del muro.
- 2 La altura eficaz de un muro que presente un hueco de una 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 como borde libre el que coincide con el hueco.

6.5.2.7 Esbeltez de un muro

- 1 La esbeltez de un muro es la relación: h_{ef}/t_{ef} . Esta relación no será mayor que 27.

6.5.3 Cargas concentradas

- 1 En todo muro que esté solicitado por una carga concentrada aplicada sobre una superficie determinada, la tensión de cálculo alcanzada sobre esta superficie no será mayor, en estado límite último, que la resistencia de cálculo de dicha superficie.
- 2 En un muro realizado con piezas del grupo 1, ejecutado de acuerdo con el capítulo VIII, siempre que no sea de tendeles huecos, la resistencia de cálculo a compresión del área cargada vale:

$$\xi f_k / \gamma_M \quad (6.21)$$

siendo

$$\xi \text{ es un factor de incremento, de valor: } \xi = \left[(1 + 0,15x) \left(1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}} \right) \right] \geq 1 \quad (6.22)$$

Con los siguientes valores límite:

$$\xi = 1,25 \quad \text{para } x = 0,$$

$$\xi = 1,50 \quad \text{para } x = 1,$$

para $0 < x < 1$ se puede interpolar linealmente.

siendo

f_k la resistencia característica a compresión de la fábrica, según el apartado 5.3.4.2;

γ_M el coeficiente parcial de seguridad del material, según la tabla 5.3;

$$x = 2a_1 / H \quad \text{no mayor que } 1,0;$$

a_1 la distancia del borde del área cargada al borde más próximo del muro (véase figura 6.6 a);

H la altura del muro hasta el nivel en que se aplica la carga;

A_b el área cargada, no mayor que $0,45 A_{ef}$;

$A_{ef} = L_{ef} t$ el área eficaz del muro (figura 6.6 a);

L_{ef} es la longitud eficaz limitada por líneas a 60° a media altura del muro (véase figura 6.6 a);

t es el espesor del muro, considerando la profundidad de los rehundidos si son mayores de 5 mm.

Los valores del factor ξ figuran en el gráfico del anejo D.

- 3 En los muros ejecutados con piezas de fábrica del grupo 2a, 2b y 3, y en los muros con tendeles huecos, la resistencia de cálculo a compresión del área cargada, vale:

$$\frac{f_k}{\gamma_M} \quad (6.23)$$

- 4 La excentricidad de la carga desde el eje del muro no será mayor de $t/4$ (véase figura 6.6 b).
- 5 Las comprobaciones indicadas en este apartado no eximen de realizar las correspondientes al apartado 6.5.2 de este DB, considerando la carga puntual repartida en su longitud eficaz e incluyendo el efecto de cualquier otra carga vertical, particularmente cuando inciden cargas concentradas próximas, que solapan sus longitudes eficaces.
- 6 La carga concentrada se apoyará sobre piezas del grupo 1, u otro material macizo en una longitud igual a la del área cargada incrementada en una longitud adicional al efecto de que las tensiones sean aceptables para el material que constituye el muro. Para evitar que este material esté sometido a flexiones, su canto se determinará también a partir de la "regla de los 60° ".

Dada la poca precisión de esta regla de difusión de tensiones según el ángulo de 60° , se propone la alternativa de adoptar la correspondiente a 63° . La ventaja de este otro ángulo es que la tangente de su complementario vale 0,5, es decir, la longitud sobre la que se distribuye el esfuerzo a una cierta distancia del punto de carga es igual a esta distancia más la longitud de la banda cargada.

Si la carga concentrada se aplicara mediante una viga de reparto, cuyo ancho fuera igual a t , su canto mayor de 200 mm y su longitud mayor de tres veces la longitud del área cargada, aún así la resistencia a compresión de cálculo en el área cargada no debería ser mayor de $1,5 f_k/\gamma_M$.

- 7 Puede admitirse que los apoyos de cargas concentradas que en estado límite último cumplen las ecuaciones 6.22, 6.23, 6.24, satisfacen el estado límite de utilización.

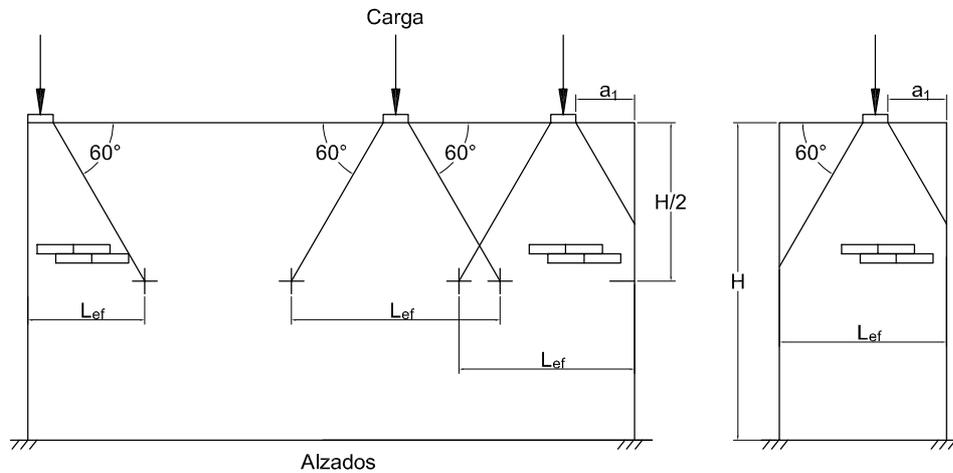


Figura 6.6 a). Muros con cargas concentradas



Figura 6.6 b). Muros con cargas concentradas

6.5.4 Tensiones debidas a coacciones y deformaciones impuestas

- 1 Un muro resistente de fábrica está sometido a coacciones y deformaciones impuestas que pueden producir esfuerzos importantes motivados por retracción, fluencia, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales de la cimentación y, en algunos casos, por la deformación de otros elementos estructurales que sirvan de soporte al propio muro. Todos ellos deben ser calculados partiendo de las propiedades de los elementos que integran el muro, considerando sus diferentes módulos de elasticidad, sus diferentes características reológicas y sus diferentes vínculos.
- 2 Puede prescindirse del cálculo de los efectos debidos a la retracción, fluencia y variaciones de temperatura, cuando se disponen juntas de dilatación de acuerdo con las condiciones indicadas en el apartado 3.2.2 de este DB.
- 3 La anchura de las juntas de dilatación debe permitir el máximo movimiento previsible de la fábrica.
- 4 Puede prescindirse del cálculo de los efectos debidos a los asentamientos diferenciales de la cimentación y a la deformación de otros elementos estructurales que sirvan de soporte al propio muro, cuando la diferencia de deformación que producen entre dos puntos no supere el valor de $1/1000$ de la separación entre dichos puntos.
- 5 En los muros capuchinos se dispondrán llaves compatibles con los movimientos diferenciales previsible entre las dos hojas, pudiendo disponerse juntas horizontales de movimiento en la hoja exterior que limiten aquellos.

6.6 Muros transversos

6.6.1 Generalidades

- 1 La resistencia del edificio frente a acciones horizontales, en el tipo estructural contemplado en este DB, se consigue mediante los forjados, funcionando como diafragmas rígidos, y los muros de carga o transversos dispuestos en la dirección de la acción. Si existen huecos en los muros transversos se considerarán en el cálculo. Aunque las rozas y los rebajes reducen la resistencia del muro a cortante, si están dentro de los límites que establece el apartado 9.1 no será necesario considerar reducción alguna. Si el tamaño, número o localización de las rozas y de los rebajes rebasa aquellos límites, se comprobará la resistencia a corte de la fábrica con el espesor residual del muro en la zona afectada.
- 2 En la verificación de la seguridad a esfuerzos horizontales a cada elemento de muro en la dirección de la acción se le podrán incorporar alas que formen parte del muro perpendicular, de tal forma que se aumente su rigidez y resistencia; siempre que en la unión ambos muros resistan los esfuerzos cortantes y el muro que conforma el ala no pueda pandear (véase el apartado 6.5.2.4).
- 3 La longitud del muro arriostrado que puede considerarse como ala del arriostrante, tendrá la medida del grueso de este último más (a uno o a ambos lados) la menor de las dimensiones siguientes (véase la figura 6.7):
 - a) $h_{tot}/10$, siendo h_{tot} la altura del muro transversal,
 - b) la mitad de la distancia entre muros transversales enlazados por el muro arriostrado,
 - c) la distancia al extremo del muro arriostrado,
 - d) la mitad de la altura de la planta.
- 4 Para la distribución de las acciones horizontales y por un conocimiento insuficiente del comportamiento no lineal a flexión de los muros, se empleará la rigidez elástica de los muros transversales incluidas las alas. Para muros de altura mayor que el doble de su longitud, puede despreciarse el efecto de la rigidez a cortante.
- 5 Cuando los forjados puedan considerarse rígidos en su plano (por ejemplo, aquellos que cuentan con una losa de compresión hormigonada en obra) está por el lado de la seguridad distribuir las acciones horizontales entre los muros transversales en proporción a su rigidez, admitiendo que todos tienen el mismo desplazamiento.
- 6 Cuando la acción horizontal no pase por el metacentro, o 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). Al equilibrio de dicho efecto torsor colaboran eficazmente los muros que puedan considerarse transversales en la dirección perpendicular a aquella en la que actúa la acción horizontal considerada.

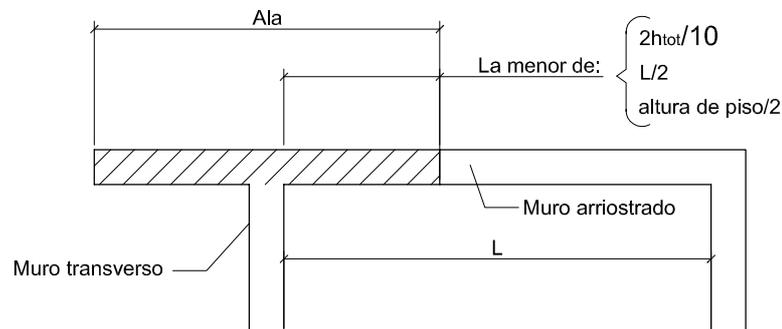


Figura 6.7 Anchura admisible para las alas de un muro transversal

6.6.2 Análisis de muros transversos (con alas)

6.6.2.1 Generalidades

- 1 Para el análisis de los muros transversales se considerarán las acciones horizontales de cálculo y las cargas verticales de cálculo que se aplican sobre el conjunto de la estructura.
- 2 El muro transversal y cada una de sus alas se comprobará en estado límite último a compresión y a corte.
- 3 Se comprobará a corte las uniones entre el muro transversal y las alas consideradas en el análisis.
- 4 Se considerará la combinación del esfuerzo normal y del esfuerzo cortante más desfavorable de las siguientes:
 - a) El esfuerzo normal máximo, por efecto de las cargas verticales, aplicado con la excentricidad debida a la flexión que causan las acciones horizontales.
 - b) En cada ala, el esfuerzo normal máximo.
 - c) El esfuerzo cortante horizontal máximo, con el esfuerzo normal mínimo.
 - d) En la unión del muro transversal con cada ala, el esfuerzo cortante vertical máximo.

Al efecto de evaluar el esfuerzo normal que contribuye a la resistencia a cortante:

- a) En los muros que sustentan forjados bidireccionales, la carga de los forjados se repartirá proporcionalmente entre los muros sustentantes.
 - b) En el caso de forjados unidireccionales, dotados de una losa superior y un encadenado de apoyo que cumpla las especificaciones de la Instrucción EFHE, puede considerarse una distribución a 45ª de la carga del forjado sobre los muros no directamente cargados.
- 5 El esfuerzo cortante horizontal máximo en un muro, calculado por análisis elástico lineal, puede reducirse en un 15 %, (atendiendo a una redistribución por fisuración limitada) siempre que se incrementen los cortantes correspondientes a los muros paralelos inmediatos de tal modo que se mantenga el equilibrio frente a las acciones de cálculo aplicadas.

6.6.2.2. Comprobación de muros transversales

- 1 El esfuerzo cortante de cálculo aplicado, V_{Sd} , será menor o igual que el esfuerzo cortante resistente, V_{Rd} , calculado con los valores del apartado 5.3.4.3).

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \quad (6.24)$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo vale:

$$V_{Rd} = \frac{f_{vk} t l_c}{\gamma_M} \quad (6.25)$$

siendo

f_{vk} es la resistencia característica a cortante de la fábrica, con la tensión de compresión vertical correspondiente, según el apartado 5.3.4.3. Sin contar la zona traccionada,

t es el espesor del muro,

l_c es la longitud comprimida del muro, descontando la zona de tracción,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad del material, según la tabla 5.3

- 2 La longitud comprimida del muro, l_c , puede calcularse aceptando una distribución triangular de tensiones.
- 3 La resistencia vertical a corte de la unión con las alas puede obtenerse a partir de datos de ensayos y si no se dispone de estos datos, puede emplearse el valor f_{vko}/γ_M , siendo f_{vko} la resistencia a corte puro (véase apartado 5.3.4.3 de este DB), siempre que dicha unión entre muros cumpla con las especificaciones indicadas en el apartado 8.2.2 de esta parte del DB.
- 4 La longitud resistente neta y el espesor de los muros o de las alas, se determinará considerando huecos, rozas o rebajes, salvo que estas cumplan las condiciones indicadas en 9.1 para poder despreciar su efecto, y descontando las zonas con tensiones verticales de tracción.

- 5 Puede admitirse que los muros que satisfacen el estado límite último, según la ecuación 6.24, también satisfacen el estado límite de utilización.

6.6.3 Muros de fábrica bajo acciones laterales

6.6.3.1 Generalidades

- 1 El cálculo de muros sometidos a acciones laterales de viento puede basarse:
 - a) en su respuesta como placa apoyada en sus bordes (véase apartado 6.6.3.4. de este DB).
 - b) como muro en arco estribado entre apoyos rígidos (véase apartado 6.6.3.4 de este DB).
- 2 Se considerará que las rozas y rebajes disminuyen la resistencia a flexión de los muros. La disminución puede considerarse despreciable si las rozas o rebajes están dentro de los límites del apartado 9.1, pero si el tamaño, número o posición de rozas y rebajes está fuera de estos límites, la resistencia a flexión del muro se comprobará considerando el espesor residual del muro descontando las rozas o rebajes. En el caso en que el muro que recibe la acción posea algún borde en el cual no se pueda garantizar la movilización de las reacciones necesarias para su equilibrio (por ejemplo bordes superiores no retacados a los forjados), se considerará que en tal dirección no es competente para transmitir el esfuerzo, tanto en hipótesis de comportamiento como placa o como arco.
- 3 Si los muros llevan barreras antihumedad, se considerará su influencia en la resistencia a flexión.

6.6.3.2 Condiciones de apoyo y continuidad

- 1 La resistencia de un muro de fábrica sometido a una acción lateral de viento, es función de las condiciones de apoyo y de la continuidad en los mismos.
- 2 En los bordes apoyados normalmente se admite que la reacción atiende a una distribución uniforme sobre la superficie apoyada. La fijación del muro en su apoyo perimetral puede conseguirse mediante llaves, por traba de las piezas o por simple apoyo a los forjados.
- 3 Si un muro capuchino ha sido construido de acuerdo con el apartado 8.2.2.2, a todos los efectos se considerará continuidad en los apoyos y, si las llaves entre las dos hojas cumplen con las especificaciones del apartado 6.6.3.5. de este DB, que ambas hojas colaboran en la absorción de los esfuerzos laterales, aunque sólo una de ellas esté directamente conectada a los apoyos.

6.6.3.3 Método de cálculo para muros apoyados en los bordes

- 1 El valor del momento flector de cálculo de la acción de viento se obtendrá:
 - a) Si los muros únicamente están apoyados en dos bordes antagónicos: o en los forjados, con una luz libre, h , o en dos muros laterales de arriostamiento, separados la distancia L , el momento flector de cálculo, M_d , por unidad de longitud de muro, vale:

$$M_d = 0,125 W_k \gamma_F h^2 \quad (6.26)$$

ó bien

$$M_d = 0,125 W_k \gamma_F L^2 \text{ según sea el caso que se trate} \quad (6.27)$$

- b) Si los muros están apoyados en cuatro bordes, a distancias h (en sentido vertical, correspondiente a la distancia libre entre dos forjados) y L (distancia entre los dos muros transversales), los momentos flectores de cálculo en direcciones vertical, M_{dv} , y horizontal, M_{dh} , valen:

$$M_{dv} = 0,125 (h / (L\mu + h)) W_k \gamma_F h^2, \text{ y en sentido horizontal,} \quad (6.28)$$

$$M_{dh} = 0,125 (L\mu / (L\mu + h)) W_k \gamma_F L^2 \quad (6.29)$$

siendo

W_k es la carga característica del viento por unidad de superficie,

γ_f es el coeficiente parcial de seguridad que afecta a esta acción,

μ = es la relación entre las resistencias características a la flexión en los dos sentidos perpendiculares, que deberían determinarse por medio de ensayos directos o por algún método aproximado. Se expresa como el cociente entre la resistencia característica a flexión en los tendeles y la resistencia característica a flexión en las llagas.

Se puede adoptar para μ el valor aproximado siguiente:

$$\mu = f_{vko} / (0,1 f_k)$$

donde:

f_{vko} es la resistencia a cortante puro de la fábrica con compresión nula (véase tabla 5.5),

f_k es la resistencia característica a la compresión de la fábrica.

- 2 La formulación incluida en este punto, permite efectuar la comprobación del muro con cualquier grado de continuidad del mismo en sus apoyos.
- 3 Los muros que cumplan en estado límite último con todas las comprobaciones indicadas en este punto, cumplen, también, con el correspondiente estado límite de servicio.
- 4 El momento flector resistente de cálculo de un muro de fábrica, M_{Rd} , vale:

$$M_{Rd} = \frac{f_{xk} Z}{\gamma_M} \quad (6.30)$$

siendo

f_{xk} es la resistencia característica a flexión correspondiente al plano de flexión.

Z es el módulo resistente de la sección del muro.

- 5 En un muro apilastrado, el módulo resistente se calculará con una longitud del resalto, tomada desde la cara de la pilastra, igual a:
 - a) $h/10$ para muros apoyados en la base y en la coronación.
 - b) $2h/10$ para muros con la cima libre,
 - c) y no mayor que la mitad de la luz libre entre pilastras.

siendo

h es la altura libre del muro.

La resistencia a la flexión contenida en un plano perpendicular a los tendeles aumenta por efecto de las cargas verticales.

La resistencia a la flexión, f_{xk} puede incrementarse en $\gamma_M \sigma_{dp}$

donde:

f_{xk} es la resistencia característica a flexión en un plano perpendicular a los tendeles,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad del material,

- 6 Cuando en uno de los bordes exista una barrera antihumedad, no será necesario considerarla siempre que la carga vertical sobre la barrera asegure que, por causa del momento aplicado, no se supera la resistencia a la flexión (véase apartado 5.3.4.4 de la primera parte de este DB).

6.6.3.4 Método de cálculo del muro como un arco rebajado estribado entre sus apoyos

- 1 Cuando un muro se ejecuta entre unos apoyos capaces de resistir el empuje del arco, puede suponerse que los esfuerzos aplicados normalmente a su plano se equilibran mediante arcos verticales y/o horizontales si se adoptan las medidas constructivas adecuadas.

Con el conocimiento actual, es prudente considerar que las acciones laterales se equilibran únicamente mediante arcos horizontales.

- 2 El cálculo se basará en un modelo de arco de tres articulaciones: dos, en los apoyos, y la central, o de clave, situada a 0,1 del espesor del muro.
- 3 Como altura del arco se tomará:

$$h_{\text{arco}} = 0,9 t - d \quad (6.31)$$

siendo

t es el espesor del muro (véase apartado 6.6.3.1 (2) de la primera parte de este DB),

d es la 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.

- 4 El valor máximo del empuje de cálculo, por unidad de longitud de muro, no será mayor que $1,5 \frac{f_k}{\gamma_M} \frac{t}{10}$.

y cuando la deformación lateral es pequeña, la resistencia de cálculo q_{lat} por unidad de superficie del muro, vale:

$$q_{\text{lat}} = \frac{f_k}{\gamma_M} \left[\frac{t}{L} \right]^2 \quad (6.32)$$

siendo

t es el espesor del muro (véase apartado 6.6.3.1 (2) de la primera parte de este DB),

f_k es la resistencia característica a compresión de la fábrica,

L es la longitud del muro,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad del material.

- 5 Pequeñas variaciones en la longitud del muro pueden alterar los valores obtenidos en el cálculo del arco, por lo que este método no es aconsejable para fábricas con piezas que tengan retracción.
- 6 Los muros que cumplan el estado límite último, cuando se comprueben empleando la ecuación 6.30, puede considerarse que satisfacen el estado límite de utilización.

6.6.3.5 Llaves

- 1 En los muros capuchinos, sometidos a la acción lateral del viento, se dispondrán llaves que sean capaces de trasladar la acción horizontal de una hoja a otra y capaces de transmitirla a los apoyos.
- 2 El número mínimo de llaves por unidad de superficie se obtendrá mediante la relación: (véase también apartado 5.4.1 de la primera parte de este DB).

$$\gamma_M \frac{W_{sd}}{F_t} \quad (6.33)$$

siendo

W_{sd} es la acción de cálculo del viento, por unidad de superficie,

F_t es la resistencia característica a la compresión o a la tracción de una llave, determinada mediante ensayos según las normas UNE EN 846-5:2001 o UNE EN 846-6:2001,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad de las llaves, según la tabla 5.3.

- 3 La acción de cálculo del viento W_{sd} , sobre un muro se calculará de acuerdo con el DB- SE Acciones en la Edificación.

- 4 En un muro capuchino, la acción que se transmite a cada hoja, se determinará distribuyendo la acción del viento de forma proporcional a la resistencia a carga lateral que ofrece cada hoja.
La disposición de las llaves permitirá los movimientos diferenciales entre las hojas sin que se produzcan daños.
- 5 En un muro de revestimiento se considerará que las llaves transmiten toda la acción del viento W_{sd} al muro portante.

7 Soluciones constructivas

7.1 Materiales de las fábricas

- 1 Las piezas serán las apropiadas al tipo de fábrica, a su posición dentro de ella y a los requisitos de durabilidad.
- 2 El mortero, el hormigón de relleno y los refuerzos serán los adecuados al tipo de pieza y a los requisitos de durabilidad.
- 3 Todos estos materiales cumplirán lo establecido en el presente DB.

7.2 Tipos de muros

- 1 En este capítulo se dan reglas para la correcta ejecución de muros de una hoja, capuchinos, doblados, careados, de tendel hueco y de revestimiento (véase figuras 7.1 a 7.6).

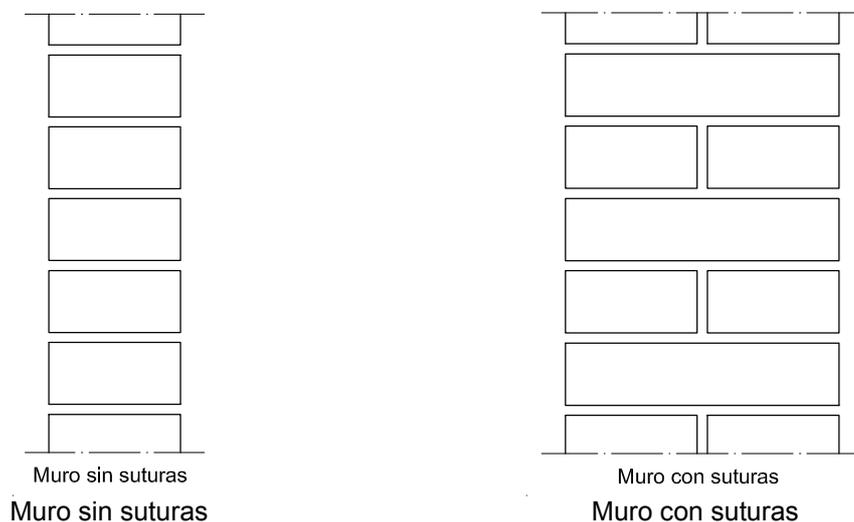


Figura 7.1 Ejemplos de secciones de muros de una hoja

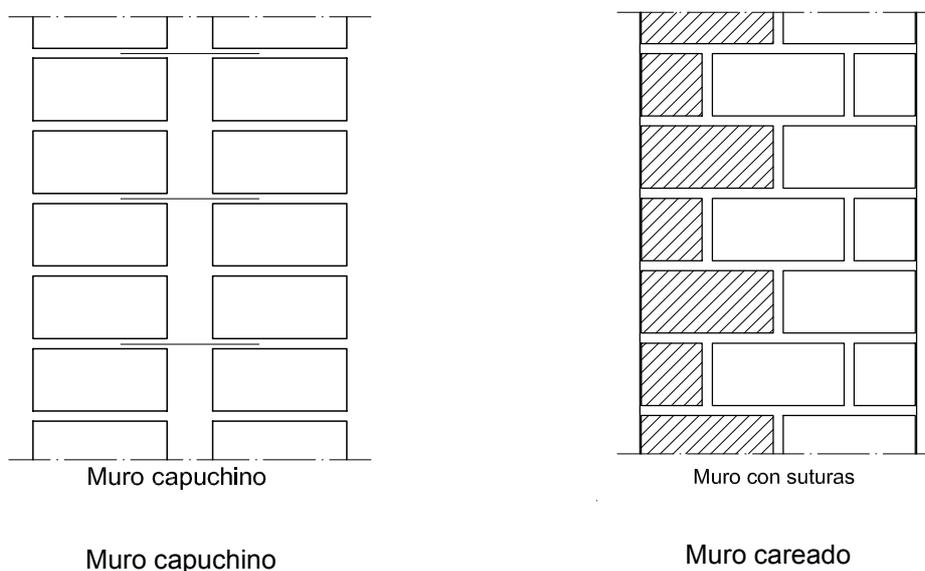
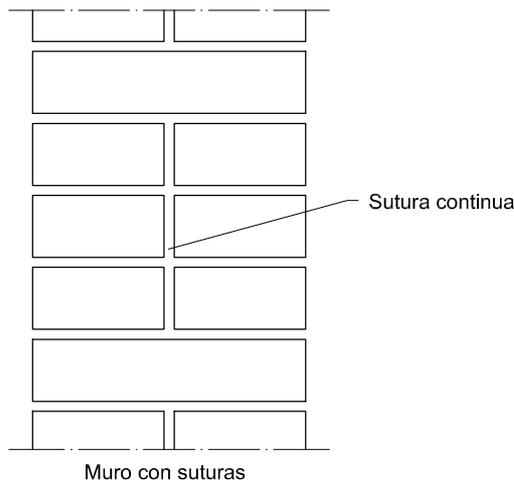


Figura 7.2 Ejemplos de secciones de muros capuchinos



Muro con suturas

Figura 7.3 Ejemplo de sección de muro doblado

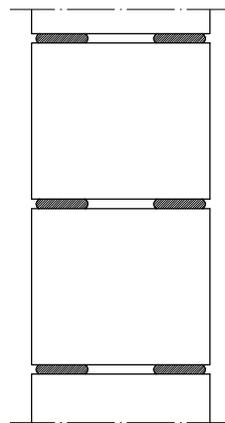


Figura 7.4 Ejemplo de sección de muro de tendeles huecos

7.3 Espesor mínimo de los muros

- 1 El espesor mínimo de muros de carga será 115 mm.

7.4 Barrera antihumedad

- 1 Las barreras antihumedad serán capaces de transmitir las acciones de cálculo verticales y horizontales sin recibir o causar daño; tendrán suficiente resistencia superficial de rozamiento para evitar el movimiento de la fábrica que descansa sobre ellas.

7.5 Juntas de libre movimiento

- 1 Se tendrá en cuenta los efectos de los movimientos de modo que no afecten desfavorablemente al comportamiento de la fábrica.

- 2 Se dispondrán juntas de movimiento verticales y horizontales para permitir dilataciones térmicas y por humedad, fluencia y retracción, las deformaciones por flexión y los efectos de las tensiones internas producidas por cargas verticales o laterales, sin que la fábrica sufra daños (véase tabla 5.6).

8 Ejecución

8.1 Ejecución de muros

8.1.1 Humectación de las piezas

- 1 Las piezas se humedecerán antes de su empleo en la ejecución de la fábrica.
- 2 La humectación puede realizarse por aspersión, regando abundantemente el rejal hasta el momento de su empleo. Puede realizarse también por inmersión, introduciendo las piezas en una balsa durante unos minutos y apilándolos después de sacarlos hasta que no goteen.
- 3 La cantidad de agua embebida en la pieza debe ser la necesaria para que no varíe la consistencia del mortero al ponerlo en contacto con la misma, sin succionar agua de amasado ni incorporarla.

8.1.2 Colocación de las piezas

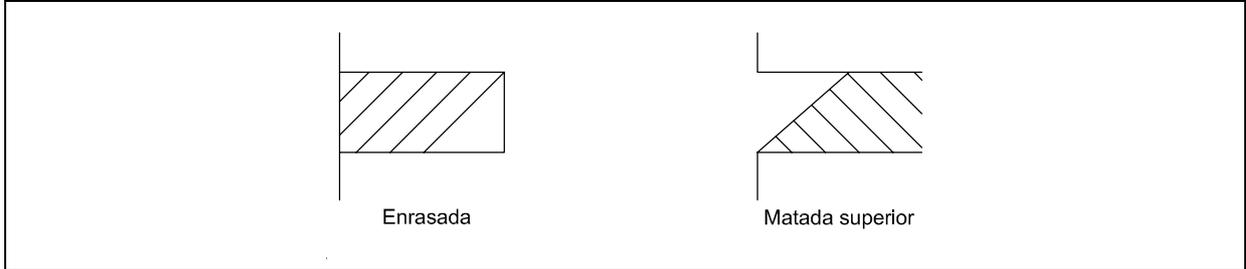
- 1 Las piezas se colocarán siempre a restregón. Para ello se extenderá sobre el asiento, o la última hilada, una tortada de mortero en cantidad suficiente para que tendel y llaga resulten de las dimensiones especificadas, y se igualará con la paleta. Se colocará la pieza sobre la tortada, a una distancia horizontal al de la pieza contigua de la misma hilada, anteriormente colocado, aproximadamente el doble del espesor de la llaga. Se apretará verticalmente la pieza y se restregará, acercándola a la pieza contigua ya colocado, hasta que el mortero rebose por la llaga y el tendel, quitando con la paleta los excesos de mortero. No se moverá ninguna pieza después de efectuada la operación de restregón. Si fuera necesario corregir la posición de una pieza, se quitará, retirando también el mortero.

8.1.3 Relleno de juntas

- 1 Una llaga se considera llena si el mortero maciza el grueso total de la pieza en al menos el 40% de su tizón; se considera hueca en caso contrario.
- 2 El mortero debe llenar las juntas: tendel totalmente (salvo caso tendel hueco) y llagas, en función del tipo de pieza utilizado.
- 3 Las llagas y los tendeles tendrán en todo el grueso y altura del muro el espesor especificado en el proyecto.
- 4 En las fábricas vistas se realizará el rejuntado de acuerdo con las especificaciones del proyecto.
- 5 Cuando se especifiquen llagas a hueso, las caras contiguas de las piezas se dispondrán en contacto íntimo.
- 6 Se dejarán abiertas las juntas donde se especifique (por ejemplo, para drenaje, ventilación o en tendeles huecos).
- 7 Cuando se especifique la utilización de juntas delgadas, las piezas se asentarán cuidadosamente para que las juntas mantengan el espesor establecido de manera uniforme.
- 8 Cuando se especifique, la cara exterior de la fábrica se terminará con un llagueado. Las juntas se llaguearán mientras el mortero esté fresco a fin de conseguir un acabado superficial del muro que le proporcione durabilidad y facilite la evacuación del agua de lluvia.
- 9 Sin autorización del director de obra, en muros de espesor menor que 200 mm, las juntas no se rehundirán en una profundidad mayor que 5 mm.
- 10 Cuando se especifique, se rascarán las caras de las juntas y se limpiarán sus lados, hasta una profundidad de al menos 15 mm y no mayor que el 15% del espesor del muro, y posteriormente se rellenarán de mortero. El mortero utilizado para rejuntar tendrá las mismas propiedades que el mortero de asentar las piezas.

- 11 Antes del rejuntado, se cepillará el material suelto, y si es necesario, se humedecerá la fábrica. Cuando se rasque la junta se tendrá cuidado en dejar la distancia suficiente entre cualquier hueco interior y la cara del mortero.

Las soluciones de llagueado o rejuntado aconsejables para facilitar la evacuación del agua de lluvia y mejorar la durabilidad de la fábrica son la enrasada y la matada superior.



8.1.4 Enjarjes

- 1 Las fábricas deben levantarse por hiladas horizontales en toda la extensión de la obra, siempre que sea posible. Cuando dos partes de una fábrica hayan de levantarse en épocas distintas, la que se ejecute primero se dejará escalonada.
- 2 Si esto no fuera posible, se dejará formando alternativamente entrantes, adarajas y salientes, endejas.
- 3 En las hiladas consecutivas de un muro, las piezas se solaparán para que el muro se comporte como un elemento estructural único. El solape será al menos igual a 0,4 veces el grueso de la pieza y no menor que 40 mm, (véase figura 8.1). En las esquinas o encuentros, el solapo de las piezas no será menor que su tizón; en el resto del muro, pueden emplearse piezas cortadas para conseguir el solape preciso.

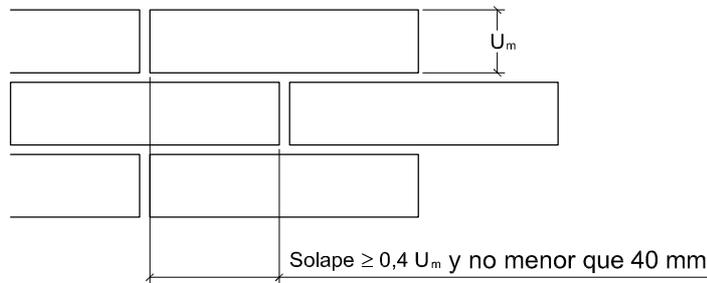


Figura 8.1 Solape de piezas de fábrica

El corte de piezas es una práctica que debe ser utilizada en contadas ocasiones, ya que genera una cantidad excesiva de residuos de construcción. Se procurará que los elementos sean modulares respecto la pieza de base (o su mitad) y que los materiales sean debidamente tratados antes de su uso.

- 4 Las figuras 8.2, 8.3 y 8.4 muestran distintos tipos de aparejo.

8.1.5 Detalle de aparejos de fabrica

- 1 Para poder emplear los valores y ecuaciones del apartado 5.3.4, el espesor de los tendeles y de las llagas de mortero ordinario o ligero no será menor que 8 mm ni mayor que 15 mm, y el de tendeles y llagas de mortero de junta delgada no será menor que 1 mm ni mayor que 3 mm.

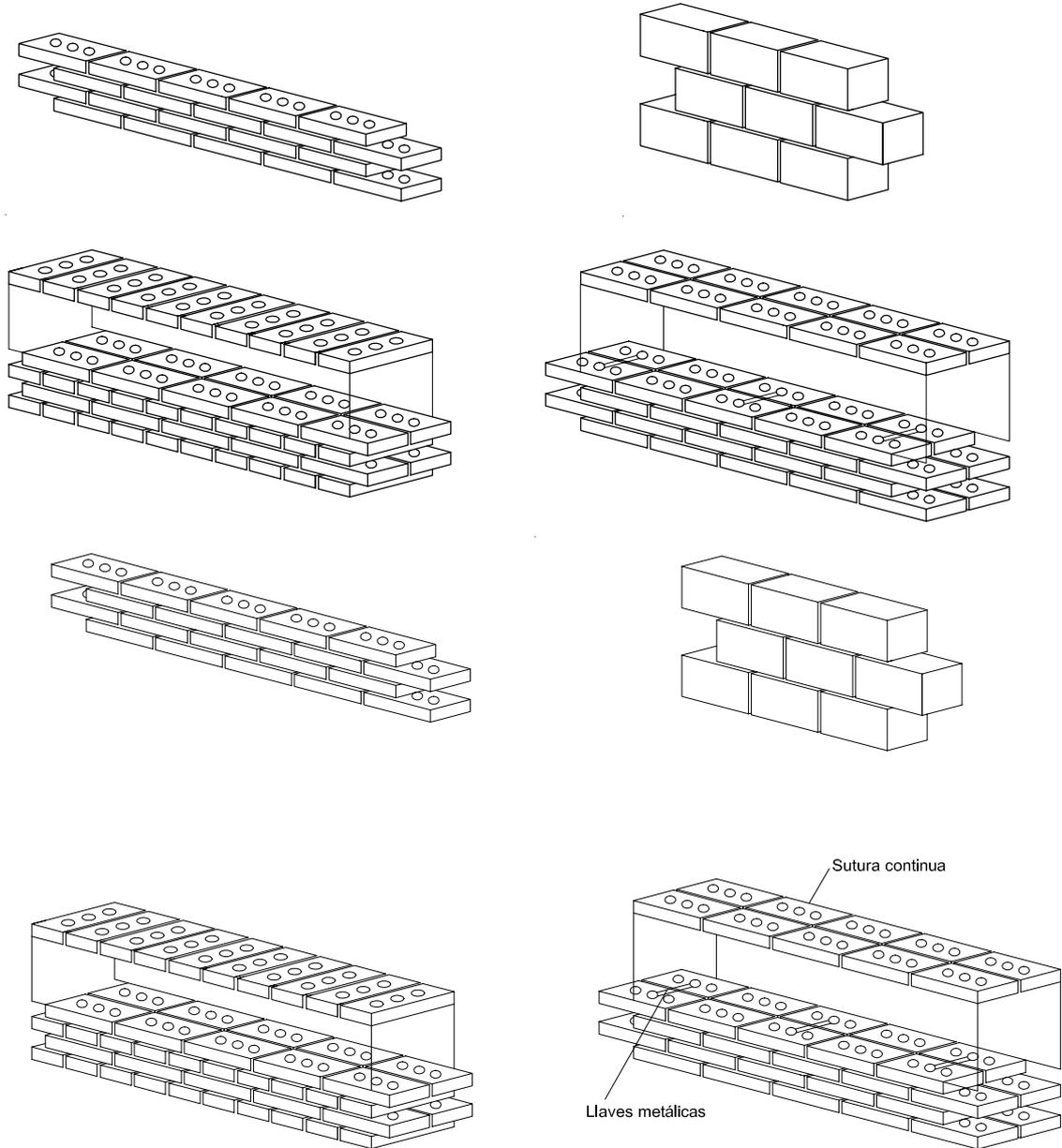


Figura 8.2 Ejemplos de aparejo con piezas del grupo 1

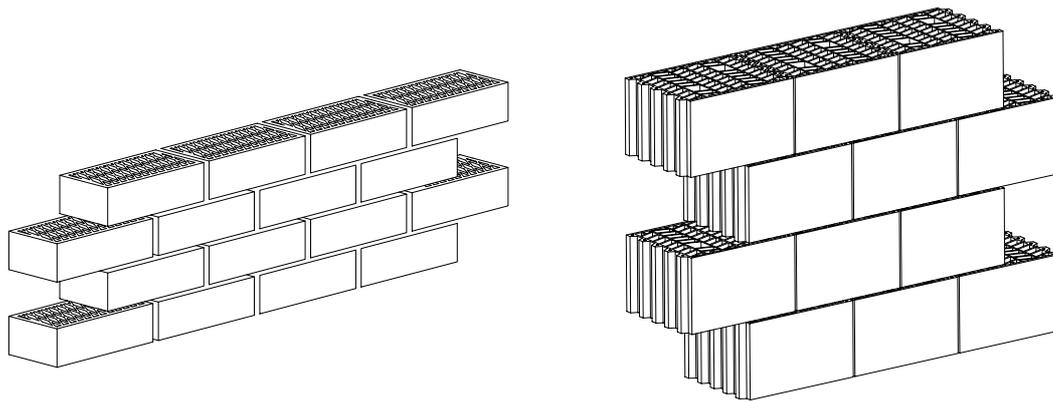


Figura 8.3 Ejemplos de aparejo con piezas de los grupos 2a y 2b

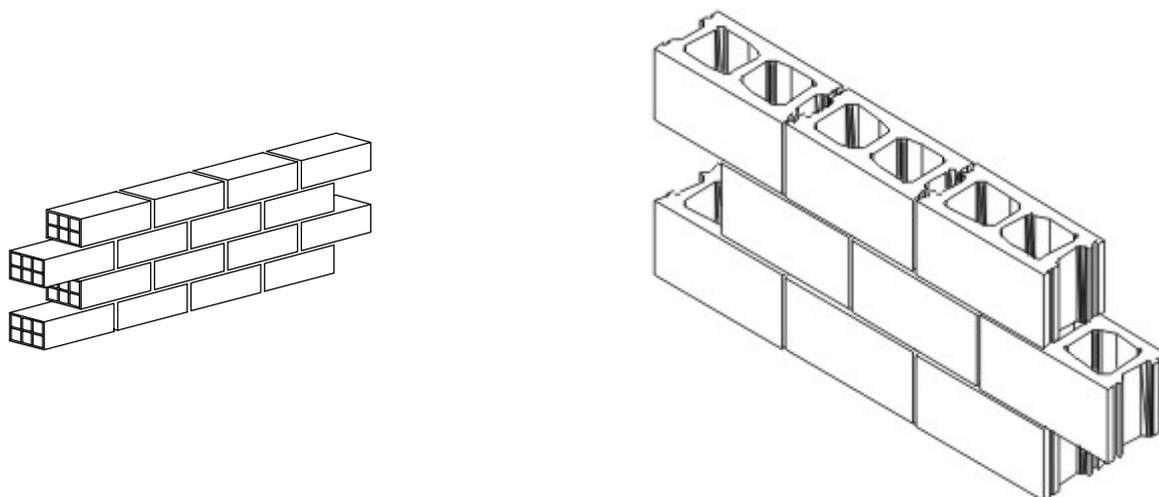


Figura 8.4 Ejemplos de aparejo con piezas del grupo 3

8.1.6 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 6.5.3 del presente DB y no menor que 100 mm.

8.2 Enlaces

8.2.1 Enlace entre muros y forjados

8.2.1.1 Generalidades

- 1 Cuando se admite que los muros están arriostrados por los forjados, se enlazarán a éstos de forma que puedan transmitir las acciones laterales a los elementos arriostrantes.
- 2 Las acciones laterales se transmitirán a los elementos arriostrantes o a través de la propia estructura de los forjados (monolíticos) o mediante vigas perimetrales capaces de absorber los momentos y cortantes resultantes.
- 3 Las acciones laterales se pueden transmitir mediante conexiones específicas (entre muros y forjados) o por rozamiento.
- 4 Cuando un forjado carga sobre un muro, la longitud de apoyo será la estructuralmente necesaria pero nunca menor de 65 mm (teniendo en cuenta las tolerancias de fabricación y de montaje).

- 5 Los muros se trabarán y enlazarán de acuerdo con lo que se especifique, sobre todo si hay elementos que tienen que trabajar conjuntamente: muros capuchinos, muros doblados o muros careados.
- 6 Las llaves de muros capuchinos se dispondrán de modo que queden suficientemente recibidas en ambas hojas (se considerará satisfecha esta prescripción si se cumple la norma UNE-EN 845-1:2001), y su forma y disposición será tal que el agua no pueda pasar por las llaves de una hoja a otra.
- 7 Los muros de revestimiento se enlazarán a la estructura portante según las especificaciones.
- 8 La anchura eficaz de una junta de libre movimiento será suficiente para permitir el movimiento previsto y estará libre de materiales sólidos, pudiendo utilizarse un sellante elástico en la cara exterior.

8.2.1.2 Enlace por conectores

- 1 Cuando se empleen conectores, éstos serán capaces de transmitir las acciones laterales del muro a los elementos estructurales arriostrantes.
- 2 Cuando la sobrecarga en el muro es pequeña o nula (por ejemplo, en la unión de un muro medianero con la cubierta), es necesario asegurar especialmente que la unión entre los conectores y el muro es eficaz.
- 3 La separación de los elementos de conexión entre muros y forjados no será mayor que 2 m, excepto en edificios de más de cuatro plantas de altura en los que no será mayor que 1,25 m.

8.2.1.3 Enlace por rozamiento

- 1 Cuando los pisos, cubiertas o cadenas de hormigón apoyan directamente sobre un muro, el rozamiento permitirá la transmisión de las acciones laterales.
- 2 No son necesarios amarres si el apoyo de los forjados de hormigón se prolonga hasta el centro del muro o un mínimo de 65 mm, siempre que no sea un apoyo deslizante.

8.2.2 Enlace entre muros

8.2.2.1 Generalidades

- 1 Los muros de carga se enlazarán entre ellos de modo que puedan transmitirse las acciones verticales y laterales que se apliquen.
- 2 El enlace en las intersecciones de muros se realizará mediante:
 - a) traba de la fábrica (véase capítulo VIII); o
 - b) conectores o armadura con una resistencia equivalente a la del muro trabado.
- 3 Es recomendable que los muros que se vinculan se levanten simultáneamente.

8.2.2.2 Muros capuchinos

- 1 Las dos hojas de un muro capuchino se enlazarán eficazmente.
- 2 El número de llaves que vinculan las dos hojas de un muro capuchino no será menor que el necesario según el cálculo (apartado 6.5), atendiendo a la resistencia de las llaves que se van a colocar, ni menor que 2 llaves/m².

Si se emplean armaduras de tendel (véase Segunda parte de este DB) cada elemento de enlace se considerará como una llave.
- 3 Las llaves serán resistentes a la corrosión para el tipo de exposición que corresponda (véase el apartado 4.2).
- 4 Para enlazar ambas hojas se colocarán llaves en cada borde libre.
- 5 En las jambas las llaves se distribuirán uniformemente a lo largo de los bordes verticales del hueco.

- 6 Al elegir las llaves se considerará cualquier posible movimiento diferencial entre las hojas del muro, o entre una hoja y un marco.

8.2.2.3 Muros doblados

- 1 Las dos hojas de un muro doblado se enlazarán eficazmente mediante conectores capaces de transmitir las acciones laterales entre las dos hojas, con un área mínima de $300 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ de muro, con conectores de acero dispuestos uniformemente en número no menor que 2 conectores/ m^2 de muro.
- 2 Algunas formas de armaduras de tendel (véase Segunda parte de este DB) pueden también actuar como llaves entre las dos hojas de un muro doblado (véase la norma UNE EN 845-3:2001).
- 2 Los conectores serán resistentes a la corrosión para el tipo de exposición que corresponda al muro (véase apartado 4.2).
En la elección del conector se tendrá en cuenta posibles movimientos diferenciales entre las hojas.

8.2.3 Muros en contacto con el terreno

- 1 La fábrica en contacto con el terreno será tal que no se vea afectada desfavorablemente por las condiciones del terreno o bien estará adecuadamente protegida para ello.
- 2 Se tomarán medidas protectoras para las fábricas que puedan ser dañadas por efecto de la humedad en contacto con el terreno. Se aplicarán las prescripciones indicadas en la sección correspondiente del DB-HS.
- 3 Cuando sea previsible que el terreno contenga sustancias químicas agresivas para la fábrica, ésta se construirá con materiales resistentes a dichas sustancias o bien se protegerá de modo que quede aislada de las sustancias químicas agresivas.

9 Control de la ejecución

9.1 Rozas y rebajes

9.1.1 Generalidades

- 1 En muros de carga, para la ejecución de rozas y rebajes, se debe contar con la autorización expresa de la Dirección Facultativa de la obra, salvo detalle de los mismos en los planos del proyecto.
- 2 Se tendrá presente para la ejecución de rozas o rebajes:
 - a) El tipo de pieza del muro y por tanto la disposición de sus huecos, si existen.
 - b) La proximidad de huecos o aberturas en el paramento del muro.
 - c) La existencia de elementos estructurales asociados al muro, tales como dinteles, anclajes entre piezas o armaduras de refuerzo de cualquier tipo, debiendo en estos casos no producirse discontinuidades ni merma de resistencia de los mismos como resultado de ellos.
 - d) En muros de ejecución reciente, debe esperarse a que el mortero de unión entre piezas haya endurecido debidamente y a que se haya producido la correspondiente adherencia mortero – pieza.
 - e) En muros capuchinos, se sumará, a los efectos de los cuadros siguientes, las intervenciones efectuadas en cada una de las dos hojas de los mismos.

9.1.2 Rozas y rebajes verticales

- 1 La pérdida de resistencia a compresión, a flexión y/o a corte debida a rozas y rebajes verticales puede desprejiciarse si se mantienen las limitaciones de la tabla 9.1. Si se sobrepasan estas limitaciones, se debe justificar mediante cálculo.

Tabla 9.1 Dimensiones de rozas y rebajes verticales en la fábrica, admisibles sin cálculo

Espesor del muro (mm)	Tamaño de las rozas	
	Profundidad máx. (mm)	Ancho máx. (mm)
≤ 115	30	100
116-175	30	125
176-225	30	150
226-300	30	175
Más de 300	30	200

- (1) La profundidad máxima de una roza o rebajo incluirá la de cualquier perforación que se alcance al realizarla.
- (2) Las rozas 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 de un ancho de hasta 120 mm, si el espesor del muro es de 225 mm o más.
- (3) La separación horizontal entre rozas adyacentes o entre una roza y un rebaje o un hueco no será menor que 225 mm.
- (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.
- (5) La suma de los anchos de las rozas y rebajes verticales no será mayor que 0,13 veces la longitud del muro.

9.1.3 Rozas horizontales e inclinadas

- 1 Se evitarán las rozas horizontales e inclinadas. Cuando esto no sea posible, se realizarán dentro del octavo de la altura libre del muro, por encima y por debajo del forjado, y su profundidad total, incluyendo la de cualquier hueco por el que pase la roza, será menor que la mayor dimensión dada en la tabla 9.2. Si se sobrepasan estas limitaciones, se comprobará por cálculo la resistencia a compresión, a flexión y a corte.

Tabla 9.2 Dimensiones de rozas horizontales e inclinadas, admisibles sin cálculo

Espesor del muro (mm)	Profundidad máxima (mm)	
	Longitud >1 250mm	Longitud ≤ 1 250 mm
≤115	0	0

- 1 Cada remesa de arena que llegue a obra se descargará en una zona de suelo seco, convenientemente preparada para este fin, en la que pueda conservarse limpia.
- 2 Las arenas de distinto tipo se almacenarán por separado.
- 3 Se realizará una inspección ocular de características y, si se juzga preciso, se realizará una toma de muestras para la comprobación de características en laboratorio.
- 4 Se recomienda que la arena llegue a obra cumpliendo las características exigidas. La dirección facultativa puede autorizar que se reciba arena que no cumpla alguna condición, procediéndose a su corrección en obra por lavado, cribado o mezcla, si después de la corrección cumple todas las condiciones exigidas.

9.2.3 Cementos y cales

- 1 Durante el transporte y almacenaje se protegerán los aglomerantes frente al agua, la humedad y el aire.
- 2 La recepción de cementos se efectuará conforme a lo dispuesto en la Instrucción para la recepción de cementos.
- 3 Los distintos tipos de aglomerantes se almacenarán por separado.

9.2.4 Morteros secos preparados y hormigones preparados

- 1 En la recepción de las mezclas preparadas se comprobará que la dosificación y resistencia que figuran en el envase corresponden a las especificadas y definidas en el proyecto.
- 2 En la recepción y el almacenaje se estará a lo señalado para cementos y cales respectivamente.
- 3 Los morteros preparados y los secos se emplearán siguiendo las instrucciones del fabricante, que incluirán el tipo de amasadora, el tiempo de amasado y la cantidad de agua.
- 4 El mortero preparado, se empleará antes de que transcurra el plazo de uso previsto por el fabricante; si se ha evaporado agua, podrá añadirse ésta sólo durante el plazo de uso previsto por el fabricante.

9.3 Tolerancias en la fábrica

- 1 La fábrica se construirá aplomada y con los tendeles horizontales nivelados a menos que el la dirección facultativa especifique otra cosa.
- 2 Las tolerancias consideradas en este DB son:
 - a) para el desplome: 20 mm en la altura de cada piso, y 50 mm en la altura total del edificio [véase figura 9.1.a)],
 - b) para la axialidad: 20 mm, distancia horizontal máxima entre los ejes de los muros superior e inferior [véase figura 9.1b)],
 - c) para la planeidad: 5 mm por metro, con un máximo de 20 mm cada 10 m.

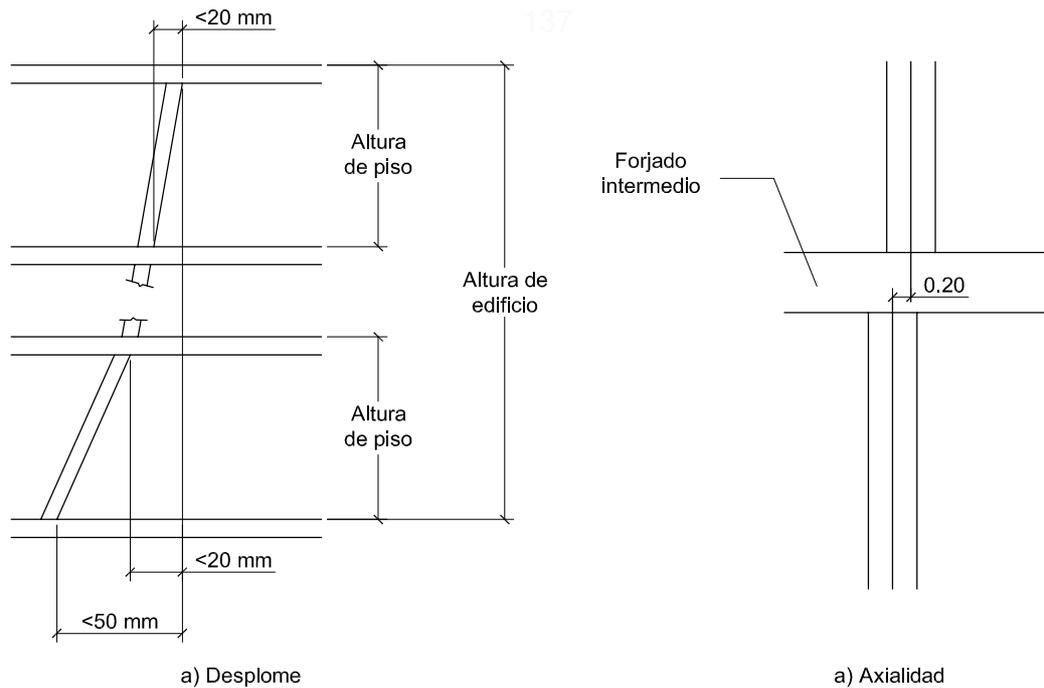


Figura 9.1. Tolerancias verticales

- 3 Cuando las especificaciones de proyecto no faciliten el valor de las tolerancias, se emplearán los valores de la tabla 9.3. Las tolerancias de la tabla 9.3 han sido tenidas en cuenta en las fórmulas de cálculo.

Tabla 9.3 Tolerancias para elementos de fábrica

Posición	Tolerancia, en mm
Desplome:	
En la altura del piso	+20
En la altura total del edificio	+50
Axialidad	-20
Planeidad: ⁽¹⁾	
En 1 metro	+5
En 10 metros	+20
Espesor:	
De la hoja del muro ⁽²⁾	El mayor valor entre ± 25 mm o +5% del espesor de la hoja
Del muro capuchino completo	+10

⁽¹⁾ La planeidad se mide a partir de una línea recta que une dos puntos cualesquiera del elemento de fábrica.

⁽²⁾ Excluyendo el caso en que el espesor de la hoja está directamente vinculada a las tolerancias de fabricación de las piezas (en fábricas a soga o a tizón).

9.4 Ejecución de morteros y hormigones de relleno

- 1 Para la ejecución de la dosificación y el amasado de los diferentes tipos de mortero se dispondrá de un cono de Abrams y se determinará la consistencia periódicamente para asegurar si se mantiene entre los límites establecidos.
- 2 Los componentes del mortero y del hormigón de relleno se medirán en las proporciones especificadas con instrumentos de medida apropiados y limpios.
- 3 Los componentes se mezclarán con amasadora mecánica apropiada hasta obtener una masa uniforme. Se admite la mezcla manual únicamente en proyectos con categoría de ejecución C (véase 5.3). El mortero no se ensuciará durante su manipulación posterior.

- 4 El mortero y el hormigón de relleno se emplearán antes de iniciarse el fraguado. El mortero u hormigón que haya iniciado el fraguado se desechará y no se reutilizará.
Al dosificar los componentes del hormigón de relleno se considerará la absorción de las piezas de la fábrica y de las juntas de mortero, que pueden reducir su contenido de agua.
- 5 El hormigón tendrá docilidad suficiente para rellenar completamente los huecos en que se vierta y sin segregación.
- 6 Cuando se empleen aditivos, se añadirán de acuerdo con los requisitos especificados.
- 7 Al mortero no se le añadirán aglomerantes, áridos, aditivos ni agua después de su amasado.
- 8 Cuando así lo requiera la categoría de la ejecución (véase apartado 5.3.2), se tomarán probetas del mortero y se ensayarán según la norma UNE EN 1015-11:2000 para la determinación de su resistencia.
- 9 Cuando así lo requiera la categoría de la ejecución (véase 5.3.2), se tomarán probetas del hormigón y se ensayarán según la Instrucción EHE para la determinación de su resistencia.

9.4.1 Protección de fábricas en ejecución y recién construidas

- 1 Las fábricas recién construidas se protegerán contra daños físicos, (por ejemplo, colisiones), y contra acciones climáticas.
- 2 La coronación de los muros se cubrirá para impedir el lavado del mortero de las juntas por efecto de la lluvia y evitar eflorescencias, desconchados por caliches y daños en los materiales higroscópicos.
- 3 Se impedirá el secado rápido de la fábrica de reciente construcción. Se tomarán precauciones para mantener la humedad de la fábrica hasta que tenga la resistencia adecuada, especialmente en condiciones desfavorables, tales como baja humedad relativa, altas temperaturas o fuertes corrientes de aire.
- 4 Se tomarán precauciones para evitar daños a la fábrica recién construida por efecto de las heladas.
- 5 No se cargará la fábrica hasta que haya alcanzado la resistencia precisa para soportar la carga sin dañarse.
- 6 Si fuese necesario, aquellos muros que queden temporalmente sin arriostrar durante la construcción pero que puedan estar sometidos a ciertas cargas de viento o de ejecución, se les acodalará provisionalmente, para mantener su estabilidad.

10 Seguridad en la construcción de fábricas

10.1 Altura de la construcción

- 1 Se limitará la altura de la fábrica que se ejecute en un día para evitar inestabilidades e incidentes mientras el mortero está fresco. Para determinar el límite adecuado se tendrán en consideración los siguientes aspectos: el espesor del muro; el tipo de mortero; la forma y densidad de las piezas; el grado de exposición al viento.

11 Inspección, protección y mantenimiento

- 1 El edificio debe someterse a las inspecciones reglamentarias y a aquellas que se establezcan en el plan de mantenimiento del edificio. Estas inspecciones tienen por objeto detectar deterioros en la fábrica que alteren el estado de la misma, respecto a la construida de acuerdo con las indicaciones recogidas en este DB.
- 2 Con el resultado de la inspección se procederá a la evaluación de la misma, indicando la importancia de las alteraciones encontradas, tanto desde el punto de vista de la Seguridad Estructural, como de la Aptitud de Servicio y en ambos casos actuando con el mismo rigor.
- 3 Las alteraciones que producen pérdida de durabilidad y, en general aquellas que afectan a la Aptitud de Servicio, tienen una gran importancia y exigen la adecuada intervención para restituir la fábrica a su estado original y evitar que degeneren en alteraciones que afectan a la Seguridad Estructural. Éstas últimas requerirán su reparación inmediata y urgente.
- 4 Tras la evaluación de la inspección se determinará el procedimiento de intervención a seguir. Si se considera necesario se realizará un análisis estructural de la fábrica y, si así se establece, se realizará la toma de muestras y los ensayos o pruebas de carga que sean precisos, así como los cálculos oportunos. Para la evaluación del resultado de los mismos se adoptarán los criterios recogidos en este DB.
- 5 Si el resultado de la evaluación es el de intervenir en la fábrica, realizando las reparaciones o refuerzos necesarios, los criterios a seguir serán los recogidos en este DB y, así mismo, la evaluación del estado final de la fábrica, después de la intervención, se realizará de acuerdo con los mismos.
- 6 En el proyecto se debe prever el acceso necesario para realizar las citadas inspecciones técnicas a aquellas zonas que el propio proyecto considere más expuesto al deterioro, tanto por agentes exteriores, como por el propio uso del edificio (zonas húmedas), y en función de la adecuación de la solución proyectada (cámaras ventiladas, barreras antihumedad, barreras anticondensación).
- 7 Debe condicionarse el uso de materiales restringidos, según el capítulo 4 de este DB, al proyecto de medios de protección con expresión explícita del programa de conservación y mantenimiento correspondiente.

12 Fábricas sustentantes y sustentadas. interacción y compatibilidad de deformaciones entre fábrica y estructura

- 1 La fábrica sustentante es aquella que tiene carácter resistente y conforma, total o parcialmente, la estructura de edificio.
- 2 La fábrica sustentada es aquella que está soportada por la estructura del edificio, quedando su carácter resistente restringido a soportar las acciones que actúan localmente sobre ella y transmitir las a dicha estructura.
- 3 La fábrica sustentada debe enlazarse con la estructura de forma que se apoye en ella de modo adecuado y coherente con las condiciones de sustentación previstas, idealizadas en los cálculos mediante las correspondientes condiciones de vinculación del contorno fábrica-estructura. Dichas condiciones de vinculación determinan, junto con la rigidez y demás características mecánicas de la estructura y de la propia fábrica, la interacción fábrica-estructura. De la correcta representación en el modelo utilizado para el análisis, cálculo y dimensionado de la realidad a construir, así como de la ejecución rigurosamente correcta con las disposiciones del proyecto, depende que no se produzcan efectos imprevistos, que alteren el comportamiento de la fábrica en situaciones de servicio, o la seguridad en los Estados Límite Últimos, respecto a aquellos previstos en este DB. En concreto:
 - a) Las limitaciones establecidas a las deformaciones en servicio, protegen a la fábrica sustentada del efecto que en ella introduce la deformación de la estructura que la soporta.
 - b) Dichas limitaciones no evitan el efecto que sobre una fábrica sustentada introduce la deformación de la estructura si, al producirse, ésta se apoya sobre aquella y hace que la fábrica actúe como sustentadora, ni, tampoco, el efecto que introducen las acciones térmicas y reológicas que actúan sobre la fábrica sustentada cuyos movimientos resultan coaccionados por la estructura, convirtiéndose la fábrica, de este modo, en sustentadora de dichas acciones.
 - c) Cuando el vínculo fábrica-estructura permita la interacción entre ambas, deben considerarse los esfuerzos que, por este motivo, se ocasionarán sobre la fábrica para proceder a su dimensionado y comprobación de acuerdo con este DB.

Anejo A. Terminología

- 1 Fábricas.
 - a) Fábrica: Conjunto trabado de piezas asentadas con mortero.
 - b) Fábrica armada: Fábrica en la que se colocan barras o mallas, generalmente de acero, embebidas en mortero u hormigón, de modo que todos los materiales trabajen en conjunto.
 - c) Fábrica pretensada: Fábrica en la que se han generado intencionalmente tensiones de compresión mediante tesado de tendones.
 - d) Fábrica confinada: Fábrica construida rígidamente rodeada en sus cuatro lados por pilares y vigas de hormigón armado o de fábrica armada (no proyectados para que trabajen como pórticos resistentes a flexión).
 - e) Aparejo de la fábrica: Disposición regular de las piezas trabadas para que trabajen conjuntamente.
- 2 Resistencias de la fábrica.
 - a) Resistencia característica de la fábrica: En una clase de resistencia, el valor correspondiente al fractil 5 % de todas las mediciones efectuadas de la fábrica.
El valor puede tomarse a partir de los resultados de ensayos específicos, o de la evaluación de los datos de ensayo, o de otros valores especificados.
 - b) Resistencia a compresión de la fábrica: Resistencia a compresión sin tener en cuenta los efectos de las coacciones de sustentación, esbeltez o excentricidad de cargas.
 - c) Resistencia a corte de la fábrica: Resistencia de la fábrica sometida a esfuerzo cortante.
 - d) Resistencia a flexión de la fábrica: Resistencia de la fábrica a flexión pura.
 - e) Resistencia del anclaje por adherencia: La resistencia de la adherencia por unidad de superficie entre la armadura y el hormigón o el mortero, cuando la armadura está sometida a esfuerzo de tracción o compresión.
- 3 Piezas de fábrica.
 - a) Pieza de fábrica: Componente conformado, para utilizarse en la construcción de fábricas.
 - b) Piezas del grupo 1, 2a, 2b y 3: Designación de las piezas de fábrica, según el porcentaje, tamaño y orientación de sus huecos.
 - c) Tabla: Cara superior o inferior de una pieza de fábrica colocada en posición.
 - d) Rebajo: Rehundido conformado durante la fabricación, en una o ambas tablas de la pieza.
 - e) Hueco: Vacío conformado en una pieza que puede o no atravesarla completamente.
 - f) Asa: Vacío conformado en una pieza para facilitar su manejo y permitir levantarla con las manos o con utillaje.
 - g) Tabiquillo: Material entre huecos de una pieza.
 - h) Pared: Material perimetral entre una cara de una pieza y un hueco.
 - i) Área bruta: Área de la sección de la pieza sin descontar el área de los huecos, asas y rebajes.
 - j) Resistencia a compresión de piezas de fábrica: Resistencia media a compresión de un número especificado de piezas.
 - k) Resistencia normalizada a compresión de piezas de fábrica: Resistencia a compresión de las piezas de fábrica por asimilación a la resistencia a compresión de una pieza equivalente secada al aire, de 100 mm de ancho X 100 mm de alto.
 - l) Resistencia característica a compresión de piezas de fábrica: Resistencia a compresión correspondiente al fractil 5 % de la resistencia a compresión de un número especificado de piezas de fábrica.

4 Morteros.

- a) Mortero: Mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, y, si se prescriben, adiciones y aditivos.
- b) Mortero ordinario: Mortero para juntas de espesor mayor de 3 mm, y en cuya elaboración se utilizan sólo áridos ordinarios.
- c) Mortero de junta delgada: Mortero por dosificación para juntas de espesor entre 1 mm y 3 mm.
- d) Mortero ligero: Mortero por dosificación cuya densidad en desecado sea inferior a 1 500 kg/m³.
- e) Mortero por resistencia: Mortero elaborado de modo que en los ensayos cumpla las propiedades establecidas.
- f) Mortero por dosificación: Mortero elaborado con una dosificación establecida, cuyas propiedades se admiten ligadas a ella.
- g) Mortero preparado: Mortero dosificado y amasado en factoría, y servido en obra.
- h) Mortero seco: Constituyentes secos del mortero con la dosificación y condiciones exigidas mezclados en factoría, que se amasan en obra.
- i) Mortero de obra: Cuyos componentes se dosifican y se amasan en obra.
- j) Resistencia a compresión del mortero: Resistencia media a compresión de un número especificado de probetas de mortero ensayadas tras 28 días de curado.

5 Hormigón de relleno.

- a) Hormigón de relleno: Hormigón con la consistencia y el tamaño del árido adecuados para rellenar cámaras o huecos de la fábrica.

6 Armaduras.

- a) Acero para armar: Acero para armaduras de uso en fábricas.
- b) Armadura de tendel: Armadura de acero prefabricada para su colocación en los tendeles.
- c) Acero para pretensar: Acero para alambres, barras, torzales, cordones o cables, de uso en fábricas.

7 Componentes auxiliares.

- a) Barrera antihumedad: Lámina impermeabilizante, piezas de fábrica u otro material que se coloca en las fábricas para impedir el paso del agua.
- b) Llave: Dispositivo que enlaza una hoja de un muro capuchino con la otra a través de la cámara, o con un entramado, o con un muro de trasdós.
- c) Amarre: Dispositivo que enlaza elementos de fábrica con otros elementos contiguos, como suelos y cubiertas.

8 Juntas.

- a) Tendel: Junta de mortero entre las tablas de las piezas de fábrica.
- b) Llaga: Junta de mortero perpendicular al tendel y a la cara del muro.
- c) Sutura: Junta de mortero vertical en el espesor del muro, paralela a su cara.
- d) Junta fina: Junta de mortero fino, con espesor máximo de 3 mm.
- e) Junta de movimiento: Junta que permite el libre movimiento en el plano del muro.
- f) Llagueado: Proceso de acabado de la junta de mortero durante la construcción.
- g) Rejuntado: Proceso de rascado, rellenado y acabado de la junta de mortero.

9 Tipo de muros.

- a) Muro de carga: Muro con área en planta mayor que 0,04 m², o de pieza única del grupo 2a, 2b o 3 de área mayor que 0,04 m², proyectado para soportar otras cargas además de su peso propio.

- b) Muro de una hoja: Muro sin cámara ni sutura continua.
 - c) Muro capuchino: Muro compuesto por dos muros de una hoja paralelos, eficazmente enlazados por llaves o armaduras de tendel, con una o ambas hojas soportando cargas verticales. La cámara entre las hojas puede rellenarse total o parcialmente con aislante térmico no resistente.
 - d) Muro doblado: Muro compuesto por dos hojas paralelas con sutura continua (no mayor que 25 mm), enlazadas entre sí con llaves o armaduras de tendel, de modo que trabajen solidariamente.
 - e) Muro relleno: Muro compuesto por dos hojas paralelas, separadas al menos 50 mm, enlazadas con llaves o armaduras de tendel, con la cámara rellena de hormigón, de modo que trabajen solidariamente.
 - f) Muro careado: Muro con piezas de cara vista trabadas con piezas de trasdós, de modo que trabajen solidariamente.
 - g) Muro de tendel hueco: Muro en el que las piezas se asientan en los bordes exteriores de sus tablas, con tendeles huecos de dos bandas de mortero ordinario.
 - h) Muro de revestimiento: Muro que reviste exteriormente sin traba a otro muro, o a un entramado y no contribuye a su resistencia.
 - i) Muro transverso: Muro que soporta acciones horizontales en su plano.
 - j) Muro arriostrante: Muro transverso perpendicular a otro muro para arriostrarlo contra acciones laterales o pandeo y estabilizador del edificio.
 - k) Muro sin carga: Muro no resistente cuya eliminación no perjudica la integridad del resto de la estructura.
- 10 Varios.
- a) Roza: Acanaladura abierta en la fábrica.
 - b) Rebaje: Rehundido aparejado en una cara del muro.
 - c) Gacha: Mezcla fluida de cemento, agua y arena para rellenar pequeños vacíos.
 - d) A hueso: sin juntas.

Anejo B. Notación y unidades

B.1 Notación

B.1.1 Símbolos independientes del material:

A	acción accidental,
A_d	valor de cálculo de una acción accidental,
A_k	valor característico de una acción accidental,
C_d	valor nominal, o función, de ciertas propiedades de cálculo de los materiales,
E	efecto de la acción,
E_d	valor de cálculo del efecto de una acción,
$E_{d,dst}$	valor de cálculo del efecto de una acción desestabilizante,
$E_{d,stb}$	valor de cálculo del efecto de una acción estabilizante,
F	acción,
F_d	valor de cálculo de una acción,
F_k	valor característico de una acción,
G	acción permanente,
G_d	valor de cálculo de una acción permanente,
$G_{d,inf}$	valor inferior de cálculo de una acción permanente,
$G_{d,sup}$	valor superior de cálculo de una acción permanente,
G_k	valor característico de una acción permanente,
$G_{k,inf}$	valor característico inferior de una acción permanente,
$G_{k,sup}$	valor característico superior de una acción permanente,
P	acción de pretensado,
Q	acción variable,
Q_d	valor de cálculo de una acción variable,
Q_k	valor característico de una acción variable,
R	resistencia,
R_d	valor de cálculo de una resistencia,
S_d	valor de cálculo de una sollicitación,
W_k	valor característico de una acción de viento,
X_d	valor de cálculo de una propiedad del material,
X_k	valor característico de una propiedad del material,
a_d	valor de cálculo de un dato geométrico,
a_{nom}	valor nominal de un dato geométrico,
Δa	elemento aditivo (o sustractivo) de seguridad para un dato geométrico,
γ_A	coeficiente parcial de seguridad para acciones accidentales;
γ_F	coeficiente parcial de seguridad para acciones,
γ_G	coeficiente parcial de seguridad para acciones permanentes,
$\gamma_{G,inf}$	coeficiente parcial de seguridad asociado a $G_{k,inf}$,
$\gamma_{G,sup}$	coeficiente parcial de seguridad asociado a $G_{k,sup}$,
γ_{GA}	coeficiente parcial de seguridad para acciones permanentes empleado en combinaciones, accidentales,
γ_M	coeficiente parcial de seguridad para propiedades de los materiales,
γ_P	coeficiente parcial de seguridad para acciones de pretensado,
γ_Q	coeficiente parcial de seguridad para acciones variables,
Y_i	factores de simultaneidad de las acciones variables ($i = 0, 1, 2$),

Y_0	factor de combinación de las acciones variables,
Y_1	factor de frecuencia de las acciones variables,
Y_2	factor de cuasipermanencia de las acciones variables,
ξ	factor de reducción para γ_G .

B.1.2 Símbolos dependientes del material empleado en las fábricas:

A	área de un muro,
A_1	factor numérico,
A_b	área de un apoyo,
A_{ef}	área eficaz de un muro,
a_1	distancia desde el final del muro al extremo más próximo de un apoyo,
b_c	distancia entre muros arriostrantes o contrafuertes,
b_s	distancia entre ejes de bandas de mortero en un muro de tendel hueco,
d	flecha de un arco con acción lateral,
E	módulo de elasticidad,
E_n	módulo de elasticidad de un elemento, (con $n = 1, 2, 3$ ó 4),
e	excentricidad,
e_a	excentricidad accidental,
e_{hm}	excentricidad a media altura de un muro, por acciones horizontales,
e_{hi}	excentricidad en la cima o en la base de un muro, por acciones horizontales,
e_i	excentricidad resultante en la cima o en la base de un muro,
e_k	excentricidad debida a la fluencia,
e_m	excentricidad debida a las cargas,
e_{mk}	excentricidad resultante en el quinto central de la altura del muro,
F	clase de resistencia a flexión,
F_t	resistencia característica a compresión o tracción de una llave de muro,
f	resistencia a compresión de la fábrica,
f_b	resistencia normalizada a compresión de una pieza de fábrica,
f_d	resistencia de cálculo a compresión de la fábrica,
f_k	resistencia característica a compresión de la fábrica,
f_m	resistencia media a compresión del mortero,
f_v	resistencia a corte de la fábrica,
f_{vd}	resistencia de cálculo a corte de la fábrica,
f_{vk}	resistencia característica a corte de la fábrica,
f_{vko}	resistencia característica a corte de fábrica con compresión nula,
f_x	resistencia a flexión de la fábrica,
f_{xd}	resistencia de cálculo a flexión de la fábrica,
f_{xk}	resistencia característica a flexión de la fábrica (también f_{xk1} y f_{xk2}),
G	módulo de elasticidad transversal,
g	ancho total de las bandas de mortero en el muro de tendel hueco,
H	altura del muro al nivel de una carga puntual,
h	altura libre de un muro (también h_1 y h_2),
h_{ef}	altura eficaz de un muro,
h_e	profundidad del firme,
h_{tot}	altura total de una estructura,
n	momento de inercia del área de un elemento (con $n = 1, 2, 3$ y 4),
K	constante relativa a la resistencia característica a compresión de la fábrica,
k	rateo de la rigidez de un forjado a la de un muro,

L	longitud de un muro entre apoyos o entre un apoyo y un borde libre,
L_{ef}	longitud eficaz de un muro,
l	luz libre de un vano (también l_3 Y l_4 Q),
l_c	longitud de un muro a compresión,
M	clase de mortero según su resistencia a compresión,
M_d	momento flector de cálculo,
M_i	momento flector en la cima (M_1) o en la base (M_2) de un muro, debido a la excentricidad de la carga,
M_m	momento flector en el quinto central de la altura de un muro,
N	carga vertical de cálculo por unidad de longitud,
N_i	carga vertical de cálculo en la cima (N_1) o en la base (N_2) de un muro,
N_m	carga vertical de cálculo en el quinto central de la altura de un muro,
N_{Rd}	carga vertical resistente de cálculo de un muro,
N_{sd}	carga vertical de cálculo en un muro,
n	factor de rigidez de un elemento,
P_s	carga impuesta a nivel del terreno, por unidad de área,
q_{lat}	resistencia lateral de cálculo por unidad de longitud de muro,
t	espesor de un muro o de una hoja (también t , Y t_2),
t_{ef}	espesor eficaz de un muro,
t_f	espesor de un ala,
u	factor numérico,
u_m	altura de una pieza de fábrica,
V_{rd}	esfuerzo cortante resistente de cálculo de la fábrica (también V_{Rd1}),
V_{sd}	esfuerzo cortante de cálculo,
W_{k1}	acción característica de viento por unidad de área,
W_{sd}	acción horizontal de cálculo sobre un muro, por unidad de área,
w	carga uniforme de cálculo, (también w_3 y w_4),
x	factor numérico,
Z	módulo resistente de una sección,
α	coeficiente de flexión,
γ_M	coeficiente parcial de seguridad para propiedades de los materiales,
δ	factor que considera la altura y el ancho de las piezas de fábrica,
ε	dilatación,
$\varepsilon_{c\infty}$	dilatación final por fluencia,
ε_{el}	dilatación elástica,
φ_{∞}	coeficiente final de fluencia,
λ	factor numérico,
μ	rateo ortogonal de resistencias a flexión,
ν	ángulo de inclinación,
ρ_e	densidad del terreno,
ρ_n	factor de reducción para muros arriostrados (siendo $n = 2, 3, \text{ ó } 4$),
σ	tensión normal,
σ_d	tensión de compresión vertical de cálculo,
σ_{dp}	tensión permanente vertical,
Φ	factor de reducción por esbeltez,
Φ_i	factor de reducción por esbeltez en la base de un muro,
Φ_m	factor de reducción por esbeltez en la altura media de un muro,
Φ_s	es el factor de reducción del grueso en la cima del muro.

B.1.3 Símbolos dependientes del material, para fábricas armadas:

A_m	área de una fábrica,
A_{mr}	área de una fábrica armada, incluyendo el hormigón de relleno,
A_s	área de una armadura de tracción,
A_{sw}	área de una armadura transversal,
a_v	distancia desde la cara de un pilar a la carga principal de una viga,
b	ancho de la sección,
b_c	ancho de la cara a compresión de un elemento a media distancia entre dos sustentaciones,
b_{ef}	ancho eficaz de un elemento con alas,
C	clase de hormigón según su resistencia a compresión,
d	canto eficaz de una sección,
E_s	módulo de elasticidad del acero para armar,
F_c	esfuerzo de compresión de cálculo por la flexión de un elemento,
F_s	esfuerzo de tracción de cálculo en el acero,
f_{bo}	resistencia de anclaje por adherencia de una armadura,
f_{bok}	resistencia característica de anclaje por adherencia de una armadura,
f_c	resistencia a compresión del hormigón de relleno,
f_{ck}	resistencia característica a compresión del hormigón de relleno,
f_{cv}	resistencia a corte del hormigón de relleno,
f_{cvk}	resistencia característica a corte del hormigón de relleno,
f_p	resistencia a tracción del acero de pretensar,
f_{tk}	resistencia característica a tracción del acero de armar,
f_y	límite elástico del acero de armar,
f_{yk}	límite elástico característico del acero de armar,
h_m	canto total de una sección,
l_b	longitud de anclaje de una armadura de acero,
l_{ef}	luz eficaz de un elemento,
M_{Rd}	momento flector resistente de cálculo,
S	clase de hormigón según su consistencia,
V_{Rd2}	esfuerzo cortante de cálculo de la armadura,
s	separación entre armaduras transversales,
x	profundidad de la zona comprimida de un elemento,
Z	brazo de palanca de un elemento de fábrica armada a flexión,
α	ángulo de la armadura transversal con el eje,
γ_s	coeficiente parcial de seguridad del acero,
ϵ_m	deformación unitaria en la fábrica,
ϵ_s	deformación unitaria en el acero para armar,
ϵ_{uk}	valor característico de la deformación unitaria en el acero para armar a la máxima tensión de tracción,
\emptyset	diámetro de la armadura.

B.2 Unidades

- 1 Se utiliza el Sistema Internacional de Unidades de Medida, SI.
- 2 Para los cálculos se recomienda el uso de las unidades siguientes:
 - fuerzas y cargas: kN, kN/m, kN/m²
 - masa: kg
 - longitud: m, mm

- tensiones: N/mm^2
- momentos: $\text{kN} \cdot \text{m}$

3 A efectos prácticos se podrá considerar la siguiente correspondencia entre las unidades de fuerza de los sistemas MKS y SI: 1 kilopondio [1 kp] = 10 Newton [10 N]

Anejo C. Metodo simplificado para calcular la excentricidad de aplicación del esfuerzo normal

- 1 La excentricidad con que se aplica un esfuerzo normal sobre un muro puede deducirse a partir de los momentos flectores calculados a partir de una simplificación como la de "pórticos de sustitución" o mediante un "análisis nudo a nudo" (en hipótesis elástica y fábrica no fisurada).
- 2 El momento M_1 de la barra 1 (figura C.1) puede calcularse con la ecuación (C.1) y el de la barra 2 se hará de modo análogo sustituyendo, en el numerador, $n_1 E_1 l_1/h_1$ por $n_2 E_2 l_2/h_2$.

$$M_1 = \frac{\frac{n_1 E_1 l_1}{h_1}}{\frac{n_1 E_1 l_1}{h_1} + \frac{n_2 E_2 l_2}{h_2} + \frac{n_3 E_3 l_3}{l_3} + \frac{n_4 E_4 l_4}{l_4}} \left[\frac{w_3 l_3^2}{12} - \frac{w_4 l_4^2}{12} \right] \quad (C.1)$$

siendo

n_j es el factor de rigidez de la barra j , (con $j = 1, 2, 3$ ó 4). Tiene valor 4 para una barra con continuidad en ambos extremos y valor 3 en otros casos;

E_j es el módulo de elasticidad de la barra j , (con $j = 1, 2, 3$ ó 4);

Generalmente podrá tomarse $E_j = 1\ 000\ f_k$ para las barras de fábrica.

I_j es el momento de inercia de la sección de la barra j , con $j = 1, 2, 3$ ó 4 (en un muro capuchino con una hoja portante, se tomará el I_j de esta hoja),

h_1 es la altura libre de la barra 1,

h_2 es la altura libre de la barra 2,

l_3 es la luz libre de la barra 3,

l_4 es la luz libre de la barra 4,

w_3 es la carga uniforme de cálculo en la barra 3, con los coeficientes parciales de seguridad del apartado 3.3.2,

w_4 es la carga uniforme de cálculo en la barra 4, con los coeficientes parciales de seguridad del apartado 3.3.2,

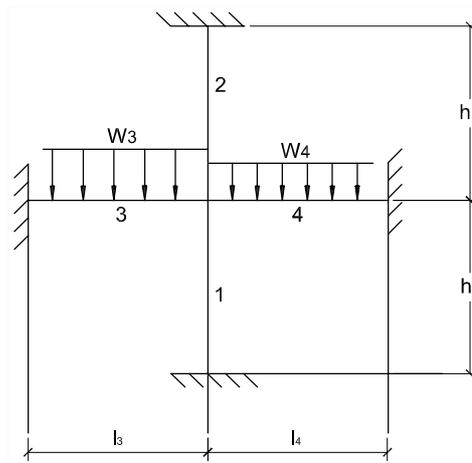


Figura C.1 Análisis de un nudo

- 3 El resultado de este cálculo es conservador ya que la continuidad entre forjado y muro no es perfecta. Se admite reducir la excentricidad a flexión obtenida según C.1, multiplicándola por $(1 - k/4)$, si la tensión vertical de cálculo en el espesor del muro es mayor que $0,25\ \text{N/mm}^2$.

donde:

$$k = \frac{\frac{E_3 I_3}{I_3} + \frac{E_4 I_4}{I_4}}{\frac{E_1 I_1}{h_1} + \frac{E_2 I_2}{h_2}} \leq 2 \quad (\text{C.2})$$

- 4 Si la excentricidad calculada según el párrafo anterior es mayor que 0,4 del espesor del muro, o la tensión vertical de cálculo no es mayor que $0,25 \text{ N/mm}^2$ (suele presentarse en los nudos superiores) el cálculo puede realizarse a partir de la excentricidad que corresponde al espesor eficaz estrictamente necesario para equilibrar el esfuerzo normal de cálculo mediante la resistencia de cálculo del material (véase figura C.2), no mayor que 0,2 del espesor del muro.

Si se calcula la excentricidad según el párrafo anterior pueden aparecer giros que provoquen fisuras en el lado opuesto al de aplicación de la carga.

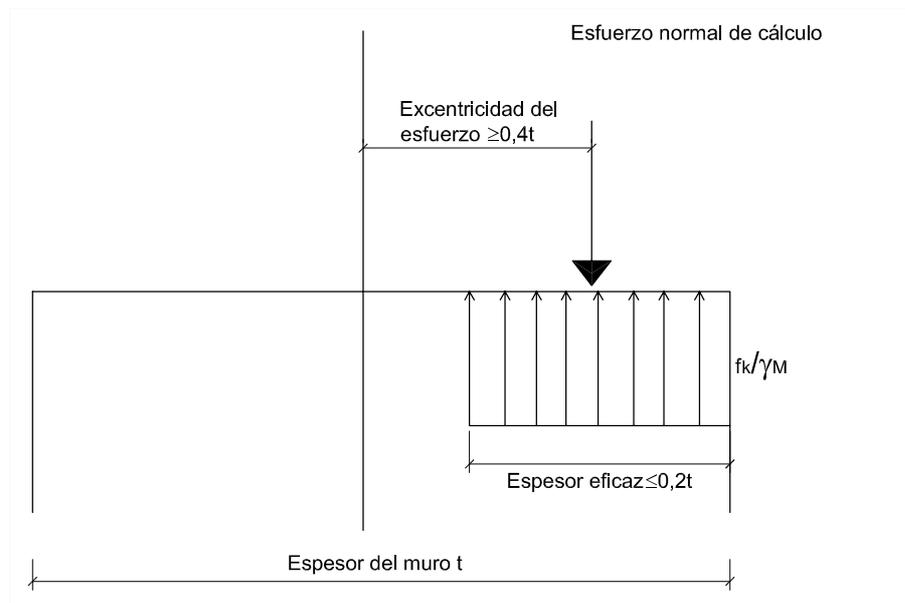


Figura C.2 Excentricidad del esfuerzo normal de cálculo

Anejo D. Gráfica del factor de incremento ξ para cargas concentradas

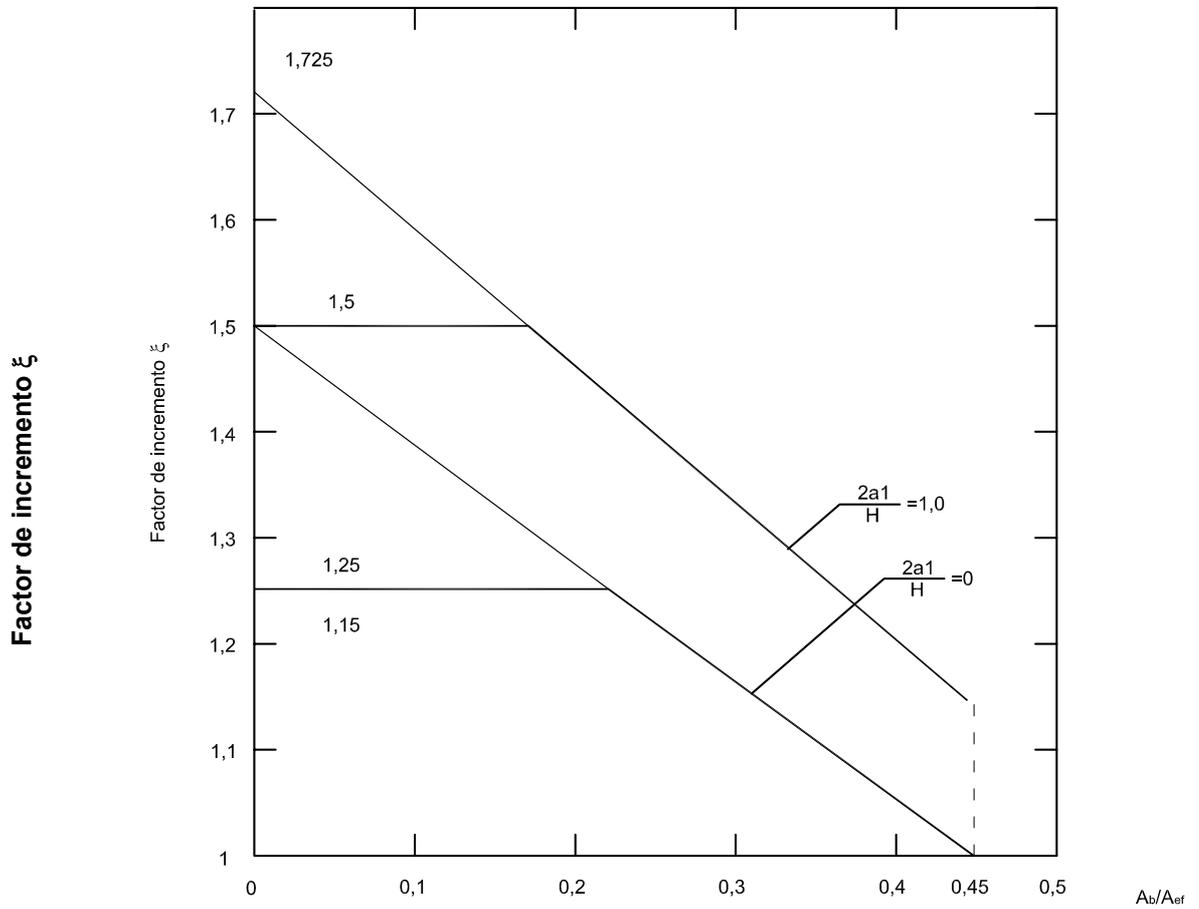


Figura D.1 Factor de incremento ξ en función de la relación entre el área cargada y el área eficaz

Anejo E. Valores de la resistencia característica a la compresión de la fábrica, f_k , en función de la resistencia de las piezas, f_b , de la resistencia del mortero, f_m , y de las características de la fábrica (K)

Tabla E.1 Tabla de valores de la resistencia característica de fábricas f_k (N/mm²)

f_b	f_m	f_k						
		K=0,70	K=0,60	K=0,55	K=0,50	K=0,45	K=0,40	K=0,30
10	5	4,7	4	3,7	3,3	3	2,7	2
	7,5	5,2	4,4	4,1	3,7	3,3	2,3	2,2
15	7,5	6,7	5,7	5,3	4,8	4,3	3,9	2,9
	10	7,2	6,2	5,7	5,2	4,7	4,1	3,1
20	10	8,7	7,5	6,9	6,2	5,6	5	3,7
	15	10	8,3	7,6	6,9	6,2	5,5	4,1
25	15	11,2	9,6	8,8	8	7,2	6,4	4,8
	20	12	10,3	9,4	8,6	7,7	6,9	5,1

- 1 Los distintos valores de K (definidos en el punto 5.3.4.2 de la primera parte de este DB) corresponden a las soluciones constructivas siguientes (se han elegido las mas habituales):

K=0,70, para fábricas realizadas con piezas del grupo uno 1 (ladrillo macizo) tomadas a junta delgada.

K=0,60, para fábricas realizadas con piezas del grupo 1, de una sola hoja, tomadas con un mortero convencional y para fábricas de piezas del grupo 2a tomadas a junta delgada y para fábricas de bloques con tendeles huecos si

$$bs/t \leq 0,5$$

donde: bs es la distancia entre los ejes de las bandas de mortero y t es el espesor de la pared.

K=0,55, para fábricas construidas con piezas del grupo 2a (por ejemplo: ladrillos perforados), de una sola hoja, tomadas con mortero convencional.

K= 0,50, para fábricas realizadas con piezas del grupo 2b (por ejemplo bloques de arcilla aligerada), de una sola hoja y tomadas mortero convencional; y para piezas del grupo 1 cuando hay discontinuidades en el grueso (muros doblados) o para fábricas de piezas del grupo 2b, tomadas a junta delgada y para fábricas de bloques con tendeles huecos si $bs/t \leq 0,6$

K= 0,45 para fábricas con piezas del grupo 2a, cuando existen discontinuidades en el grueso (por ejemplo: muros doblados) y juntas de mortero convencional.

K=0,40 para fábricas realizadas con piezas del grupo 3 (ladrillos huecos), de una sola hoja y mortero convencional o para fábricas con discontinuidades verticales en su grueso y piezas del grupo 2b y para fábricas de bloques con tendeles huecos si $bs/t \leq 0,7$

K =0,30 para fábricas de bloques con discontinuidades en el grueso (muros doblados) o con fisuras en los tabiquillos interiores y para fábricas de bloques con tendeles huecos si $bs/t \leq 0,8$.

- 2 Tabla específica para fábricas de piezas del grupo 1, silicocalcáreas o de hormigón celular curado en autoclave, con mortero de junta delgada.

f_b	10	15	20	25
f_k	5,7	8,0	10,21	12,34

Segunda parte.

Fábricas armadas pretensadas y confinadas.

1 Generalidades y objetivos

- 1 El déficit de resistencia a la tracción, al corte y a la flexión que presentan las fábricas convencionales consideradas en la parte primera limitan su utilización. Para aumentar su ámbito de aplicación pueden incorporarse armaduras en los tendeles de las propias fábricas y/o incorporar elementos de hormigón armado.
- 2 Las fábricas de elementos exclusivamente pétreos presentan poca ductilidad para ser usadas en zonas de sismicidad media/alta dado que por falta de resistencia a la flexión se agotan rápidamente bajo esfuerzos laterales de viento. Por lo mismo, frecuentemente tienen problemas de inestabilidad y suelen presentar una resistencia insuficiente frente a esfuerzos locales de mayor intensidad. Por ello, a menudo, es necesario aumentar la resistencia local a la compresión mejorando el confinamiento lateral que ofrecen los tendeles de mortero. Cuando haya que usar la fábrica como vigas pared para salvar vanos de cierta importancia y, siempre en zonas sísmicas, se debe mejorar su ductilidad mediante la introducción de elementos susceptibles de presentar deformaciones amplias antes del colapso, como armaduras o elementos de hormigón armado en las fábricas.
- 3 En esta segunda parte del DB -SE-F, se complementan las prescripciones de la parte primera al efecto de extender su uso a las fábricas armadas, pretensadas y confinadas. El contenido de la primera parte también es de aplicación a estas fábricas.
- 4 La introducción de armaduras de acero en las fábricas exige considerar la durabilidad de las mismas, ya que se convierten en el factor determinante de la durabilidad de la fábrica en su conjunto. Por ello deben cumplirse rigurosamente las especificaciones de este DB al respecto. De no ser así, las fábricas armadas, pretensadas y confinadas pueden resultar menos durables que las fábricas sin armaduras.
- 5 Es de aplicación el capítulo 1 de la primera parte de este DB con los siguientes puntos complementarios a los allí indicados:
 - a) Para hormigones y aceros será de aplicación la instrucción de hormigón estructural EHE.
 - b) (Complemento al 1.2 primera parte): En todo caso el pliego de prescripciones técnicas particulares establecerá específicamente los siguientes datos relativos a los materiales que habrán de utilizarse en obra:
 - i) Tipo, resistencia y características de los aceros para armaduras pasivas y, en su caso, activas.
 - ii) Tipo y características de vainas, anclajes, materiales auxiliares de postesado, productos para la inyección y productos para la protección de las armaduras activas.
 - iii) Tipo y características de tratamientos de protección de las armaduras pasivas, cuando son necesarios.

2 Bases de cálculo

- 1 Es de aplicación el capítulo 3 de la primera parte de este DB con los siguientes puntos complementarios a los allí indicados:
 - a) Elección de los materiales:
 - i) En las fábricas armadas y pretensadas, en la elección de los aceros, se tendrá en cuenta lo que establece para ellos la Instrucción de Hormigón Estructural EHE, sobre durabilidad (armaduras autoprotegidas) y ductilidad.
 - ii) Para fábricas armadas o pretensadas, el mortero ordinario para las mismas no será inferior a M5.
 - iii) En las fábricas confinadas, los elementos de hormigón armado deben ser conformes con las exigencias de la Instrucción EHE.
 - b) Acciones. La acción del pretensado se tratará de acuerdo con la Instrucción EHE.

3 Durabilidad

- 1 Es de aplicación el capítulo 4 de la primera parte complementado como sigue:

3.1 Elementos de hormigón armado

- 1 Los elementos de hormigón armado, constituidos por armaduras de acero al carbono sin protección alojadas en el interior del hormigón, cumplirán las especificaciones de la Instrucción EHE, tanto en la cantidad mínima de cemento por m³ de hormigón y en el valor máximo de la relación agua/cemento, como en los recubrimientos de las armaduras y demás aspectos relacionados con la durabilidad.
- 2 Cuando el recubrimiento de la armadura tenga que ser menor que el especificado por la Instrucción EHE, las armaduras de acero al carbono deben protegerse mediante galvanizado fuerte o protección equivalente, y siempre se respetará un recubrimiento mínimo de 15 mm. Cuando la clase de exposición sea designada por III, IV, Q, con cualquier subíndice y en todos los casos, se empleara acero inoxidable austenítico o equivalente y se respetará el recubrimiento mínimo indicado.
- 3 El galvanizado fuerte tendrá capa de 900 g/m² de cinc. Una protección equivalente es: capa de cinc de 60 g/m² y capa de epoxi de espesor mínimo de 80 μm y espesor medio de 100 μm.
- 4 Un equivalente al acero inoxidable austenítico macizo, a efectos de protección, puede obtenerse revistiendo el acero al carbono con, al menos, 1 mm de acero inoxidable austenítico.
- 5 Los tratamientos de protección se realizarán después de conformadas las barras cuidando de que no se deterioren a lo largo del proceso de ejecución posterior.

3.2 Armadura de tendel

- 1 Las armaduras dispuestas en los tendeles cumplirán las especificaciones siguientes:
- 2 Para la clase de exposición designada por I, pueden utilizarse armaduras de acero al carbono sin protección. Para las clases IIa y IIb, deben utilizarse armaduras de acero al carbono protegidas mediante galvanizado fuerte o protección equivalente (véase apartado 3.1 de esta segunda parte), salvo que la fábrica este terminada mediante un enfoscado de sus caras expuestas, el mortero de la fábrica sea no inferior a M5 y el recubrimiento lateral mínimo de la armadura no sea inferior a 30 mm, en cuyo caso podrán utilizarse armaduras de acero al carbono sin protección. Y para las clases III, IV, H, F y Q, con todos los subíndices y en todos los casos, las armaduras serán de acero inoxidable austenítico o equivalente (véase apartado 3.1 de esta segunda parte).
- 3 En cualquier caso:

- a) el espesor mínimo del recubrimiento de mortero, tomado desde la armadura hasta la cara de la fábrica, sea de 15 mm, según la figura 3.1,
- b) el recubrimiento de mortero, por encima y por debajo de la armadura de tendel, no sea menor que 2 mm, como se indica en la figura 3.1, incluso para los morteros de junta delgada, resultando un espesor mínimo de junta armada delgada mayor de 4 mm,
- c) la armadura se dispondrá de modo que se garantice la constancia del recubrimiento.

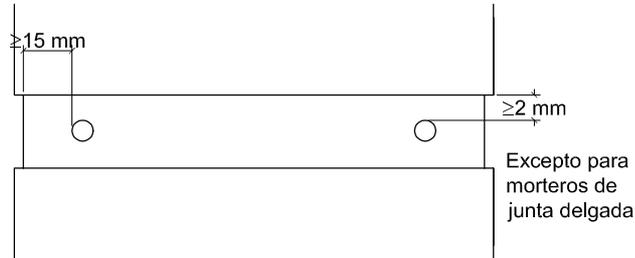


Figura 3.1 Recubrimientos de las armaduras de tendel

- 4 Los extremos cortados de toda barra que constituya una armadura, excepto las de acero inoxidable, tendrán el recubrimiento que le corresponda en cada caso o la protección equivalente.
- 5 En el caso de cámaras rellenas o aparejos distintos de los habituales, el recubrimiento mínimo de la armadura será de 20 mm y no menor que el diámetro de la barra que constituye dicha armadura.
- 6 Para los tratamientos de protección: ver apartado 3.4.1 de esta segunda parte.

4 Materiales

- 1 Es de aplicación el capítulo 5 de la primera parte de este DB con las ampliaciones y precisiones siguientes.

4.1 Hormigón para el relleno de huecos

4.1.1 Generalidades

- 1 El hormigón empleado se ajustará a la Instrucción EHE.

4.1.2 Especificaciones

- 1 El hormigón tendrá una resistencia característica a compresión sobre probeta cilíndrica, no menor que 20 N/mm² y si incluye alguna armadura no menor que 25 N/mm².
- 2 El tamaño máximo del árido no será mayor que 10 mm cuando el hormigón rellene huecos de dimensión no menor que 50 mm, o cuando el recubrimiento de las armaduras esté entre 15 y 25 mm. No será mayor que 20 mm cuando el hormigón rellene huecos de dimensión no menor que 100 mm o cuando el recubrimiento de la armadura no sea menor que 25 mm. A menudo es conveniente utilizar aditivos (un fluidificante y un agente expansivo para asegurar que los huecos queden completamente llenos a pesar de la retracción del hormigón).

4.1.3 Propiedades

- 1 El hormigón de relleno se definirá a través de su resistencia característica a la compresión, f_{ck} , su consistencia, el tamaño máximo del árido y la designación del ambiente en el que tiene que permanecer.
- 2 La dosificación del hormigón, así como el resto de sus propiedades, cumplirá las especificaciones de la Instrucción EHE.
- 3 El hormigón de relleno empleado habitualmente en la fábrica armada se caracteriza, a efectos de cálculo, por los valores de f_{ck} (Resistencia característica a compresión) y de f_{cvk} (Resistencia característica a corte) asociado al anterior para la aplicación de este DB, de la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Valores de resistencia a la compresión y al corte del hormigón de relleno

f_{ck} (N/mm ²)	20	25
f_{cvk} (N/mm ²)	0,39	0,45

4.2 Armaduras pasivas

4.2.1 Acero para armar los rellenos de hormigón

- 1 Serán armaduras que cumplan los requisitos y demás especificaciones de la Instrucción EHE. Cuando la clase de acero, por ejemplo: Acero inoxidable, no este regulado en la Instrucción EHE, se considerarán conformes aquellos que cumplan con las normas EN 10080, EN 10088 y UNE EN 845-3:2001.
- 2 Los aceros adecuados para armaduras que deban garantizar un comportamiento de ductilidad elevada como los de estructuras en zonas sísmicas que así lo requieran, cumplirán las siguientes condiciones:

$$1,20 \leq f_s/f_y \leq 1,35 \quad (4.1)$$

$$\varepsilon_{\text{máx}} \geq 9 \% \quad (4.2)$$

siendo

f_s = Carga unitaria de rotura del acero.

f_y = Límite elástico del acero.

$\varepsilon_{\text{máx}}$ = Alargamiento unitario bajo la carga máxima.

- 3 Como valor medio del módulo de elasticidad del acero puede adoptarse el de 200 Kn/mm²

4.2.2 Aceros para armar fábricas (armaduras de tendel)

4.2.2.1 Generalidades

- 1 Se considerará que el acero de armar tiene una ductilidad adecuada, (alta o normal) cuando satisfaga los siguientes requisitos:

$$\text{Ductilidad alta: } \varepsilon_{uk} > 5\% ; f_s/f_y > 1,08 \quad (4.3)$$

$$\text{Ductilidad normal: } \varepsilon_{uk} > 2,5\% ; f_s/f_y > 1,05 \quad (4.4)$$

siendo

ε_{uk} es el valor característico del alargamiento unitario bajo carga máxima tensión de tracción,

f_s es la resistencia a tracción del acero,

f_y es el límite elástico del acero,

- 2 Los aceros de armar cuyos diámetros sean menores de 6 mm, incluyendo los empleados en forma de mallas y de armaduras de tendel, no se considerarán de ductilidad alta.
- 3 El acero de armar será acero al carbono o acero inoxidable austenítico. Es de aplicación el apartado anterior 4.2.1(1).

4.2.3 Durabilidad del acero

- 1 Para que el acero de las armaduras tenga la durabilidad requerida deben cumplirse las prescripciones de los apartados 3.4 y 6.2, en cuanto a los aspectos constructivos se refiere, de esta segunda parte.

4.3 Armaduras activas

4.3.1 Generalidades

- 1 Serán armaduras que cumplan los requisitos y especificaciones de la Instrucción EHE. Cuando la clase de acero no este regulada en la Instrucción EHE, se considerará aceptable, a efectos de este apartado, la norma EN 10138.
- 2 El galvanizado, o cualquier tipo de protección equivalente, debe ser compatible con las características del acero a proteger, no afectándolas desfavorablemente.

4.3.2 Durabilidad del acero de pretensar

Para que el acero de las armaduras tenga la durabilidad requerida, debe cumplirse con los apartados 3.4 y 6.2 de esta segunda parte, en cuanto a los aspectos constructivos se refiere.

4.4 Coeficientes parciales para la resistencia del hormigón

- 1 Para el hormigón de relleno se utilizará como valor de γ_c aquel que coincida con el valor γ_M correspondiente a las piezas de la fábrica situadas donde se emplea dicho relleno y definido en la tabla 5.3 de la primera parte de este DB.

4.5 Coeficientes parciales para la resistencia de las armaduras

- 1 Los coeficientes parciales de seguridad de las armaduras, en los estados límites últimos, se dan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Coeficientes parciales de seguridad de las propiedades de las armaduras (γ_M)

γ_M	Categoría de la ejecución (según apartado 5.3.2. de la primera parte)		
	A	B	C
Anclaje por adherencia del acero de armar.	1,7	2,2	
Acero (γ_s) (armadura activa y armadura pasiva)	1,15	1,15	

NOTA. Para el hormigón de relleno se tomará el γ_M , correspondiente a la categoría de control de fabricación de las piezas de fábrica situadas donde se emplea el relleno (véase tabla 5.3 de la primera parte del documento).

- 2 Bajo acciones accidentales y al efecto de comprobar la estabilidad de fábricas con niveles de ejecución de las categorías A, B y C, se tomará γ_M , igual a 1,2 1,5 y 1,8 respectivamente. Al efecto de determinar la resistencia a tracción, a compresión y adherencia de las llaves y amarres y para el anclaje por adherencia de las armaduras, se tomará γ_M , con los valores dados en la tabla 5.3 de la primera parte.
- 3 La fábrica armada no se realizará con una categoría de ejecución inferior a la B
- 4 La fábrica pretensada se realizara con categoría de ejecución A.

5 Fábricas armada, pretensada y confinada

5.1 Generalidades

- 1 Es de aplicación el capítulo 6 de la primera parte de este DB, con las ampliaciones y precisiones siguientes.

5.1.1 Resistencia

- 1 La resistencia de una fábrica armada, pretensada o confinada se determinará a partir de las propiedades mecánicas de la fábrica (piezas, mortero y/o hormigón de relleno) y de las armaduras con las que se asocia.
- 2 Cuando sea necesario, además de la resistencia de la fábrica expuesta en la primera parte de este DB, se considerarán:
 - a) La resistencia a compresión del hormigón de relleno, f_c .
 - b) La resistencia a corte del hormigón de relleno, f_{cv} .
 - c) Límite elástico a tracción y compresión del acero para armar, f_y .
 - d) La resistencia a tracción del acero para pretensar, f_p .
 - e) La resistencia de anclaje por adherencia de la armadura, f_{bo} .

5.1.2 Resistencia característica de anclaje por adherencia

- 1 Para armaduras confinadas, es decir, incluidas en secciones de hormigón de dimensiones no menores que 150 mm, o cuando el hormigón se halle confinado entre piezas, la resistencia característica de anclaje por adherencia, f_{bok} se obtendrá de la tabla 5.1 a).
- 2 Para armaduras poco confinadas, es decir, incluidas en mortero, o en secciones de hormigón con dimensiones menores que 150 mm, o cuando el hormigón no esté confinado entre piezas, la resistencia característica de anclaje por adherencia, f_{bok} para el cálculo se obtendrá de la tabla 5.1 b).
- 3 Para armaduras especiales, como las armaduras de tendel, la resistencia característica de anclaje por adherencia puede determinarse mediante ensayos (se podrá recurrir, para este asunto concreto, a la norma UNE EN 846-2:2001), o considerar únicamente la resistencia característica de anclaje por adherencia de las barras longitudinales.

Tabla 5.1 a). Resistencia característica de anclaje por adherencia de armaduras confinadas

Clase de hormigón	≥ H25
f_{bok} para barras lisas de acero (N/mm ²)	1,8
f_{bok} para barras corrugadas de acero al carbono o inoxidable (N/mm ²)	4,1

Tabla 5.1 b). Resistencia característica de anclaje por adherencia de armaduras poco confinadas

Clasificación	Mortero	M5-M9	M10-M14	M15-M19	M20
	Hormigón	—	—	—	≥ H25
f_{bok} para barras lisas de acero (N/mm ²)		0,7	1,2	1,4	1,5
f_{bok} para barras corrugadas de acero al carbono o inoxidable (N/mm ²)		1	1,5	2	2,5

5.2 Fábrica armada

5.2.1 Elementos de fábrica armada, en Estados Límites Últimos, bajo solicitaciones normales

5.2.1.1 Generalidades

- 1 Los parámetros de deformabilidad del hormigón de relleno se considerarán iguales a los de la fábrica.
- 2 La verificación de elementos de fábrica armada bajo solicitaciones normales de compresión o de flexión simple o compuesta, se fundamentará en las siguientes hipótesis:
 - a) La sección normal es plana antes y después de la deformación.
 - b) La armadura tiene la misma variación de deformación unitaria que la fábrica.
 - c) La resistencia a tracción de la fábrica es nula.
 - d) La máxima deformación a compresión de la fábrica depende del material.
 - e) La máxima deformación a tracción de la armadura depende del material.
 - f) El diagrama tensión-deformación de la fábrica puede ser parabólico, parabólico-rectangular o rectangular (véase apartado 5.3.4.5 de la primera parte).
 - g) El diagrama tensión-deformación de la armadura se representa en la figura 5.1.
 - h) En secciones sometidas únicamente a esfuerzos normales de compresión, la deformación unitaria se limita a $-0,002$ (véase figura 5.2 de la primera parte).
 - i) En secciones no totalmente comprimidas, la deformación unitaria límite a compresión se tomará igual a $-0,0035$ (véase figura 5.2 de la primera parte). En situaciones intermedias de compresión compuesta, 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 (véase figura 5.4).
- 3 Estas reglas de aplicación se refieren a flexión recta y esviada, e incluyen tanto muros como vigas.
- 4 El diagrama de cálculo a compresión para la fábrica o para el hormigón puede ser alguno de los que se representan en el apartado 5.3.4.5 de la primera parte, siendo $f_d = f_k/\gamma_M$, para la fábrica, en la dirección de la carga, y $f_d = f_{ck}/\gamma_M$ para el hormigón.
- 5 Cuando una zona comprimida incluya parte de fábrica y parte de hormigón, se tomará como resistencia de cálculo a compresión la del material menos resistente.

5.2.1.2 Luz eficaz de los elementos sometidos a flexión

- 1 La luz eficaz L_{ef} , de elementos apoyados o continuos, excluyendo las vigas de gran canto, será la menor de los siguientes valores (véase figura 5.2):
 - a) distancia entre ejes de apoyos,
 - b) luz libre entre apoyos más el canto útil, d .

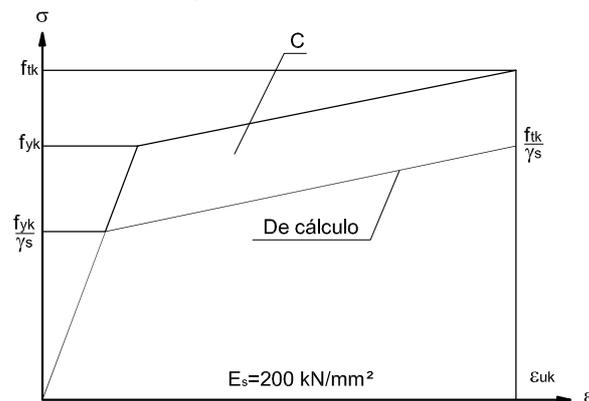


Figura 5.1 Diagramas de cálculo tensión/deformación del acero para armar (tracción y compresión)

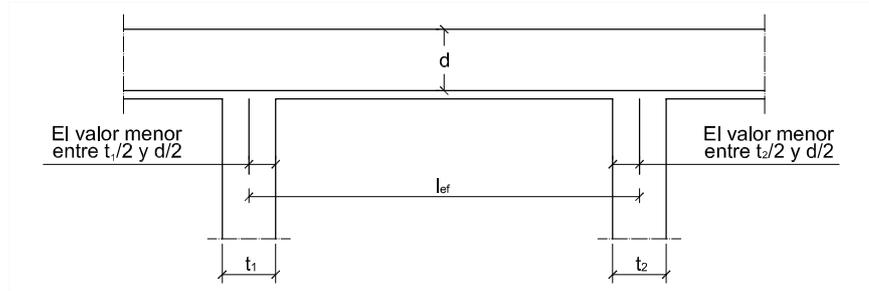


Figura 5.2 Luz eficaz de elementos apoyados o continuos

- 2 La luz eficaz, L_{ef} , de un voladizo será la menor de:
 - a) distancia entre el borde del voladizo y el eje del apoyo,
 - b) distancia entre el borde del voladizo y la cara del apoyo, más la mitad del canto útil, d .
- 3 La luz eficaz de las vigas de gran canto se determinará según el apartado 5.2.3.

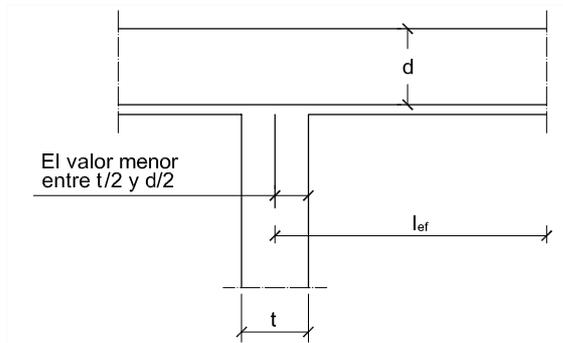


Figura 5.3 Luz eficaz de los voladizos

5.2.1.3 Limitaciones de la luz para elementos sometidos a flexión

- 1 La luz libre de un elemento de fábrica armada se limitará a los valores dados en la tabla 5.2.
- 2 Para asegurar la estabilidad lateral de elementos apoyados o continuos entre apoyos, la distancia libre entre estos no será mayor que:

$$60 b_c \text{ ni } \frac{250}{d} b_c^2 \tag{5.1}$$

siendo

d es el canto útil,

b_c es el 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:

$$25 b_c \text{ ni } \frac{100}{d} b_c^2 \tag{5.2}$$

siendo

b_c , es el ancho de la sección en el apoyo.

5.2.1.4 Esbeltez de elementos cargados verticalmente

- 1 La esbeltez de estos elementos se determinará a partir del apartado 6.5.2.7 de la primera parte.
- 2 La esbeltez no será mayor que 27.

Tabla 5.2 Limitaciones de la relación entre luz libre/ 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

⁽¹⁾ Se considera muro un elemento sometido a flexión compuesta esviada. Se considera viga la parte de un muro sometida a una flexión recta contenida en su plano.

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

5.2.1.5 Secciones con armaduras concentradas (en huecos o en nervios)

- 1 Cuando las armaduras no se distribuyan uniformemente se puede considerar que la zona donde se concentran actúa como el nervio de una sección en T o L de forma que el resto de muro actúa como sus alas. El espesor de estas alas t_f se considerará no mayor que $0,5 d$ (en donde d , es el canto útil de la sección). Se comprobará que la fábrica situada entre las armaduras pueda resistir los esfuerzos de flexión (si los hay).
- 2 El ancho eficaz del ala, b_{ef} , será el menor de los siguientes:
 - a) Para secciones en T:
 - i) ancho real del ala,
 - ii) ancho del hueco armado o del nervio más 12 veces el espesor del ala (t_f),
 - iii) un tercio de la altura del muro,
 - iv) la distancia entre huecos o nervios.
 - b) Para secciones en L:
 - i) ancho real del ala,
 - ii) ancho del hueco armado o del nervio más 6 veces el espesor del ala (t_f),
 - iii) un sexto de la altura del muro,
 - iv) a mitad de la distancia entre huecos o nervios.

5.2.1.6 Comprobación de elementos de fábrica armada

- 1 En un elemento de fábrica armada en estado límite último, la acción de cálculo, S_d , será menor o igual que la resistencia de cálculo del elemento, R_d :

$$S_d \leq R_d \quad (5.3)$$

- 2 El método de verificación se basará en los supuestos del apartado 5.2.1.1 de esta segunda parte. Los diagramas de deformaciones unitarias se muestran en la figura 5.4, con los haces de deformación pasando por los puntos A, B ó C. La deformación unitaria por tracción de la armadura ϵ_s , se limita a 0,01.

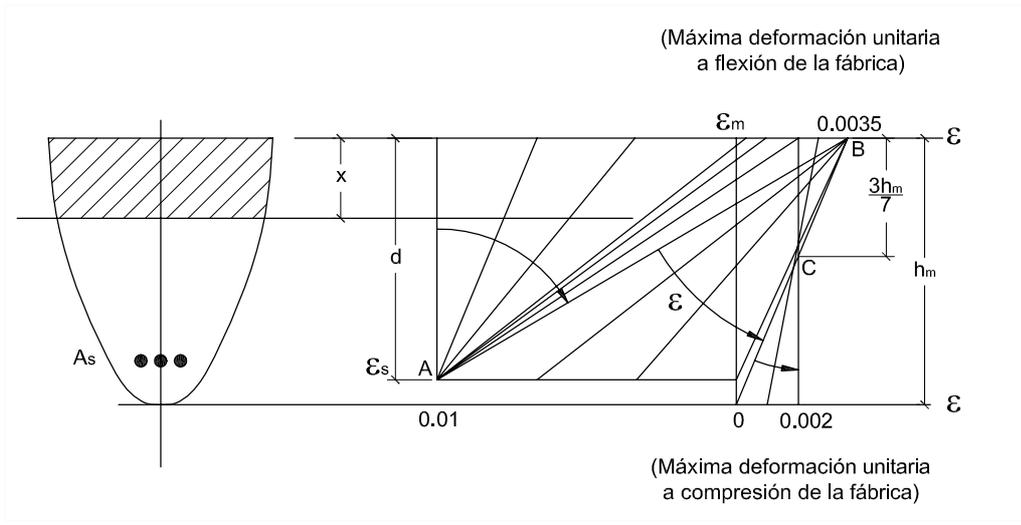


Figura 5.4 Diagramas de deformaciones unitarias en estado límite último

- 3 La distribución elástica lineal de esfuerzos puede modificarse (siempre considerando el equilibrio) si los elementos tienen suficiente ductilidad. La relación entre la profundidad de la línea neutra, x , y el canto útil, d , no será mayor que 0,4 en las zonas en las que no se haya producido redistribución de los momentos.
- 4 La redistribución de momentos en una viga continua se limitará al 15% si se emplea acero que cumpla las especificaciones de la Instrucción EHE. En ese caso, la relación entre el momento redistribuido y el momento inicial no será menor que:

$$0,44 + 1,25 \frac{x}{d} \tag{5.5}$$

siempre que la resistencia característica a compresión de la fábrica o del hormigón de relleno no sea mayor que 35 N/mm^2 .

- 5 Para calcular el momento flector resistente de una sección puede adoptarse como simplificación una distribución rectangular de tensiones, según la figura 5.5.

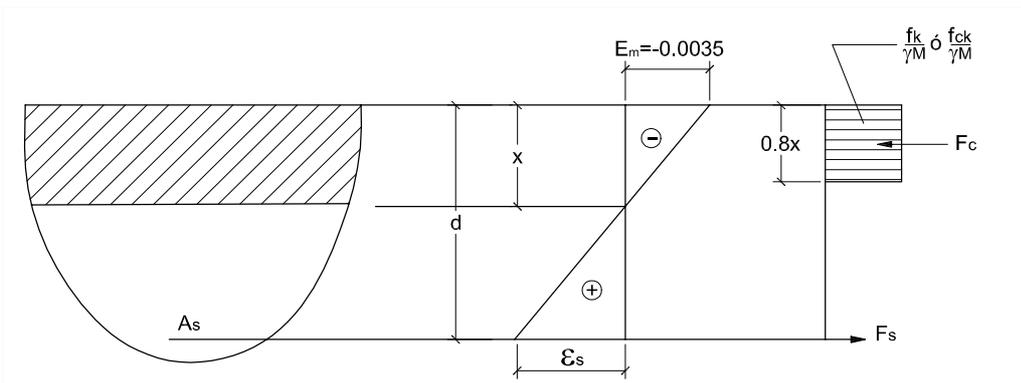


Figura 5.5 Diagrama rectangular simplificado de tensiones

- 6 En una sección rectangular con armadura que trabaja a flexión simple, el momento flector resistente de cálculo, M_{Rd} puede tomarse igual a:

$$M_{Rd} = \frac{A_s f_{yk} Z}{\gamma_s} \tag{5.6}$$

siendo

Z es el brazo mecánico, dado por:

$$Z = d \left[1 - 0,5 \frac{A_s f_{yk} \gamma_M}{b d f_k \gamma_s} \right] \leq 0,95 d \quad (5.7)$$

b es el ancho de la sección,

d es el canto útil de la sección,

A_s es el área de la armadura a tracción,

f_k es la resistencia característica a compresión de la fábrica, según el apartado 5.3.4.2 de la primera parte, o del hormigón de relleno, según el apartado 4.1.2 de esta segunda parte, tomando la menor de ambas,

f_{yk} es el límite elástico característico del acero, según el apartado 4.2.2 de esta segunda parte,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad de la fábrica o del hormigón de relleno (ya que se considera

$\gamma_c = \gamma_M$) según el apartado 5.3 de la primera parte,

γ_s es el coeficiente parcial de seguridad del acero, según la tabla 4.2.

Para muros de fábrica armada a flexión en voladizo, véase el anejo A de esta segunda parte.

- 7 El momento flector resistente de elementos con armaduras concentradas en nervios (véase el apartado 5.2.1.5) se obtendrá mediante la ecuación 5.6, y no será mayor que:

$$\frac{f_k}{\gamma_M} b_{ef} t_f (d - 0,5t_f) \quad (5.8)$$

siendo

t_f es el espesor del ala, según el apartado 5.2.1.5,

b_{ef} es el ancho eficaz del ala, según el apartado 5.2.1.5.

- 8 Cuando se concentran localmente las armaduras en una sección, pero ésta no pueda ser considerada como T o L (con alas), la anchura de la sección resistente no se tomará mayor que 3 veces el espesor de la fábrica (véase la figura 5.6).
- 9 Los elementos de fábrica armada con esbeltez mayor que 12, se calcularán con los criterios del apartado 6.5 de la primera parte, teniendo en cuenta los efectos de segundo orden. Para tal fin son aplicables, por analogía, los procedimientos y especificaciones de la Instrucción EHE, siendo de aplicación el método aproximado (Excentricidad ficticia adicional).

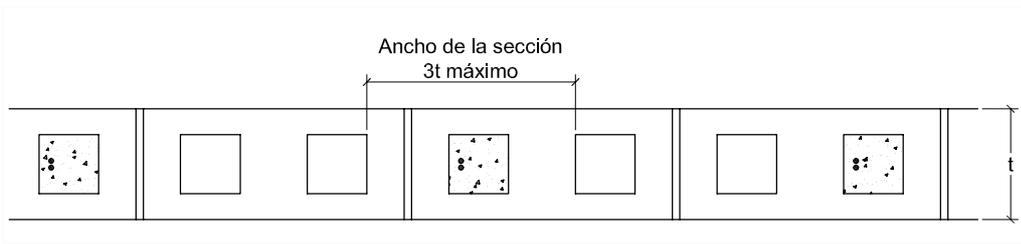


Figura 5.6 Ancho de las secciones con armaduras concentradas en huecos

- 10 Pueden calcularse solamente a flexión aquellas secciones cuyo esfuerzo normal no sea mayor que:

$$0,1 f_k A_m \quad (5.9)$$

siendo

A_m es el área de la sección de la fábrica.

5.2.2 Elementos de fábrica armada, en Estados Límites Últimos solicitados a cortante

5.2.2.1 Generalidades

- 1 Los muros transversales de fábrica armada se analizarán según el apartado 6.6.2 de la primera parte.
- 2 En estado límite último, el esfuerzo cortante de cálculo, V_{sd} , aplicado a un elemento de fábrica armada, será menor o igual que su resistencia de cálculo a corte, V_{Rd} :

$$V_{sd} \leq V_{Rd} \quad (5.10)$$

- 3 Para determinar el esfuerzo cortante de cálculo de un elemento sometido a una 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. Para considerar que el esfuerzo cortante máximo se produce a $d/2$ de la cara del apoyo, se cumplirá que:
 - a) Las acciones y las reacciones se pueden equilibrar mediante bielas a compresión a 45° y armadura de tracción.
 - b) En los apoyos extremos se anclará una armadura de tracción (la situada en la cara sobre la que descansa el elemento) que no será inferior a la necesaria a una distancia de $2,5 d$ de los apoyos.
 - c) En un apoyo intermedio, la armadura de tracción necesaria, situada en la cara del elemento que descansa sobre éste, se prolongará más allá del soporte como mínimo una longitud igual a la de anclaje más $2,5 d$.
- 4 La resistencia de cálculo a cortante, V_{Rd} , de un elemento de fábrica armada se calculará despreciando la contribución de la armadura transversal si no cumple la condición de sección mínima, del apartado 6.2.5 de esta segunda parte o bien, considerando dicha contribución si se cumple la condición indicada.

5.2.2.2 Comprobación de elementos sin armadura transversal

- 1 En los elementos en que no exista ó se desprecie la contribución de la armadura transversal, se comprobará que:

$$V_{sd} \leq V_{Rd1} \quad (5.11)$$

siendo

V_{Rd1} es la resistencia de cálculo a cortante de la sección sin armadura transversal, dada por:

$$V_{Rd1} = \frac{f_{vk} b d}{\gamma_M} \quad (5.12)$$

b es el ancho mínimo del elemento en el canto útil,

d es el canto útil del elemento,

f_{vk} es la resistencia característica a corte de la fábrica, según el apartado 5.3.4.3 de la primera parte, o del hormigón de relleno, según el apartado 4.1.3 de esta segunda parte, tomando la menor de ambos valores,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad de la fábrica o del hormigón de relleno, según la tabla 5.3 de la primera parte de este DB y el apartado 4.4 de esta segunda parte.

Para el cálculo de V_{Rd1} puede considerarse que la armadura longitudinal determina cierto incremento de la resistencia característica a cortante, f_{vk} (puede aplicarse por analogía, la Instrucción EHE, utilizando el valor más bajo de entre los correspondientes a la resistencia característica a compresión de la fábrica y del hormigón de relleno de f_k y f_{ck} respectivamente).

- 2 En tramos apoyados o en voladizo, cuya relación entre la "luz a cortante" y el canto útil sea menor que 2, el valor de f_{vk} empleado para calcular V_{Rd1} , puede multiplicarse por el factor:

$$\frac{2d}{a_v} \leq 4 \quad (5.13)$$

siendo

La “luz a cortante” es la relación entre el máximo momento flector de cálculo y el máximo esfuerzo cortante de cálculo,

d es el canto útil del elemento,

a_v es la distancia entre la sección en el apoyo y la acción aplicada. El esfuerzo cortante de cálculo se determinará a partir de f_{vk} , no mayor que $0,7 \text{ N/mm}^2$.

5.2.2.3 Comprobación de elementos con armadura transversal

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

$$V_{Sd} \leq V_{Rd1} + V_{Rd2} \quad (5.14)$$

Con V_{Rd1} según la ecuación 5.12 y V_{Rd2} dado por:

$$V_{Rd2} = 0,9d \frac{A_{sw}}{s} \frac{f_{yk}}{\gamma_s} (1 + \cot \alpha) \sin \alpha \quad (5.15)$$

siendo

d es el canto útil del elemento,

A_{sw} es el área de la armadura transversal,

s es la separación entre armaduras transversales,

α es el ángulo de la armadura transversal con el eje del elemento, entre 45° y 90° ,

f_{yk} es el límite elástico característico del acero, según el apartado 4.2.2 de esta segunda parte,

γ_s es el coeficiente parcial de seguridad del acero, según la tabla 4.2 de esta segunda parte.

- 2 Se comprobará también que:

$$V_{Rd1} + V_{Rd2} \leq \frac{0,30f_k b d}{\gamma_M} \quad (5.16)$$

siendo

b es el ancho mínimo del elemento en el canto útil,

d es el canto útil del elemento,

f_k es la resistencia característica a compresión de la fábrica, según el apartado 5.3.4.2 de la primera parte, o del hormigón de relleno, según el apartado 4.1.2 de esta segunda parte, tomando el menor de ambos,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad de la fábrica o del hormigón de relleno, según la tabla 5.3 de la primera parte de este DB y el apartado 4.4 de esta segunda parte.

5.2.3 Vigas de gran canto de fábrica armada con cargas verticales

5.2.3.1 Generalidades

- 1 Este apartado se refiere a muros, o partes de muros, que actúan como un dintel sobre un hueco sometidos a carga vertical y cuya relación entre la altura total del muro y la luz eficaz del hueco es igual o mayor que 0,5.

- 2 Estas vigas se calcularán aplicando los apartados 5.2.3.2 y 5.2.3.3, tomando:

a) Como luz eficaz, l_{ef} , el valor:

$$l_{ef} = 1,15 L \quad (5.17)$$

donde: L es la luz libre del hueco,

b) como brazo mecánico, z , el valor menor de los siguientes:

$$z = 0,7 l_{ef},$$

$$\text{ó } z = 0,4 h + 0,2 l_{ef}$$

donde: h es la altura libre del muro.

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

5.2.3.2 Comprobación de las vigas de gran canto con cargas verticales

- 1 En estado límite último, el momento de cálculo M_{sd} aplicado a una viga de fábrica armada de gran canto, será menor o igual que el momento flector resistente de cálculo de la viga, M_{Rd} .

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (5.18)$$

- 2 En el cálculo se considerarán todas las cargas que se aplican en la parte adintelada del muro, a menos que puedan transmitirse hacia otros elementos, gracias al efecto de los forjados superiores comportándose como tirantes. El método de cálculo que se propone no permite considerar cargas aplicadas dentro del canto útil de la viga.
- 3 Para determinar la armadura necesaria, se considerará la viga de gran canto como biapoyada, según la figura 5.7.
- 4 La armadura inferior de la viga de gran canto será no menor que:

$$A_s = \frac{M_{Rd} \gamma_s}{f_{yk} z} \quad (5.19)$$

siendo

M_{Rd} es el momento flector resistente de cálculo,

f_{yk} es el límite elástico característico de la armadura, según el apartado 4.2,

γ_s es el coeficiente parcial de seguridad del acero, según la tabla 4.2 de esta segunda parte,

z es el brazo mecánico, según el apartado 5.2.3.1 de esta segunda parte.

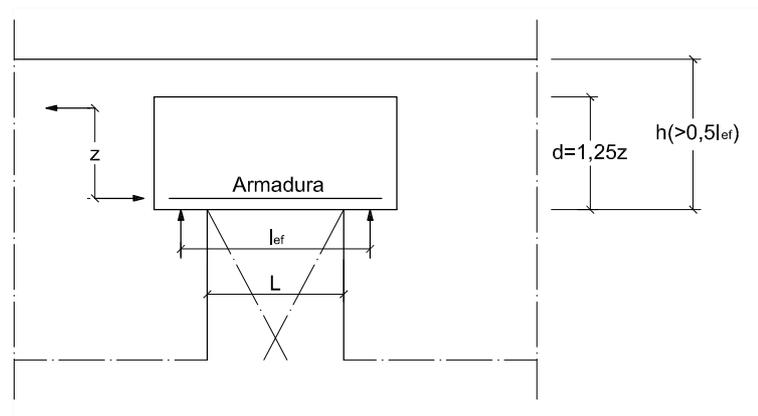


Figura 5.7 Viga de gran canto

- 5 Además de la armadura principal, se colocarán armaduras en los tendeles, para evitar la fisuración, en una altura igual a la menor de $0,5 l_{ef}$ o $0,5 d$, contada desde la cara inferior de la viga.
- 6 La armadura será continua (o se solapará correctamente) en toda la luz eficaz l_{ef} , y se prolongará con la correspondiente longitud de anclaje, según el apartado 6.2.5 de esta segunda parte.
- 7 El momento flector resistente de cálculo, M_{Rd} , no será mayor que:

$$\frac{0,4f_kbd^2}{\gamma_M} \quad (5.20)$$

siendo

b es el ancho de la viga,

d es el canto útil de la viga, que puede tomarse igual a 1,25 z,

z es el brazo mecánico de la viga,

f_k es la resistencia característica a compresión, la menor entre la de la fábrica en la dirección de la acción, y la del hormigón de relleno ver apartado 5.3.4.2 de la primera parte y apartado 4.1.2 de esta segunda parte,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad de la fábrica o del hormigón de relleno, según la tabla 5.3 de la primera parte de este DB y el apartado 4.4 de esta segunda parte.

5.2.3.3 Comprobación de las vigas de gran canto con cargas transversales

- 1 En estado límite último, no es necesaria la armadura transversal si la resistencia de cálculo a corte de la viga de gran canto de fábrica armada, V_{Rd1} , es mayor o igual que el esfuerzo cortante de cálculo, V_{Sd} :

$$V_{Sd} \leq V_{Rd1} \quad (5.21)$$

siendo

V_{Sd} es el esfuerzo cortante de cálculo en el borde del apoyo,

V_{Rd1} según el apartado 5.2.2, tomando como canto útil del elemento, el valor $d = 1,25 z$.

5.2.3.4 Dinteles compuestos

- 1 Si se emplean dinteles prefabricados de hormigón armado o pretensado para trabajar conjuntamente con la fábrica, y su rigidez es pequeña comparada con la de muro superior, se podrán aplicar los criterios de los apartados 5.2.3.2 y 5.2.3.3, siempre que se justifique que la longitud de entrega en cada extremo del dintel prefabricado es suficiente, y ésta no sea menor que 100 mm (véase la figura 5.8).

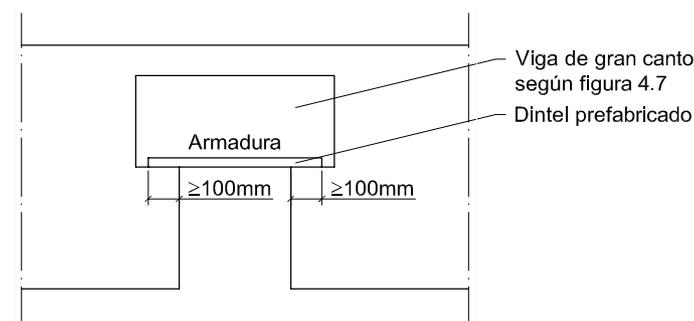


Figura 5.8 Viga de gran canto con dintel compuesto

5.2.4 Elementos de fábrica armada en Estados Límite de Servicio. Comprobación del estado límite de utilización

5.2.4.1 Generalidades

- 1 En los apartados siguientes se exponen los criterios de control de la deformación y de control de la fisuración de la fábrica armada que resultan aceptables para realizar las comprobaciones indicadas bajo las acciones de servicio.

5.2.4.2 Deformación

- 1 Si el dimensionado de los elementos de fábrica armada cumple con las limitaciones del apartado 5.2.1.3 de esta segunda parte, se admite que la deformación (la lateral de un muro y la vertical de una viga) es aceptable.
- 2 En otros casos debe explicitarse el cálculo de las deformaciones previstas, que deben cumplir las limitaciones siguientes:
 - a) Valores límites de servicio de las flechas verticales: Los establecidos en el DB SE.
 - i) Verificación de servicio, relacionada con el funcionamiento del edificio y la integridad de los elementos soportados:
 - flecha activa máxima de cualquier elemento o conjunto de elementos debida a la combinación pésima de las acciones de servicio:
 - L/300 Elementos que no soportan tabiques ni pavimentos rígidos
 - L/400 Elementos que soporta tabiques ordinarios, o pavimentos rígidos con juntas
 - L/500 Elementos que soportan tabiques rígidos (como los de gran formato, rasillones, o placas), o pavimentos rígidos sin juntas.
 - L/250 flecha total máxima, después de restar el valor de la contraflecha de construcción, de cualquier elemento cuya función resistente en el plano vertical es principal.
 - flecha total máxima, después de restar el valor de la contraflecha de construcción, de cualquier elemento cuya deformación vertical no afecte a ningún elemento soportado, porque su función resistente en el plano vertical es secundaria: L/150.
 - flecha activa máxima de cualquier elemento que soporte a otro que tenga carácter estructural (como pilares, dinteles, o muros):
 - Aquella que sea admisible por la estructura soportada, sobre la que dicha flecha induce un efecto similar a un descenso de apoyo, y no mayor que: L/1000 en el caso de que soporte una estructura de fábrica.
 - Los valores de las flechas corresponden a la suma de todas las deformaciones, tanto de carácter instantáneo, como diferido (En función del tipo de material que constituya la estructura), que presente el elemento estructural, debidas a la combinación de acciones considerada.
 - Las limitaciones indicadas son de aplicación a un conjunto de elementos estructurales cuando el funcionamiento del edificio y la integridad de los elementos soportados dependa del mismo.
 - Cuando existan elementos soportados que no descansen completamente sobre una viga o un forjado, las limitaciones indicadas de flecha se aplicarán considerando que a la flecha de la viga se suma la flecha del forjado (conjunto de elementos estructurales), de modo que la integridad del elemento soportado se relacione con la flecha del conjunto que realmente le afecte.
 - ii) Verificación de servicio, relacionada con el funcionamiento del edificio y el confort de los usuarios:

flecha máxima de cualquier elemento o conjunto de elementos debida a la suma de las sobrecargas variables que forman parte de la combinación frecuente de acciones: L/350.
 - iii) Todas las flechas, a los efectos de este apartado, se miden desde el punto del elemento, o conjunto de elementos, a comprobar, que descienda menos, o no descienda, debido a la combinación de acciones considerada.
 - b) Valores límites de servicio de las flechas horizontales.

Cuando no se cumplen las limitaciones del apartado 5.2.1.3, se debe comprobar la fábrica mediante un cálculo en segundo orden, o bien considerando dichas deformaciones horizontales como excentricidades iniciales de las acciones verticales concomitantes.

Los límites de las flechas horizontales, por condiciones de servicio, son los indicados en el DB-SE, considerando el efecto de la deformación horizontal en el funcionamiento del edificio, la integridad de los elementos afectados y el confort de los usuarios. El cumplimiento de estos límites no exime de realizar las comprobaciones, en Estados Límites Últimos, a que se refiere el párrafo anterior.

5.2.4.3 Fisuración

- 1 Solamente cuando los elementos de fábrica armada a flexión, sean muros con acciones laterales o vigas de fábrica armada, que cumplan con las limitaciones dimensionales del apartado 5.2.1.3 y con los detalles del capítulo 5 de esta segunda parte de este DB, tendrán una fisuración, en estado límite de utilización, controlada y aceptable.

5.3 Fábrica pretensada

5.3.1 Generalidades

- 1 La verificación de los elementos de fábrica pretensada se fundamentará en la consideración de los Estados Límites de Servicio (utilización) y Últimos, ateniéndose a los requisitos de proyecto y las propiedades de los materiales especificadas en este DB.
- 2 Los siguientes criterios se aplicarán únicamente a elementos pretensados en una dirección.

5.3.2 Elementos de fábrica pretensada en Estados Límites de Servicio (utilización)

5.3.2.1 Generalidades

- 1 Los elementos de fábrica pretensada en estado límite de servicio, no presentarán fisuración por flexión ni deformaciones excesivas. En ningún caso, se producirá rotura a compresión de la fábrica.

5.3.2.2 Cálculo en estados límites de servicio

- 1 Para el análisis en servicio se considerará que ya ha sido transferido el pretensado, una vez producidas las pérdidas de tensión.
- 2 El coeficiente parcial de seguridad para acciones de pretensado, después de las pérdidas, será igual a 0,90 si la armadura es postesa y el efecto de la acción es favorable, igual a 0,95 si la armadura es pretesa y el efecto de la acción es favorable, será igual a 1,10 si la armadura es postesa y el efecto de la acción es desfavorable e igual a 1,05 si la armadura es pretesa y el efecto de la acción es desfavorable.
- 3 Para evitar daños se limitarán las tensiones de compresión y de tracción de la fábrica así como el esfuerzo inicial de pretensado.
- 4 En estados límites de utilización, el análisis de los elementos de fábrica pretensada se basará en las siguientes hipótesis:
 - a) En la fábrica, la sección recta se mantiene plana antes y después de la deformación.
 - b) La tensión es proporcional a la deformación unitaria.
 - c) No se permitirán tracciones en la fábrica para evitar su fisuración y para asegurar la durabilidad del acero pretensado.
 - d) Tras las pérdidas, el esfuerzo de pretensado es constante.

- e) Si el dimensionado de los elementos de fábrica pretensada cumple con las limitaciones del apartado 5.2.1.3 de esta segunda parte, se admite que la deformación (Deformación lateral de un muro y deformación vertical de una viga) es aceptable, siempre que se compruebe que el pretensado no produce mayores deformaciones que las acciones de servicio y que su efecto es, como es lógico, contrario al de éstas. También son de aplicación a esta fábrica las limitaciones, en situaciones de servicio, relativas a las flechas verticales y horizontales indicadas en el apartado 5.2.4.2 de esta segunda parte, así como las comprobaciones, allí indicadas, a realizar cuando no se cumple con el apartado 5.2.1.3 de esta segunda parte.
- 5 También son de aplicación a estas fábricas, por analogía, las especificaciones de la Instrucción EHE.

5.3.3 Elementos de fábrica pretensada en Estados Límites Últimos

5.3.3.1 Generalidades

- 1 Son de aplicación, por analogía, las especificaciones de la Instrucción EHE, considerando, en cada caso las características más desfavorables de entre aquellas que presentan los materiales que conforman la fábrica.

5.3.3.2 Cálculo en estado límite último

- 1 En estado límite último, los coeficientes parciales de seguridad de los materiales serán los de la tabla 5.3 de la primera parte de este DB y los de la 4.2 de esta segunda parte.
- 2 El coeficiente parcial de seguridad para acciones de pretensado, después de las pérdidas será igual a 1,00.
- 3 Los elementos de fábrica pretensada a flexión se calcularán admitiendo las siguientes hipótesis:
- en la fábrica, la sección se mantiene plana, antes y después de la deformación,
 - la distribución de tensiones en la zona de compresión es uniforme y no mayor que f_k/γ_M ,
 - la deformación unitaria de compresión en la fábrica está limitada a 0,0035,
 - se desprecia la resistencia a tracción en la fábrica,
 - los tendones y las armaduras adherentes están sometidos a las mismas variaciones de deformación unitaria que la fábrica adyacente,
 - las tensiones en los tendones o en las armaduras adherentes se obtienen del correspondiente diagrama tensión-deformación,
 - se limitan las tensiones en los tendones no adherentes de elementos postesados a una fracción admisible de su resistencia característica,
 - cuando se determine el canto útil de los tendones no adherentes se tendrá en cuenta la posibilidad de que haya desplazamientos.
- 4 En los elementos de sección rectangular maciza, sometidos a acciones verticales contenidas en su plano, puede emplearse el procedimiento de cálculo del apartado 6.5 de la primera parte. En el caso de sección rectangular hueca, se atenderá a sus propiedades geométricas específicas. El pretensado de un elemento se limitará a tenor de su esbeltez y de su capacidad resistente frente a un esfuerzo normal.
- 5 La comprobación en Estado Límite Último de anclajes, desviadores y puntos singulares, sometidos a los efectos locales del pretensado, se realizará aplicando a cada uno de los tendones un esfuerzo equivalente a la fuerza característica última del mismo.

5.3.3.3 Otros aspectos del cálculo

5.3.3.3.1 Tensión inicial máxima de pretensado y tensión resistente

- 1 El esfuerzo inicial de pretensado se limitará a una fracción del esfuerzo característico último del tendón, para asegurar que no se produzca el fallo en éste.
- 2 A efecto de evitar fallos locales, se considerarán tanto las tensiones de compresión como las transversales de tracción. Las tensiones locales se limitarán según la acción de pretensado actúe paralela o perpendicularmente a los tendeles. En el cálculo de los anclajes se considerará la existencia de tensiones transversales de tracción.
- 3 Las tensiones de tracción deben ser resistidas por la fábrica armada o pretensada, específicamente comprobada al respecto.
- 4 Como límite máximo de la fuerza de tesado de la armadura se considerarán las especificaciones de la Instrucción EHE al respecto.

5.3.3.3.2 Pérdidas de tensión

- 1 En el cálculo se considerarán todas las pérdidas de tensión previsibles.
- 2 Las pérdidas en el esfuerzo de pretensado resultan de la combinación de:
 - a) la relajación del tendón,
 - b) la deformación elástica de la fábrica,
 - c) los cambios de humedad de la fábrica,
 - d) la fluencia de la fábrica,
 - e) los deslizamientos en el anclaje,
 - f) los rozamientos,
 - g) los efectos térmicos.
- 3 Los factores del párrafo anterior se evaluarán según las características de los materiales, la forma de la estructura y las condiciones de uso.

5.4 Fábrica confinada

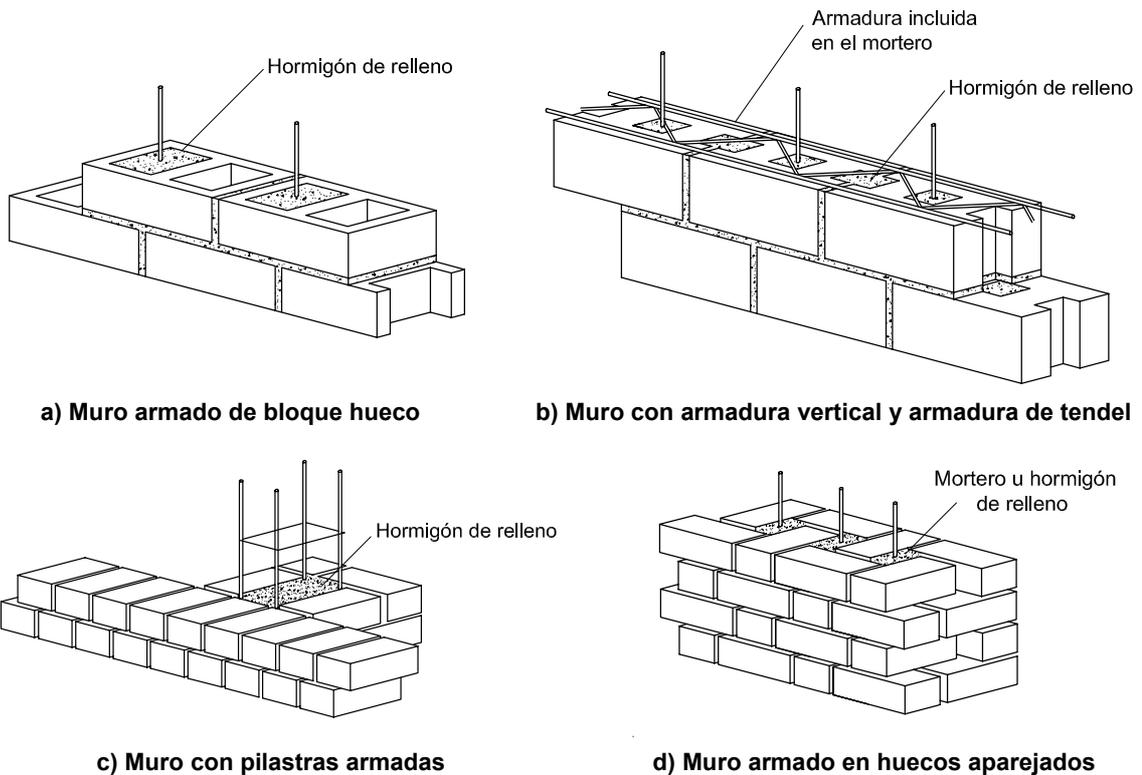
- 1 Los elementos de fábrica confinada se calcularán en estado límites de servicio y último de rotura empleando principios similares a los establecidos para elementos de fábrica o fábrica armada.
- 2 Los elementos de fábrica confinada a flexión y/o a compresión se comprobarán con las mismas hipótesis que los de fábrica armada. En las zonas comprimidas (para aplicar un diagrama rectangular de tensiones), se considerará sólo la resistencia de la fábrica. Si hay armaduras en zona de compresión no se considerarán.
- 3 En la comprobación de elementos confinados a cortante se despreciará la contribución de la armadura.
- 4 En zonas sísmicas se aplicaran los criterios de la norma NCSE-02. En este caso la fábrica confinada se calculará considerando que trabaja solamente la fábrica, sin tener en cuenta la resistencia de los elementos de hormigón armado o de fábrica armada.

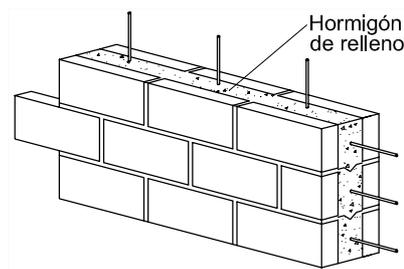
6 Construcción

- 1 Son de aplicación los capítulos 7, 8, 9 y 10 de la primera parte de este DB, con las ampliaciones y precisiones siguientes.

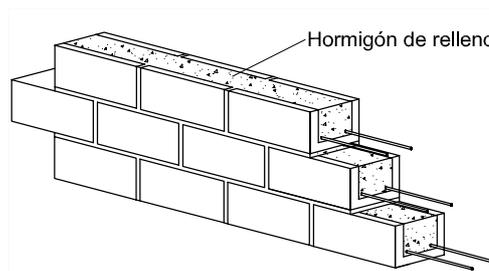
6.1 Generalidades

- 1 La armadura se colocará de modo que trabaje solidariamente con la fábrica. En el momento de fisuración de la fábrica la armadura debe estar por debajo de su límite elástico, lo que determina un criterio para cuantificar la armadura mínima requerida.
- 2 En la figura 6.1 se muestran distintas formas de armado de las fábricas.

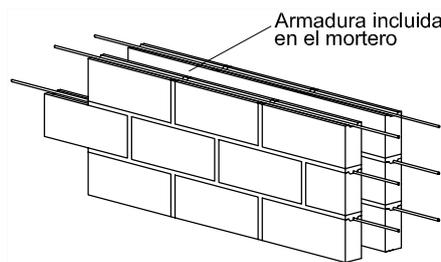




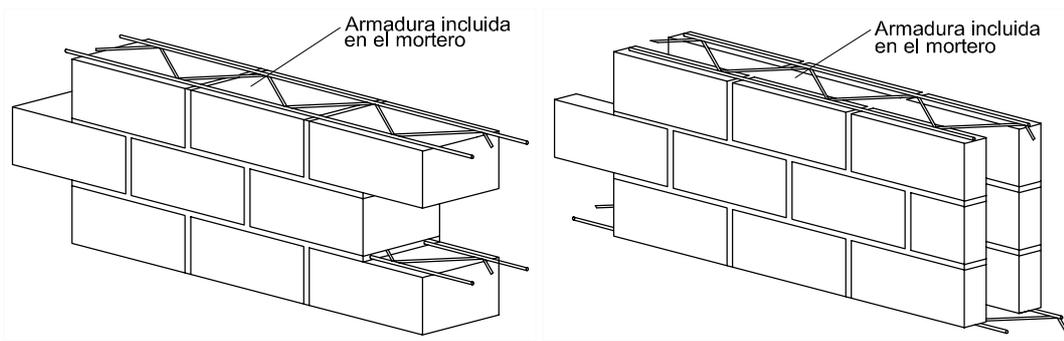
e) Muro relleno de hormigón



f) Dintel armado



g) Armadura en tendeles de piezas acanaladas



h) Muros con armadura de tendel

Figura 6.1 Ejemplos de disposiciones de armado de fábricas

- 3 Aunque en el cálculo se admita que los extremos están simplemente apoyados se consideran los efectos de la continuidad de la fábrica disponiendo armaduras sobre los apoyos. Esta armadura de continuidad tendrá una sección no inferior al 50% de la armadura en el centro del vano y se anclará de acuerdo con el apartado 6.2.4.1 de esta segunda parte.
- 4 La armadura del centro del vano se prolongará hasta los apoyos, al menos 0,25 de su sección, y se anclará según el apartado citado.

6.2 Disposiciones relativas a las armaduras

6.2.1 Sección mínima de la armadura

- 1 La sección de la armadura principal será igual o mayor que la necesaria para alcanzar la resistencia de cálculo y no será menor que el 0,1% de la sección del muro (producto del canto útil por el ancho eficaz que se considera). En los muros en que los tendeles han sido armados para incrementar su resistencia frente a cargas laterales, la sección de dicha armadura no será menor que el 0,03 % del área bruta de la sección.
- 2 Cuando las armaduras de los tendeles se dispongan para controlar la fisuración o para dotar a la fábrica de ductilidad, el área de la armadura no será menor que el 0,03 % y la separación vertical no será mayor que 600 mm.
- 3 Un elemento de fábrica con una armadura incluida en sus huecos, solicitada a flexión en una dirección, necesita de otra 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.
- 4 La armadura transversal puede colaborar en el control de la fisuración debida a movimientos térmicos o a la humedad; en ese caso puede ser necesario que el área de la armadura transversal tenga que ser mayor que la mínima requerida en el párrafo anterior.
- 5 En muros con pilastras armadas u otras construcciones similares no se precisa armadura transversal, a menos que sea necesaria para enlazar la fábrica al hormigón de relleno.

6.2.2 Dimensión de la armadura

- 1 La dimensión máxima de la armadura será aquella que permita su correcta inclusión en el mortero o en el hormigón de relleno.
- 2 La armadura de tendel tendrá un espesor total de acuerdo con la Norma UNE EN 845-3:2001.

6.2.3 Diámetro de la armadura

- 1 Las barras tendrán un diámetro nominal mínimo de 6 mm.
- 2 El diámetro máximo de las barras empleadas será tal que no se superen las tensiones de anclaje según el apartado 6.2.4 de esta segunda parte y se mantenga el recubrimiento mínimo de la armadura, dado en el apartado 3.4.2 de esta segunda parte.

6.2.4 Anclajes y empalmes

6.2.4.1 Anclaje de barras

- 1 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 la aparición de fisuración longitudinal o el desconchado de la fábrica.
- 2 El anclaje puede ser por prolongación recta, gancho, patilla, u horquilla, según la figura 6.2. Las tensiones pueden transmitirse también mediante dispositivos mecánicos apropiados.
- 3 No se emplearán anclajes por prolongación recta o por patilla en barras lisas de más de 8 mm de diámetro [véase figura 6.2 a) y c)]. En barras a compresión no se emplearán anclajes de gancho, patilla u horquilla.
- 4 La longitud de anclaje recto l_b de una barra, admitiendo que la tensión de adherencia es constante, se obtendrá con:

$$l_b = \gamma_m \frac{\Phi f_{yk}}{4 \gamma_s f_{bok}} \quad (5.1)$$

siendo

Φ es el diámetro eficaz de la barra de acero,

f_{yk} es el límite elástico característico del acero de armado, según el apartado 4.2.2 de esta

segunda parte,

f_{bok} es la resistencia característica de anclaje por adherencia del acero para armar, obtenida de la tabla 5.1,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad de la fábrica o del hormigón de relleno, según la tabla 6.3 de la primera parte de este DB y el apartado 4.4 de esta segunda parte,

γ_s es el coeficiente parcial de seguridad del acero, según la tabla 4.2 de esta segunda parte.

- 5 Cuando se utilice uno de los dispositivos siguientes: gancho, patilla y horquilla [véase figura 6.2 b), c) y d)], la longitud de anclaje de las barras a tracción puede reducirse a $0,7 l_b$.
- 6 Cuando la sección de la armadura es mayor que la requerida por el cálculo, la longitud de anclaje puede reducirse proporcionalmente, si se cumple que:
 - a) En una barra a tracción, la longitud de anclaje no menor que:
 - $0,3 l_b$,
 - 10 diámetros,
 - 100 mm.
 - b) En una barra a compresión, la longitud de anclaje no menor que:
 - $0,6 l_b$,
 - 10 diámetros,
 - 100 mm.

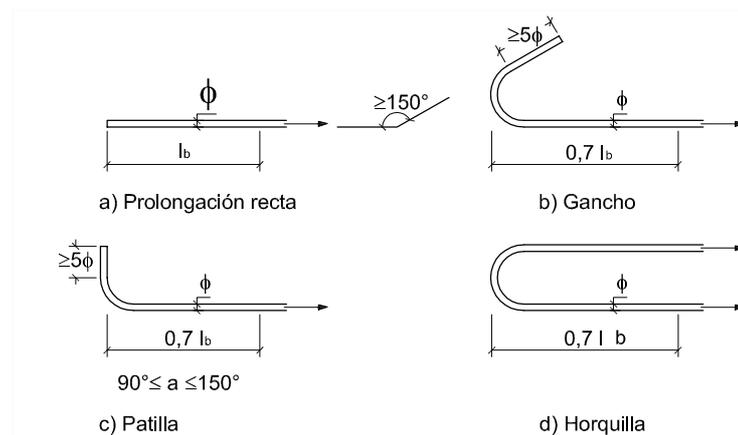


Figura 6.2 Tipos de anclaje

- 7 Cuando sea posible, se dispondrá una armadura transversal distribuida uniformemente sobre la longitud de anclaje, colocando al menos una barra en la zona curva de anclaje [véase figura 6.2 b), c) y d)]. El área total mínima de la armadura transversal será el 25% de la sección de la barra anclada.
- 8 En las armaduras de tendel, la longitud de anclaje se obtendrá en función de la resistencia característica de anclaje por adherencia determinada mediante ensayos según la norma UNE EN 846-2:2001.

6.2.4.2 Solapo de las armaduras

- 1 La longitud de solapo será la necesaria para transmitir los esfuerzos de cálculo.
- 2 La longitud de solapo de dos barras se calculará según el apartado 6.2.4.1, considerando la de mayor sección.
- 3 La longitud de solapo de dos barras será:

- a) l_b , para barras comprimidas y para barras traccionadas cuando se solapa menos del 30% de la armadura de la sección y la distancia libre entre solapos en dirección transversal es no menor que 10 diámetros, y el recubrimiento de hormigón o mortero es no menor que 5 diámetros,
 - b) $1,4 l_b$, para barras traccionadas cuando se solapa el 30% o más de la armadura de la sección, o la distancia libre entre solapos en dirección transversal es menor que 10 diámetros, o el recubrimiento de hormigón o mortero es menor que 5 diámetros,
 - c) $2 l_b$, para barras traccionadas cuando se solapa el 30% o más de la armadura de la sección y la distancia libre entre solapos es menor que 10 diámetros, o el recubrimiento de hormigón o mortero es menor que 5 diámetros.
- 4 Mientras sea posible, no se dispondrán solapos de armaduras en zonas fuertemente solicitadas, o donde las dimensiones de la sección varíen (ejemplo: un escalonado en el espesor del muro). La distancia libre entre dos armaduras solapadas no será menor que dos diámetros ni que 20 mm.
 - 5 La longitud de solapo en las armaduras de tendel se obtendrá en función del resultado de los ensayos realizados para obtener su longitud de anclaje (véase apartado 6.2.4.1 de esta segunda parte).

6.2.4.3 Anclaje de la armadura transversal

- 1 El anclaje de la armadura transversal (incluyendo los estribos), se realizará mediante ganchos o patillas [véase figura 6.2 b) y c)], colocando donde sea necesario una armadura longitudinal en la zona curva del gancho o patilla.
- 2 El anclaje es eficaz cuando 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.

6.2.4.4 Reducción de la armadura de tracción

- 1 En un elemento a flexión, toda barra se prolongará, a partir del punto en que no es necesaria, una longitud no menor que el canto útil del elemento ni 12 diámetros, excepto en los apoyos extremos. El punto teórico en que la armadura no es necesaria es aquel en el que el momento resistente de cálculo de la sección, considerando sólo la armadura que se prolonga, es igual al momento de cálculo aplicado.
- 2 No se reducirá la armadura en las zonas a tracción a menos que, para todas las combinaciones de las acciones de cálculo consideradas, se cumpla alguna de las siguientes condiciones:
 - a) toda barra se prolonga, a partir del punto en que no es necesaria, al menos la longitud de anclaje que requiere su resistencia de cálculo,
 - b) a resistencia de cálculo a cortante de la sección en la que se suprime una barra es mayor que dos veces el esfuerzo cortante de cálculo debido a las acciones, en dicha sección,
 - c) el área de la armadura que se prolonga más allá de una cierta sección en la que se suprime una barra es el doble de la estrictamente necesaria para el momento flector que afecta a la sección.
- 3 Cuando el empotramiento de los extremos sea pequeño o no exista, al menos el 25% de la sección de la armadura a tracción requerida en el centro del vano se prolongará hasta los apoyos. Esta armadura se anclará según el apartado 6.2.4.2, o bien mediante:
 - a) un anclaje de 12 veces el diámetro de la barra tomado desde el eje del apoyo, si antes de él no comienza una patilla o un gancho, o
 - b) un anclaje de 12 veces el diámetro de la barra más $d/2$ tomado desde la cara del apoyo, siendo d el canto útil del elemento. La barra no se doblará hasta que no se alcance una distancia $d/2$ tomada desde la cara interior del apoyo.
- 4 Cuando exista una carga importante a una distancia menor de $2d$ del borde del apoyo más próximo, toda la armadura principal de flexión se prolongará hasta el apoyo y se anclará con una longitud de anclaje de 20 veces el diámetro.

6.2.5 Armadura transversal

- 1 Cuando el cálculo requiera armadura transversal (véase apartado 5.2.2.3), ésta se dispondrá en toda la luz con un área mínima no menor que el 0,1 % de la sección de la fábrica, (el canto útil multiplicado por el espesor eficaz de la sección considerada).
- 2 La distancia máxima entre estribos, s , no será mayor que $0,75d$ ni 300 mm.
- 3 Cuando el aparejo de las piezas de la fábrica no permita colocar armadura transversal, los elementos se calcularán según el apartado 5.2.2.2.

6.2.6 Estribado de la armadura comprimida

- 1 Las barras a compresión se estribarán para evitar el posible pandeo local.
- 2 Si en un muro de fábrica armada, la sección A_s de la armadura longitudinal es superior al 0,25% de la sección A_{mr} del elemento (incluyendo el hormigón de relleno) y soporta un tensión mayor del 25% de la resistencia de cálculo, se deben disponer cercos. No es necesario colocarlos si no se cumple alguna de las condiciones anteriores.
- 3 Cuando los cercos sean necesarios, su diámetro no será menor que 4 mm ó 1/4 del diámetro máximo de las barras longitudinales, y la separación no será mayor que:
 - a) la menor dimensión lateral del muro de fábrica armada,
 - b) 300 mm,
 - c) 12 veces el diámetro de la barra principal.
- 4 Los cercos rodearán la armadura vertical principal. Las barras verticales de esquina se sustentarán en los codos de los cercos con un ángulo no mayor que 135° . Las barras verticales interiores se sujetarán con estribos internos situados cada dos cercos.

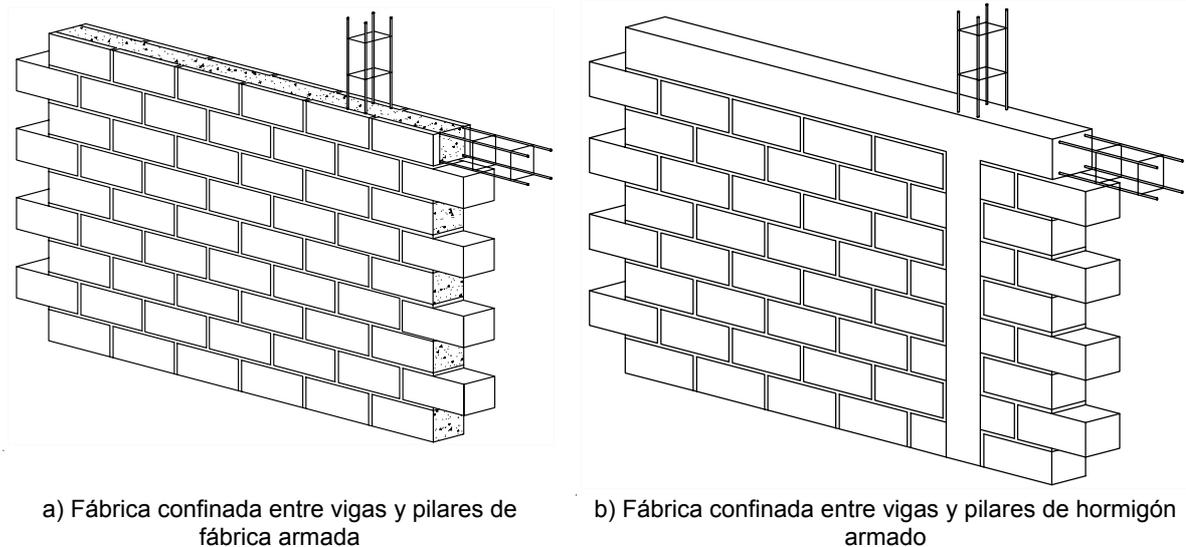
6.2.7 Separación de armaduras

- 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 paralelas 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 principales de tracción no será mayor que 600 mm, excepto la de armaduras concentradas en núcleos o cajeados, o en las armaduras de tendel.
- 4 Cuando la armadura se encuentre en pilastras o cajeados, la fábrica situada entre estos núcleos se calculará a tenor del apartado 5.2.1.5. El área total de la armadura principal no excederá el 4% de la sección bruta del relleno del núcleo o de la pilastra, excepto en la zona de solapes que podrá alcanzar hasta el 8%.

6.2.8 Fábrica confinada

- 1 La fábrica confinada se construirá con elementos armados verticales y horizontales de modo que se limite la deformación de la fábrica frente a acciones contenidas en su plano.
- 2 La fábrica confinada se construirá entre elementos de hormigón armado o de fábrica armada, los elementos horizontales coincidirán con los forjados, los verticales con las intersecciones de muros y con las jambas de huecos (cuando el área del hueco sea mayor de $1,5 \text{ m}^2$). La separación entre dichos elementos, tanto horizontal como vertical, no superará los 4 m.
- 3 Se dispondrán elementos adicionales de hormigón armado o fábrica armada, tanto horizontales como verticales, cuando entre los elementos a que se refiere el párrafo anterior haya una distancia superior a 4 m.
- 4 El área de la sección de los elementos confinantes (de hormigón armado o de fábrica armada) será no menor que $0,02 \text{ m}^2$, con una dimensión mínima de 100 mm y con una sección mínima de armadura de $0,02 t$ (en mm^2) (siendo t el espesor del muro) ni menor que 200 mm^2 . La disposición de la armadura cumplirá lo establecido en el apartado 6.2 de esta segunda parte.

- 5 El hormigonado de los elementos que vayan armados se realizará después de ejecutada la fábrica y se anclará a esta.
- 6 Cuando se emplee fábrica confinada realizadas con piezas de los grupos 1, 2a o 2b, se utilizarán barras de un diámetro no menor que 6 mm y con una separación no mayor que 600 mm, correctamente ancladas en el hormigón de relleno y en las juntas de mortero.
- 7 Si los elementos confinantes son de hormigón armado deben cumplir con lo que especifica la Instrucción EHE.
- 8 En la figura 6.3 de esta segunda parte, se pueden ver ejemplos de fábricas confinadas.



a) Fábrica confinada entre vigas y pilares de fábrica armada

b) Fábrica confinada entre vigas y pilares de hormigón armado

Figura 6.3 Ejemplos de fábrica confinada

6.3 Detalles de pretensado

6.3.1 Generalidades

- 1 En elementos de fábrica pretensada las armaduras activas pueden estar adheridas o no a la fábrica.
- 2 En la figura 6.4 de esta segunda parte se muestra un ejemplo de empleo de armaduras pretensadas en fábricas.

6.3.2 Armaduras pretensadas

- 1 Cuando los tendones pretensados adheridos a la fábrica se disponen dentro de pilastras, núcleos o cámaras llenas con hormigón o mortero, se seguirán las recomendaciones del apartado 3.5 de esta segunda parte, si las armaduras activas son pretesas e individuales. Para armaduras activas agrupadas o postesas se aplicarán las especificaciones de la Instrucción EHE.
- 2 Cuando los tendones son no adheridos y se disponen en pilastras, núcleos o cámaras abiertas, la forma de construcción, el tipo de armadura y las medidas de protección proporcionarán el nivel requerido de durabilidad y protección de las armaduras pretensadas, cuidando especialmente la estanqueidad de las protecciones que aseguren la durabilidad de las armaduras activas frente a los fenómenos de corrosión bajo tensión.

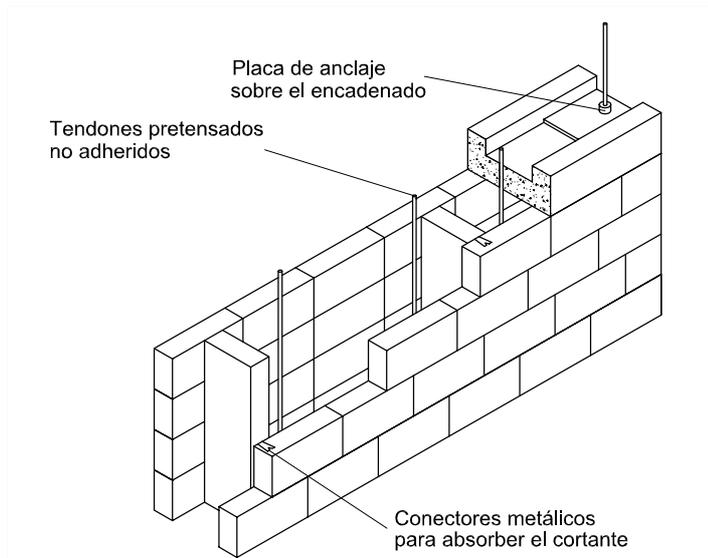


Figura 6.4 Ejemplo de fábrica pretensada

6.4 Almacenaje y empleo de armaduras

- 1 Las barras y las armaduras de tendel se almacenarán, se doblarán y se colocarán en la fábrica sin que sufran daños que las inutilicen para su función (Se refiere a posibles erosiones que causen discontinuidades en la película autoprotectora, ya sea en el revestimiento de resina epoxídica o en el galvanizado).
- 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, al mortero o a la adherencia entre ellos.
- 3 Las armaduras se cortarán y se doblarán de acuerdo con los criterios normativos habituales.
- 4 Se evitarán:
 - a) daños mecánicos,
 - b) rotura en las soldaduras de las armaduras de tendel,
 - c) depósitos superficiales que afecten a la adherencia,
 - d) falta de identificación.

6.5 Colocación de las armaduras

- 1 Las armaduras se colocarán de acuerdo con los planos, las especificaciones y las tolerancias.
- 2 Se emplearán separadores y estribos cuando se precisen para mantener las armaduras en su posición con el recubrimiento especificado.
- 3 Cuando sea necesario, se atará la armadura con alambre para asegurar que no se mueva mientras se vierte el mortero u el hormigón de relleno.
- 4 Las armaduras se solaparán sólo donde se indique en los planos.
- 5 En muros con pilastras armadas, la armadura principal se fijará con antelación suficiente para ejecutar la fábrica sin entorpecimiento. Los huecos de fábrica en que se incluye la armadura se irán rellenando con mortero u hormigón al levantarse la fábrica.

6.6 Rozas

- 1 No se realizarán rozas en muros con tendeles armados o en fábricas con nervios o huecos armados o pretensados.

6.7 Aceros de pretensar y accesorios

6.7.1 Almacenaje de tendones

- 1 Los tendones, vainas y anclajes se protegerán de influencias nocivas durante el almacenaje y cuando se coloquen en la estructura, hasta después del hormigonado.
- 2 Durante el almacenaje de los tendones se evitará:
 - a) ataque químico, electro-químico o biológico, susceptible de producir corrosión,
 - b) daños a los tendones,
 - c) suciedad que afecte a la durabilidad o a la adherencia de los tendones,
 - d) deformación de los tendones no considerada en el cálculo,
 - e) almacenamiento sin protección, expuesto a la lluvia o en contacto con el terreno,
 - f) soldar sin protección en las proximidades de los tendones (por las salpicaduras).
- 3 Para las vainas, se considerará:
 - a) evitar daños locales y corrosión,
 - b) asegurar la impermeabilidad a l'agua.

6.7.2 Fabricación de los tendones

- 1 Se tendrá en cuenta especialmente:
 - a) el mantenimiento de las marcas de identificación de todos los materiales,
 - b) métodos de corte adecuados,
 - c) penetración recta de anclajes y acopladores,
 - d) cuando se levanten con grúa evitar roce local o de los tendones.

6.7.3 Colocación de los tendones

- 1 La colocación de los tendones se llevará a cabo de acuerdo con criterios relativos a:
 - a) el recubrimiento de hormigón y la separación de los tendones,
 - b) las tolerancias especificadas para la posición de los tendones, anclajes y acopladores.
- 2 Las vainas, se fijaran según las especificaciones del proyecto sobre dimensiones, separadores y apoyos. Después de colocar las vainas, se dispondrán tubos de purga en ambos extremos, en los puntos más altos, y en todo punto en que pueda acumularse aire o agua. Las vainas se protegerán de la penetración de materiales extraños hasta completar el hormigonado.

6.8 Hormigón

- 1 Serán de aplicación las especificaciones de la Instrucción EHE.
- 2 Antes de rellenar de hormigón la cámara de un muro armado, se limpiará de restos de mortero y escombros. El relleno se realizará por tongadas, asegurando que se macizan todos los huecos y no se segregan el hormigón. La secuencia de las operaciones conseguirá que la fábrica tenga la resistencia precisa para soportar la presión del hormigón fresco.

6.9 Control de ejecución

- 1 Serán de aplicación las especificaciones de la Instrucción EHE.
- 2 La categoría de ejecución C de la fábrica, exige un control del hormigón, del acero y de la ejecución de la fábrica confinada a nivel reducido, en términos de la Instrucción EHE.

- 3 La categoría de ejecución B de la fábrica, exige un control del hormigón, del acero y de la ejecución de la fábrica confinada y armada a nivel normal, en términos de la Instrucción EHE.
- 4 La categoría de ejecución A de la fábrica, exige un control del hormigón, del acero y de la ejecución de la fábrica confinada, armada y pretensada a nivel intenso, en términos de la Instrucción EHE.

7 Protección y mantenimiento

- 1 Es de aplicación el capítulo 11 de la primera parte de este DB con los siguientes puntos complementarios a los allí indicados:
 - a) Las fabricas con armaduras de tendel, con sistemas de autoprotección deben ser inspeccionadas, al menos, cada 10 años. Se sustituirán o renovarán aquellos acabados protectores que por su estado hayan dejado de ser eficaces.
 - b) En el caso de desarrollar trabajos de limpieza, se analizará el efecto que puedan tener los productos aplicados sobre los diversos materiales que constituyen el muro y sobre el sistema de protección de la armadura.

Anejo A. Comprobación de muros de fábrica armada en voladizo (véase apartado 5.2)

- 1 El cálculo a flexión de muros de fábrica armada en voladizo se realizará según los apartados 5.2.1.1 y 5.2.1.6.
- 2 El momento flector resistente de la sección, puede calcularse mediante un diagrama rectangular de tensiones, figura 5.5, con una resistencia de cálculo a la compresión de valor f_k/γ_M , considerada una profundidad total x de la línea neutra, con x no mayor que $d/2$.
- 3 El momento flector resistente de cálculo, M_{Rd} , según el párrafo anterior, no se considerará mayor que:

$$\frac{0,4 f_k b d^2}{\gamma_M} \tag{A.1}$$

donde:

f_k es la resistencia característica a compresión de la fábrica,

b es el ancho de la sección,

d es el canto útil de la sección,

γ_M es el coeficiente parcial de seguridad de la fábrica.

- 4 El cálculo de secciones en T o en L se realizará según el apartado 5.2.1.5.