

2. BASES DE CÁLCULO

2.1. GENERALIDADES

- 1 En este apartado se desarrollan y completan las reglas, establecidas con carácter general en SE, para el caso de elementos resistentes de fábrica.

2.2. JUNTAS DE MOVIMIENTO

- 1 Se dispondrán juntas de movimiento 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, teniendo en cuenta, para las fábricas sustentadas, las distancias indicadas en la tabla 2.1. Dichas distancias corresponden a edificios de planta rectangular o concentrada. Si la planta tiene forma asimétrica, con alas en forma de L, U, etc., cuyas longitudes sean mayores que la mitad de las indicadas, se dispondrán juntas en las proximidades de los puntos de encuentro de las mismas. Siempre que sea posible la junta se proyectará con solape (véase Figura 2.1).

TABLA 2.1.
DISTANCIA MÁXIMA ENTRE JUNTAS DE MOVIMIENTO DE FÁBRICAS SUSTENTADAS

Tipo de fábrica			Distancia entre las juntas (m)
De piedra natural			30
De piezas de hormigón celular en autoclave			22
De piezas de hormigón ordinario			20
De piedra artificial			20
De piezas de árido ligero (excepto piedra pómez o arcilla expandida)			20
De piezas de hormigón ligero de piedra pómez o arcilla expandida			15
De ladrillo cerámico ⁽¹⁾	Retracción final del mortero (mm/m)	Expansión final por humedad de la pieza cerámica (mm/m)	
	≤ 0,15	≤ 0,15	30
	≤ 0,20	≤ 0,30	20
	≤ 0,20	≤ 0,50	15
	≤ 0,20	≤ 0,75	12
	≤ 0,20	≤ 1,00	8

(1) Puede interpolarse linealmente.

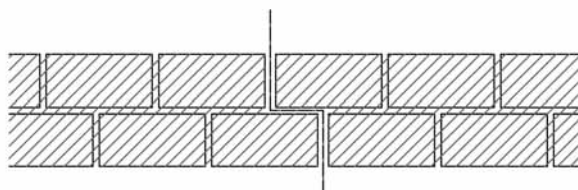


FIGURA 2.1. JUNTA DE MOVIMIENTO CON SOLAPE. ESQUEMA EN PLANTA



2.3. CAPACIDAD PORTANTE

1. En los análisis de comportamiento de muros en estado límite de rotura se podrá adoptar un diagrama de tensión a deformación del tipo rígido-plástico.
2. El coeficiente parcial de seguridad para acciones de pretensado, después de las pérdidas será igual a 1,00.
3. La comprobación del Estado Límite Último de anclaje en elementos sometidos a efectos locales de pretensado, se realizará para el valor de carga última de los tendones.

2.4. APTITUD AL SERVICIO

1. Para evitar la fisuración y asegurar la durabilidad del acero pretensado, se comprobará que, para las combinaciones de acciones del tipo casi permanente no se producen tracciones ni rotura a compresión de la fábrica. Se considerará que ya se ha 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. Tras las pérdidas, se considerará que el esfuerzo de pretensado es constante.

3. DURABILIDAD

1. La durabilidad de un paño de fábrica es la capacidad para soportar, durante el período de servicio para el que ha sido proyectado el edificio, las condiciones físicas y químicas a las que estará expuesto. La carencia de esta capacidad podría ocasionar niveles de degradación no considerados en el análisis estructural, dejando la fábrica fuera de uso.
2. La estrategia dirigida a asegurar la durabilidad considera:
 - a) la clase de exposición a la que estará sometido el elemento;
 - b) composición, propiedades y comportamiento de los materiales.

3.1. CLASE DE EXPOSICIÓN

1. La clase de exposición define la agresividad del medio en el que debe mantenerse el elemento sin menoscabo de sus propiedades.
2. En las tablas 3.1 y 3.2 se describen las clases de exposición a las que puede estar expuesto un elemento. Para la asignación de la clase o clases a un elemento de fábrica, 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.

- Si se utiliza un acabado exterior impermeable al agua de lluvia, éste deber ser permeable al vapor, para evitar condensaciones de la masa del muro, en los términos establecidos en el DB-HE.

TABLA 3.1.
CLASES GENERALES DE EXPOSICIÓN

Clase y designación			Tipo de proceso	Descripción	Ejemplos
Interior	No agresiva	I	Ninguno	Interiores de edificios no sometidos a condensaciones	Interiores de edificios, protegidos de la intemperie
Exterior	Humedad media	II a	Carbonatación del conglomerante. Expansión de los núcleos de cal	Exteriores sometidos a la acción del agua en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.	Exteriores protegidos de la lluvia
	Humedad alta	II b	Carbonatación rápida del conglomerante. Expansión de los núcleos de cal	Interiores con humedades relativas >65% o condensaciones, o con precipitación media anual superior a 600 mm.	Exteriores no protegidos de la lluvia. Sótanos no ventilados. Cimentaciones.
Medio marino	Marino aéreo	III a	Corrosión de las armaduras por cloruros. Expansión de los núcleos de cal	Proximidad al mar por encima del nivel de pleamar. Zonas costeras	Proximidad a la costa. Pantalanes, obras de defensa litoral e instalaciones portuarias.
	Marino sumergido	III b	Corrosión de las armaduras por cloruros. Sulfatación y destrucción por expansividad del conglomerante y de los derivados del cemento. Expansión de los núcleos de cal	Por debajo del nivel mínimo de bajamar permanentemente. Terrenos ricos en sulfatos.	Recorrido de marea en diques, pantalanes y obras de defensa litoral.
	Marino alternado	III c	Corrosión rápida de las armaduras por cloruros. Sulfatación y destrucción por expansividad del conglomerante y de los derivados del cemento.	Zonas marinas situadas en el recorrido de carrera de mareas.	Idem III b.
Otros cloruros (no marinos)		IV	Idem que III c. Sulfatación y carbonatación.	Agua con un contenido elevado de cloro. Exposición a sales procedentes del deshielo	Piscinas. Zonas de nieve (alta montaña). Estaciones de tratamiento de aguas

TABLA 3.2.
CLASES ESPECÍFICAS DE EXPOSICIÓN

Clase y designación		Agua				Suelo			
Química agresiva		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	Gr.acidez Bauman-Gully	ión sulfato mg SO ₄ /kg suelo seco
Débil	Qa	6,5 – 5,5	15 – 40	15 - 30	300 -1000	200 - 600	75 250	> 20	2000 -3000
Media	Qb	5,5 – 4,5	40 – 100	30 - 60	1000 - 3000	600 - 3000	50 75	Inusual	3000 -12000
Fuerte	Qc	< 4,5	> 100	> 60	> 3000	> 3000	< 50	Inusual	> 12000
Con heladas		Tipo de proceso				Ejemplos			
sin sales fundentes	H	Ataque hielo-deshielo. ⁽¹⁾				Construcciones en zonas de alta montaña. Estaciones invernales			
con sales fundentes	F	Ataque por sales fundentes ⁽²⁾				Tableros de pasarelas o barandillas de puentes en zonas de alta montaña			
Erosión	E	Procesos de abrasión o cavitación ⁽³⁾				Pilas de puente en cauces muy torrenciales.			

- (1) Elementos en contacto frecuente con agua o zonas con humedad relativa en invierno superior al 75 por 100 y que tengan una probabilidad anual superior al 50% de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de 5 °C.
- (2) Elementos próximos al tráfico de vehículos o peatones en zonas de más de 5 nevadas anuales o con un valor medio de la temperatura mínima en los meses de invierno inferior a 0 °C.
- (3) Elementos sometidos a desgaste superficial o singulares de construcciones hidráulicas. Elementos de diques, pantalanos y obras de defensa litoral que se encuentren sometidos a fuertes oleajes.

3.2. ADECUACIÓN DE LOS MATERIALES

1. Al margen de lo que se especifica para ellos en los distintos apartados, deben respetarse las restricciones que se establecen en la tabla 3.3.

TABLA 3.3.
RESTRICCIONES DE USO DE LOS COMPONENTES DE LAS FÁBRICAS

Elementos	Clases de exposición											Temperatura			
	generales							específicas							
	I	II a	II b	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E	B	A
Piezas															
Ladrillo macizo o perforado. Extrusión. Categoría I	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	-	R	R	-	-
Ladrillo macizo o perforado. Extrusión. Categoría II.	-	D	-	D	D	R	R	D	R	R	D	X	X	-	-
Ladrillo macizo artesanal. Categorías I o II	-	D	D	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Bloque de hormigón espumado.	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	D	X	X	-	D
Bloque de hormigón con cemento CEM III y CEM IV.	-	-	-	-	-	-	R	R	X	X	R	R	X	-	R
Morteros															
Cemento Portland CEM I con plastificante.	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	D	X	R	-	D
Cemento adición CEM II con plastificante.	-	-	R	R	R	X	X	R	X	X	D	X	X	-	D
Horno alto y/o puzolánico CEM III con plastificante.	-	-	-	-	-	-	-	-	R	R	D	R	X	-	D
Mixto de CEM II y cal.	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X	-	D
De cal.	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Elementos de enlace															
Acero inox austenítico	-	-	-	-	-	-	X	-	R	X	-	-	-	-	-
Acero inox ferrítico	-	D	R	R	X	X	X	X	X	X	R	R	R	-	R
Acero autoprotegido cincado de 140µm (1000gr/m ²).	-	D	D	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Acero autoprotegido cincado de 90µm (600gr/m ²).	-	D	D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Acero autoprotegido grueso cincado 20µm (140gr/m ²).	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Acero cincado <20µm protegido con resina	-	R	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	R	X
- : sin restricciones R: con algunas reservas D: puede emplearse si se protege X: no debe usarse B: Temperaturas superiores a 100 °C. A: Temperaturas de incendio, superiores a 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.															

3.3. ARMADURAS

1. Con acero galvanizado, o en clases III, IV o Q con cualquier subclase con acero inoxidable austenítico, basta un recubrimiento mínimo de 15 mm. Por galvanizado se entiende el de una capa de al menos 900 g/m² de zinc. Una protección equivalente es una capa de zinc de 60 g/m² y capa de epoxi de espesor mínimo de 80 μm y espesor medio de 100 μm. 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.
2. 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. Para las armaduras de tendel, en clase 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, a menos que la fábrica esté 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. Para las clases III, IV, H, F y Q, en todas las subclases las armaduras de tendel serán de acero inoxidable austenítico o equivalente.
4. En cualquier caso:
 - a) el espesor mínimo del recubrimiento de mortero respecto al borde exterior, no será menor que 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;
 - c) la armadura se dispondrá de modo que se garantice la constancia del recubrimiento.

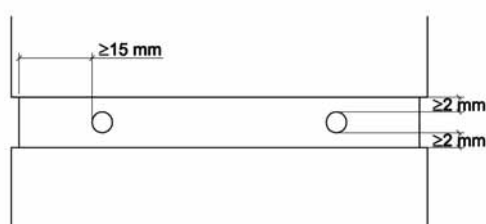


FIGURA 3.1. RECUBRIMIENTOS DE LAS ARMADURAS DE TENDEL

5. 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.
6. En el caso de cámaras rellenas o aparejos distintos de los habituales, el recubrimiento será no menor que 20 mm ni de su diámetro.

4. MATERIALES

4.1. PIEZAS

1. Las piezas para fábricas se designan por sus medidas modulares (medida nominal más el ancho habitual de la junta). El uso de morteros de junta delgada, o de ancho inusual modifica la relación entre las medidas nominal y modular.
2. Las piezas para la realización de fábricas se clasifican en los grupos definidos en la tabla 4.1.

TABLA 4.1.
GRUPOS DE PIEZAS

Característica	Maciza	Grupo					
		Perforada		Aligerada		Hueca	
		cerámica	hormigón	cerámica	hormigón	cerámica	hormigón
Volumen de huecos (% del n bruto) ⁽¹⁾	≤ 25	≤ 45	≤ 50	≤ 60 ⁽²⁾	≤ 60 ⁽²⁾	≤ 70	
Volumen de cada hueco (% del bruto)	≤ 12,5	≤ 12,5	≤ 25	≤ 12,5	≤ 25	≤ 12,5	≤ 25
Espesor combinado (% del ancho total) ⁽³⁾	≥ 37,5	≥ 20		≥ 20			

- (1) Los huecos pueden ser huecos verticales que atraviesan las piezas, rebajes o asas.
- (2) El límite del 55% para las piezas de cerámica y del 60 por 100 para las de hormigón, puede aumentarse si se dispone de ensayos que confirmen que la seguridad de las fábricas no se reduce de modo importante.
- (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.

3. La disposición de huecos será tal que evite riesgos de aparición de fisuras en tabiquillos y paredes de la pieza durante la fabricación, manejo o colocación.
4. La resistencia normalizada a compresión mínima de las piezas, f_b , será de 5 N/mm². No obstante, pueden aceptarse piezas con una resistencia normalizada a compresión inferior, hasta 4 N/mm² en fábricas sustentantes y hasta 3 N/mm² en fábricas sustentadas, siempre que, o se limite la tensión de trabajo a compresión en estado límite último al 75% de la resistencia de cálculo de la fábrica, f_k , o bien se realicen estudios específicos sobre la resistencia a compresión de la misma.

4.2. MORTEROS

1. Los morteros para fábricas pueden ser ordinarios, de junta delgada o ligeros. El mortero de junta delgada se puede emplear cuando las piezas se rectifiquen o moldeen y permitan construir el muro con tendeles de espesor entre 1 y 3 mm.
2. Los morteros ordinarios pueden especificarse por:
 - a) Resistencia: se designan por la letra M seguida de la resistencia a compresión en N/mm².
 - b) Dosificación en volumen: se designan por la proporción, en volumen, de los componentes fundamentales (por ejemplo 1:1:5 cemento, cal y arena). La

elaboración incluirá las adiciones, aditivos y cantidad de agua, con los que se supone que se obtiene el valor de f_m supuesto.

3. El mortero ordinario para fábricas convencionales no será inferior a M1. El mortero ordinario para fábrica armada o pretensada, los morteros de junta delgada y los morteros ligeros, no serán inferiores a M4. En cualquier caso, 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.

4.3. HORMIGÓN

1. El hormigón empleado para el relleno de huecos de 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 4.2.

TABLA 4.2.
RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

Resistencia característica a compresión f_{ck} (N/mm ²)	20	25
Resistencia característica a corte f_{cvk} (N/mm ²)	0,39	0,45

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.

4.4. ARMADURAS

1. Además de los aceros establecidos en EHE, se consideran aceptables los aceros inoxidables según UNE ENV 10080:1996, UNE EN 10088 y UNE EN 845-3:2001, y para pretensar los de EN 10138.
2. El galvanizado, o cualquier tipo de protección equivalente, debe ser compatible con las características del acero a proteger, no afectándolas desfavorablemente.
3. Como valor medio del módulo de elasticidad del acero, puede adoptarse el de 200 kN/mm².
4. La resistencia característica de anclaje por adherencia de las armaduras puede obtenerse de la tabla 4.3. Armaduras confinadas son las incluidas en secciones de hormigón de dimensiones no menores que 150 mm, o cuando el hormigón se halle confinado entre piezas. Las poco confinadas son las incluidas en mortero, o en secciones de hormigón con dimensiones menores que 150 mm, o cuando el hormigón no esté confinado entre piezas. Los valores indicados valen para hormigones de más resistencia.

TABLA 4.3.
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE ANCLAJE DE ARMADURAS (N/mm²)

Tipo de confinamiento	Poco confinada				Confinada
	M5-M9	M10-M14	sM15-M19	M20	
Mortero				M20	
Hormigón	—	—	—	HA25	HA25
Barras lisas de acero	0,7	1,2	1,4	1,5	1,8
Barras corrugadas de acero al carbono o inoxidable	1	1,5	2	2,5	4,1

5. Para armaduras prefabricadas, como las armaduras de tendel, en ausencia de datos específicos, como resistencia característica de anclaje puede considerarse la resistencia característica de anclaje de las barras longitudinales.



4.5. COMPONENTES AUXILIARES

1. Las barreras antihumedad serán eficaces respecto al paso del agua y a su ascenso capilar. Tendrán una durabilidad acorde al tipo de edificio. Estarán formadas por materiales que no sean fácilmente perforables al utilizarlas, y serán capaces de resistir las tensiones de cálculo de compresión sin extrusionarse.
2. Las barreras antihumedad tendrán suficiente resistencia superficial de rozamiento como para evitar el movimiento de la fábrica que descansa sobre ellas.

4.6. FÁBRICAS

4.6.1. Categoría de la ejecución

1. A efectos de cálculo se consideran tres categorías de ejecución: A, B y C, de acuerdo con lo que se establece en el apartado 8.2.1 y en el anejo de control de este DB. En los elementos de fábrica armada se especificará sólo clases A o B. En los elementos de fábrica pretensada se especificará clase A.

4.6.2. Resistencia a compresión

1. Se define resistencia característica a la compresión de la fábrica, f_k , a la que puede determinarse mediante ensayos sobre probetas de fábrica según los criterios que se indican en la norma UNE EN 1052, partes 1 a 4 (1999, 2000, 2003 y 2001, respectivamente). Por tratarse de un material que no es isótropo, la resistencia se refiere a la dirección en que actúa el esfuerzo.
2. La resistencia característica a la compresión de la fábrica, f_k , correspondiente a un esfuerzo normal a los tendeles, se podrá tomar por referencia a los valores de la tabla 4.4, que recoge los casos más usuales, o en general, deducirla de las expresiones del Anejo C.

TABLA 4.4.
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN DE FÁBRICAS USUALES f_k (N/mm²)

Resistencia normalizada de las piezas, f_b (N/mm ²)	5		10		15		20		25
	5	7,5	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Resistencia del mortero, f_m (N/mm ²)	5	7,5	5	7,5	7,5	10	10	15	15
Ladrillo macizo con junta delgada	3	3	5	5	7	7	9	10	11
Ladrillo macizo	3	3	4	4	6	6	8	8	10
Ladrillo perforado	2	3	4	4	5	6	7	8	9
Bloques aligerados	2	2	3	4	5	5	6	7	8
Bloques huecos	2	2	2	3	4	4	5	6	6

3. Cuando la sollicitación sea paralela a los tendeles, la resistencia característica a compresión puede determinarse con el Anejo C, adoptando como resistencia normalizada a compresión f_b de la pieza la correspondiente a dicha dirección.

4.6.3. Resistencia a cortante

1. Como resistencia característica a cortante, f_{vk} , de una fábrica con mortero ordinario y juntas llenas se puede tomar:
 - mortero ordinario y juntas llenas $f_{vk} = f_{vko} + 0,36 \cdot \sigma_k \leq 0,065 f_b$ (4.1)
 - mortero ordinario y lllagas a hueso $f_{vk} = f_{vko} + 0,45 \cdot \sigma_k \leq 0,045 f_b$ (4.2)

$$- \text{ mortero ordinario y tendel hueco } f_{vk} = f_{vko} g/t + 0,36 \cdot \sigma_{kd} \leq 0,050 f_b \quad (4.3)$$

sin superar el valor límite de la tabla 4.5, donde:

f_{vko} es la resistencia a corte puro, con tensión de compresión nula, que puede determinarse de la tabla 4.6 para morteros ordinarios;

σ_k si hay compresión, la tensión característica normal media perpendicular a la tabla, debida a la compresión debida a las cargas permanentes sobre el nivel considerado;

f_b es la resistencia normalizada a compresión de las piezas de fábrica, con el esfuerzo actuando perpendicular a la tabla;

g/t en fábrica de tendeles huecos, la relación de ancho total de las dos bandas de mortero, cada una de ancho no menor de 30 mm, en los bordes exteriores de la pieza, maciza, a ancho total de muro. (Véase Figura 6.4).

- El cálculo de f_{vk} , en las fábricas de mortero de junta delgada, con piezas de hormigón celular de autoclave, silico-calcáreas o de hormigón, se asimila al de piezas del mismo grupo y morteros de M10 a M20.
- El cálculo de f_{vk} , en fábricas de mortero ligero, se realizará según el primer punto de este apartado, adoptando como mortero el M5.
- La resistencia a cortante puro de la fábrica f_{vko} , cuando contenga barreras anti-humedad se determinará con el mismo criterio utilizado para las fábricas de tendel hueco.

TABLA 4.5.
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A CORTANTE PARA FÁBRICAS DE MORTERO ORDINARIO

Tipo de piezas	Mortero ⁽²⁾	f_{vko} (N/mm ²)			Límite de f_{vk} (N/mm ²) ⁽¹⁾		
		M1	M2,5	M10	M1	M2,5	M10
Macizas	Ladrillo cerámico	0,1	0,2	0,3	1,2	1,5	1,7
	Piedra natura	0,1	0,15	-	1,0	1,0	-
	Otras	0,1	0,15	0,2	1,2	1,5	1,7
Perforadas	Ladrillo cerámico	0,1	0,2	0,3	1,4*	1,2*	1,0*
	Otras	0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
Aligeradas		0,1	0,15	0,2	1,4*	1,2*	1,0*
Huecas		0,1	0,2	0,3	**	**	**

* La menor de las resistencias longitudinales a compresión.

** Sin más limitaciones que las dadas por la ecuación 4.1.

(1) Para llagas a hueso, o con tendel hueco, el valor es el 70 por 100 del consignado.

(2) Para valores intermedios no se interpolará, sino que se empleará la columna correspondiente al valor inferior.

4.6.4. Resistencia a flexión

- En función del plano de rotura, se pueden considerar dos resistencias características a flexión (Figura 4.1):

a) f_{xk1} , si el plano de rotura es paralelo a los tendeles;

b) f_{xk2} , si el plano de rotura es perpendicular a los tendeles.



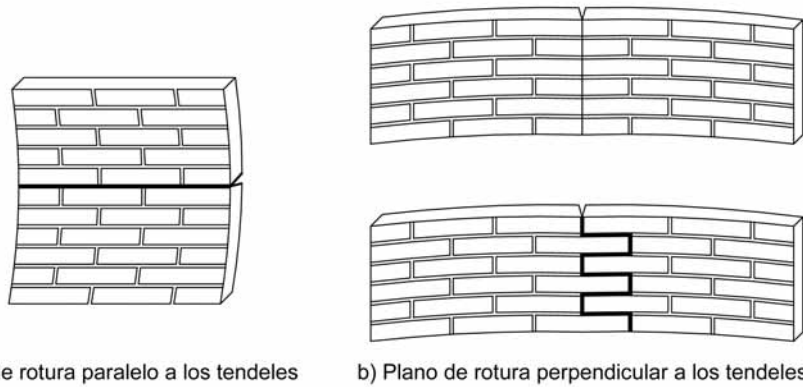


FIGURA 4.1. MODOS DE FLEXIÓN EN FÁBRICAS

2. Como resistencia característica a flexión de la fábrica pueden tomarse la de la tabla 4.6.

TABLA 4.6.
RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LA FÁBRICA (N/mm^2)

Tipo de pieza	Morteros ordinarios				Morteros de junta delgada		Morteros ligeros	
	$f_m < 5 N/mm^2$		$f_m \geq 5 N/mm^2$		f_{xk1}	f_{xk2}	f_{xk1}	f_{xk2}
	f_{xk1}	f_{xk2}	f_{xk1}	f_{xk2}				
Cerámica	0,10	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	0,10	0,10
Sílico-calcareos	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Hormigón ordinario	0,05	0,20	0,10	0,40	0,20	0,30	-	-
Hormigón celular de autoclave	0,05	0,40	0,10	0,40	0,15	0,20	0,10	0,15
Piedra artificial	0,05	0,40	0,10	0,40	-	-	-	-
Piedra natural	0,05	0,20	0,10	0,40	0,15	0,15	-	-

3. 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 a la tracción la de $0,1 f_k$.
4. La resistencia a flexión por tendeles se empleará solamente con combinaciones de carga que incluyan 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 el colapso o la pérdida de estabilidad del edificio o alguna de sus partes, o en caso de acción sísmica.

4.6.5. Deformabilidad

1. El diagrama tensión-deformación de la fábrica tiene la forma genérica que se representa en la Figura 4.2-a. Como diagramas de cálculo pueden adoptarse los de las Figuras 4.2-b o 4.2-c. Las fábricas con piezas aligeradas o huecas pueden presentar rotura frágil antes de desarrollar una rama horizontal y, por tanto, no se puede usar dicha parte del diagrama 4.2-b ni el 4.2-c.

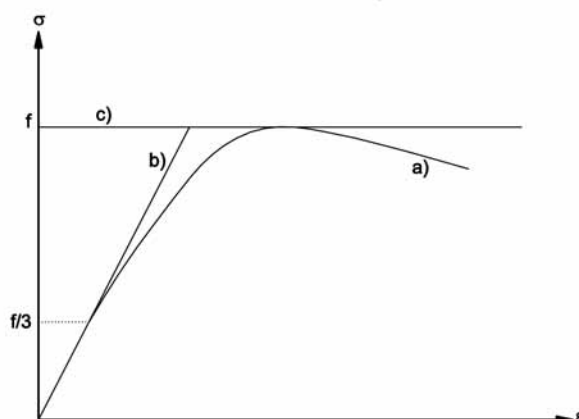


FIGURA 4.2. DIAGRAMAS DE TENSIÓN A DEFORMACIÓN O DE LAS FÁBRICAS

2. Como módulo de elasticidad secante instantáneo, E , de una fábrica puede tomarse igual a $1000 f_k$. Para cálculos de estados límites de servicio, se puede 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 4.7.
3. Como módulo de elasticidad transversal, G , puede tomarse el 40 por 100 del módulo de elasticidad E .
4. Como parámetros de deformación reológica y térmica de las fábricas se pueden emplear los valores de cálculo dados en la tabla 4.7.

TABLA 4.7.
DEFORMABILIDAD DE LAS FÁBRICAS

Tipo de pieza	Coefficiente final de fluencia, φ_∞	Retracción o expansión final por humedad, ⁽¹⁾ (mm/m)	Coefficiente de dilatación térmica (10^{-6} m/m °C)
Cerámica	1	0,2 a 1,0 ⁽²⁾	6
Silico-calcáreos	1,5	-0,2	9
Hormigón ordinario y piedra artificial	1,5	-0,2	10
Hormigón de árido ligero	2	-0,4 ⁽³⁾	10
Hormigón celular de autoclave	1,5	0,2	8
Piedra natural	1	0,1	7

- (1) Acortamiento negativo y alargamiento positivo.
- (2) Depende del material.
- (3) Para áridos ligeros de piedra pómez y de arcilla expandida; en otro caso el valor es $-0,2$.

4.6.6. Sección de cálculo

1. En el grueso de cálculo del muro pueden incluirse los revestimientos que tengan carácter permanente y se definan como tales en el proyecto y en el plan de mantenimiento.
2. En fábrica con piezas macizas o perforadas, las rozas que respetan las limitaciones de la tabla 4.8 no reducen el grueso de cálculo, a efectos de la evaluación de su capacidad. En muros capuchinos, se sumarán las intervenciones efectuadas en cada una de las dos hojas.



3. Si una roza o rebaje no causa una pérdida superior al 25% de la sección transversal real, se podrá considerar que la capacidad resistente es proporcional a dicha pérdida.
4. En otro caso, como grueso de cálculo se usará el grueso residual, descontando el de la roza o rebaje, y en todo caso el de los rehundidos de tendel si existen.



TABLA 4.8.
DIMENSIONES DE ROZAS Y REBAJES (mm) QUE NO REDUCEN EL GRUESO DE CÁLCULO

Espesor del muro (mm)	Ancho de rozas verticales	Profundidad de rozas horizontales o inclinadas	
		longitud >1250 mm	longitud < 1250 mm
115	100	0	0
116-175	125	0	15
176-225	150	10	20
226-300	175	15	25
Más de 300	200	20	30

La profundidad de una roza o rebaje, incluye la de cualquier perforación que se alcance, es de 30 mm.

La profundidad máxima de una roza vertical no debe ser superior a 30 mm.

La limitación de la profundidad de rozas horizontales se refiere a las dispuestas dentro del octavo de la altura libre del muro, por encima y por debajo del forjado.

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.

La separación horizontal entre rozas adyacentes o entre una roza y un rebaje o un hueco no será menor que 225 mm.

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

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

La separación horizontal entre el extremo de una roza y un hueco no será menor de 500 mm.

La separación horizontal entre rozas adyacentes de longitud limitada, ya estén en la misma cara o en caras opuestas del muro, no será menor que dos veces la longitud de la roza más larga.

Si las rozas horizontales o inclinadas se realizan con precisión usando una máquina adecuada:

a) Puede aumentarse la profundidad admisible en 10 mm, en muros de espesor mayor de 115 mm.

b) Se pueden realizar rozas, de no más de 10 mm. de profundidad, en ambas caras, si el muro es de un espesor no menor de 225 mm.

El ancho de la roza horizontal no superará la mitad del espesor residual del muro.

En piezas huecas, podría producir una pérdida de sección resistente y/o de aumento de la excentricidad con la que se aplican las cargas muy superior a la previsible en el caso de piezas macizas (a cuando se trabaja bajo el concepto de «sección bruta»).

5. En fábricas con piezas aligeradas o huecas, se considerará la sección real que quede tras la parte eliminada por las rozas, (Figura 4.3) asignándole a cada elemento de su superficie la resistencia deducida de la sección real.

2. En el caso en que el muro posea algún borde en el cual no se pueda garantizar la movi-
lización de las reacciones necesarias para su equilibrio (por ejemplo, bordes superiores
no retacados a los forjados), se considerará que ese borde no es competente como sus-
tentación de placa, o en esa dirección no puede darse el comportamiento en arco.
3. Para la respuesta como pieza a flexión, puede conseguirse empotramiento mediante lla-
ves, por traba de las piezas o por tope contra los forjados cuando es pasante sobre éstos.
4. En un muro capuchino se podrá considerar que ambas hojas colaboran en la resisten-
cia a las acciones laterales, aunque sólo una de ellas esté directamente conectada a
los elementos de sustentación.

5.4.2. *Análisis de solicitaciones en flexión*

1. Es aceptable el uso de cualquier procedimiento que dé como resultado un conjunto
de esfuerzos en equilibrio con las acciones consideradas.
2. En general, pueden tomarse como solicitaciones las procedentes del método de
las líneas de rotura, a partir de la capacidad resistente en la dirección paralela a los
tendeles, M_{Rd1} , y en la perpendicular, M_{Rd2} , de acuerdo con los valores dados en 5.4.3.
3. En un paño rectangular, los valores de los momentos máximos pueden tomarse, para
carga uniforme, como:

$$M_{Sdx1} = \mu\alpha \cdot q_d L^2 \quad (5.21)$$

$$M_{Sdx2} = \alpha \cdot q_d L^2 \quad (5.22)$$

siendo:

- q_d el valor de cálculo de la acción horizontal por unidad de superficie;
- μ la relación entre las capacidades resistentes a flexión en dirección de los
tendeles, M_{Rd1} y en la de las llagas M_{Rd2} . Para comportamiento en placa, se
puede adoptar:

$$\mu = f_{xk1} / f_{xk2} \quad (5.23)$$

o como valor aproximado:

$$\mu = f_{vk} / (0,1 \cdot f_k) \quad (5.24)$$

f_{xk1} , f_{xk2} la resistencia a flexión de la fábrica, según tabla 4.6;

α el coeficiente de flexión. Este coeficiente puede determinarse a partir de las
tablas del Anejo G, o de la teoría de placas en rotura.

5.4.3. *Comprobación de la capacidad resistente*

1. Es aceptable el uso de cualquier procedimiento que dé como resultado un conjun-
to de esfuerzos en equilibrio con las acciones consideradas.
2. En cualquier dirección, el momento de cálculo aplicado, M_{Sd} , será menor o igual
que el momento resistente, M_{Rd} , es decir:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (5.25)$$

3. Como valor de M_{Rd} puede tomarse:

$$\text{como pieza a flexión, si no hay compresión: } M_{Rd} = f_{xd} \cdot Z \quad (5.26)$$

$$\text{pieza a flexión, si hay compresión: } M_{Rd} = (f_{xd} + \sigma_d) \cdot Z \quad (5.27)$$





como arco con relación longitud
a canto mayor de 35

$$M_{Rd} = E \cdot (t_d / L)^4 \cdot r / 8 \quad (5.28a)$$

como arco con relación longitud
a canto menor de 35

$$M_{Rd} = (f_d \cdot t_d^2 / L^2 - f_d^2 / E) \cdot r / 2 \quad (5.28b)$$

siendo:

Z módulo resistente elástico a flexión de la sección bruta, igual a $t^2/6$; en un muro apilastrado, se adoptará como longitud de resalto no más del décimo de la altura, para los sustentados en cabeza y base, y un quinto para los libres en cabeza;

σ_d valor de cálculo de la tensión media de compresión del muro, en la sección que corresponda;

r altura del arco, según 5.4.4.

4. Como viga vertical, si no puede contarse con la resistencia a tracción, como es el caso de muros de carga, en donde el fracaso del muro puede suponer el colapso de la estructura, o con acción sísmica:

$$M_{Rd1} = N_d \cdot (t - 2 \cdot e - N_d / f_d) / 2 \quad (5.29)$$

siendo:

N_d valor de cálculo de la compresión vertical del muro debida a acciones verticales;

t el grueso del muro;

e la excentricidad de la compresión, debida a las acciones verticales.

5. En otro caso, se podrá proceder análogamente, bien por reparto de los momentos isostáticos en cada dirección, de acuerdo a la relación de capacidades resistentes, tal como se ha hecho en (5.23) y (5.24), o por equilibrio límite en la situación de agotamiento por flexión, a partir de esos mismos parámetros.
6. Cuando en uno de los bordes exista una barrera antihumedad, no será necesario considerarla si la carga vertical sobre la barrera asegura que, por causa del momento aplicado, no se supera la resistencia a la flexión (véase apartado 4.5.2.3). En otro caso se considerará como tendel hueco.

5.4.4. Arco estribado en sus extremos

1. Cuando un muro se ejecuta entre extremos capaces de resistir empuje, puede suponerse que las acciones perpendiculares a su plano se resisten mediante arcos verticales u horizontales, si se adoptan las medidas constructivas adecuadas a ese comportamiento.
2. El cálculo como arco se basa en el de tres articulaciones, dos en los extremos y uno en una sección intermedia, situadas en el centro de bielas de ancho $0,1 \cdot t_d$, siendo t_d el canto del sólido capaz en donde se puede inscribir el arco (Figura 5.10)
3. La altura del arco, r, viene dada por la ecuación:

$$r = 2 / 3 \cdot (t_d - d) \quad (5.30)$$

siendo:

t_d el canto del arco;

d la deformación del arco debida al valor de cálculo de la acción lateral; puede despreciarse para paños con una relación de longitud a canto de no más de 25. En otro caso resulta del lado de la seguridad adoptar $d = t_d / 4$.

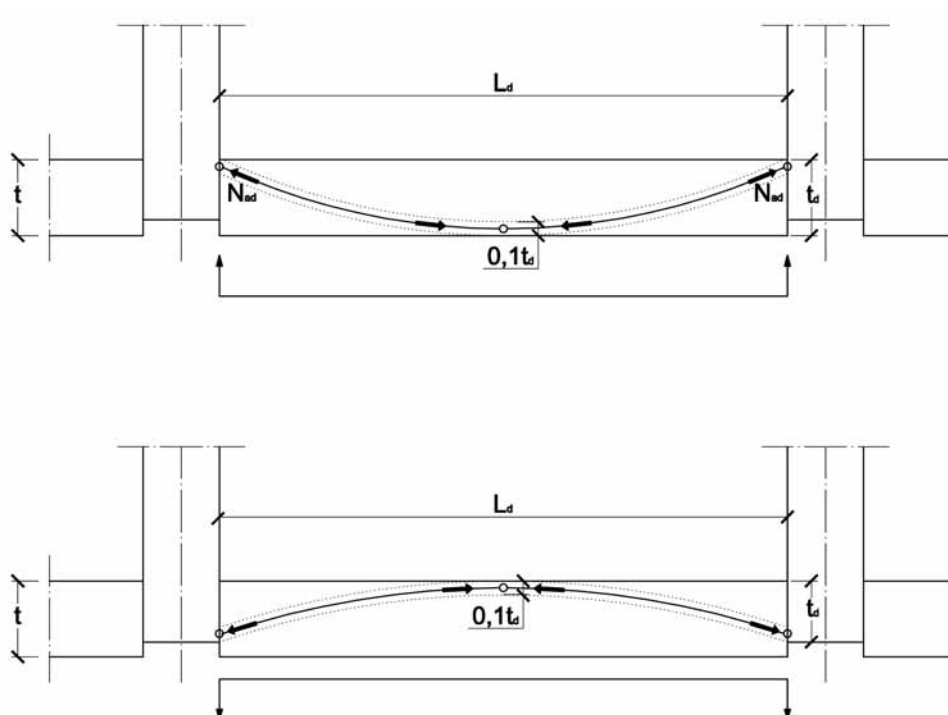


FIGURA 5.10. COMPORTAMIENTO DEL MURO COMO ARCO REBAJADO

4. A efectos de comprobar la capacidad de respuesta de los estribos, como valor de cálculo del empuje máximo, por unidad de longitud o altura del muro, N_{ad} , puede tomarse:

$$N_{ad} = q_d \cdot L^2 / 4 \cdot t_d \tag{5.31}$$

y cuando la deformación lateral es pequeña, la resistencia lateral de cálculo, q_{Rd} , es:

$$q_{Rd} = \frac{16}{9} \frac{f_d \left(\frac{t_d}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{t_d^2 + \frac{3 \cdot L^2 \cdot f_d}{2 \cdot E}} \right)^2}{L^2} \tag{5.32}$$

siendo:

- f_d la resistencia de cálculo de la fábrica;
- t_d el canto del arco;
- L la longitud o altura del arco.

5. Pequeñas variaciones en el valor de L pueden alterar los valores obtenidos en el cálculo del arco, por lo que esta comprobación no es fiable para fábricas que tengan retracción en su dirección.

5.5. LLAVES

1. En los muros capuchinos, sometidos a acciones laterales, se dispondrán llaves que sean capaces de trasladar la acción horizontal de una hoja a otra y capaces de transmitirla a los extremos.
2. Es suficiente un número de llaves igual a:

$$n = q_d / F_d \tag{5.34}$$

siendo:

- q_d el valor de cálculo de la acción lateral por unidad de superficie;





- F_d la resistencia de cálculo a compresión o tracción de una llave, que se especificará en proyecto.
- 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.
 - En un muro de revestimiento se considerará que las llaves transmiten toda la acción lateral q_d al muro portante.

5.6. FÁBRICA ARMADA A FLEXIÓN

- Este apartado trata de los elementos de fábrica armada, pretensado o confinada, sometidos predominantemente a flexión, tales como dinteles.
- En el instante 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.

5.6.1. Análisis de solicitaciones

- A efectos del análisis, la luz de cálculo L_d , de elementos aislados o continuos, se mide en general hasta el eje de cada elemento de sustentación, pero no más de hasta la cara más medio canto útil, d (Figura 5.13). Como canto útil se tomará, como en el caso de hormigón, la distancia entre el eje de la armadura principal traccionada y el borde opuesto.

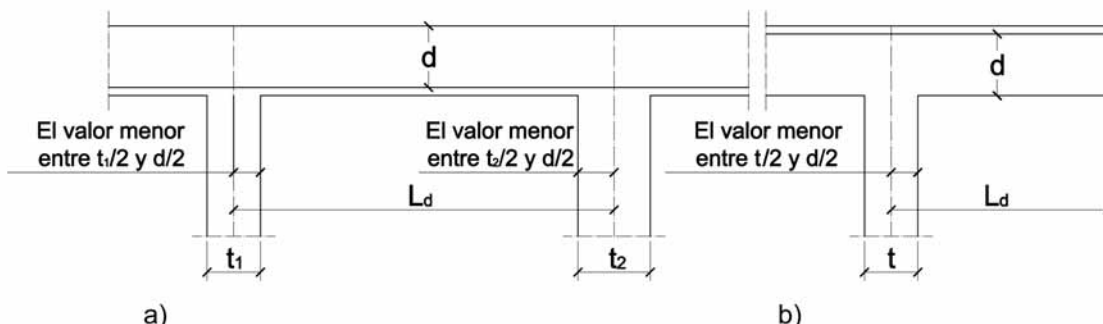


FIGURA 5.11. LUZ DE CÁLCULO DE ELEMENTOS EN FLEXIÓN

- La luz libre de un elemento de fábrica armada se limitará a los valores dados en la tabla 5.3.

TABLA 5.3. LIMITACIONES DE LA RELACIÓN ENTRE LUZ LIBRE A CANTO ÚTIL

Condiciones de borde	Relación de luz libre a canto útil	
	Muro ⁽¹⁾	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. 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 por 100 si los revestimientos admiten deformaciones sin dañarse.

3. Para asegurar la estabilidad lateral, la distancia libre entre apoyos no será mayor que $60 b_c$ ni que $250 \cdot b_c^2/d$, siendo b_c el ancho de la sección comprimida a mitad de vano, y d el canto útil de la viga.
4. En los voladizos arriostrados lateralmente sólo en el apoyo, la luz libre no será mayor que $25 b_c$ ni que $100 \cdot b_c^2/d$, siendo b_c el ancho de la sección en el apoyo.
5. Una vez analizadas las solicitaciones de un dintel, se pueden redistribuir con las mismas condiciones y limitaciones que establece la norma de hormigón vigente.
6. 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 si se cumple que:
 - a) Las acciones y las reacciones se pueden equilibrar mediante bielas a compresión a 45° y armadura de tracción.
 - b) En los extremos la armadura de tracción se ancla una longitud no inferior a la necesaria ni a una distancia de $2,5 d$.
 - c) En una sustentación intermedia, la armadura de tracción necesaria, se prolonga desde la cara del elemento de soporte una longitud de al menos la de anclaje más $2,5$.

5.6.2. Capacidad resistente

1. En todo lo que afecta a las armaduras o pasivas, y modelos de capacidad resistente de la sección, se seguirán, en lo que no se contradiga aquí, las prescripciones de la norma de hormigón vigente.
2. Los parámetros de deformabilidad del hormigón de relleno se considerarán iguales a los de la fábrica.
3. Cuando una zona incluya parte de fábrica y parte de hormigón, se tomará como resistencia de cálculo la del material menos resistente.

5.6.2.1. Solicitaciones normales

1. Para calcular el momento flector resistente de una sección, puede adoptarse como simplificación una distribución rectangular de tensiones, como la usada en hormigón, y por tanto la resistencia a momento se rige por la expresión clásica $M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$, con el brazo de palanca $z = d - x/2$, siendo x la profundidad del bloque comprimido a tensión constante.
2. Para muros de fábrica armada a flexión en voladizo, la profundidad x no será mayor que $d/2$.
3. La resistencia a momento en elementos con armaduras concentradas en nervios no será mayor que la que resulte de considerar la totalidad del ala comprimida.
4. Los elementos de fábrica armada con esbeltez mayor que 12, se comprobarán teniendo en cuenta los efectos de segundo orden, pudiendo aplicarse, por analogía, los procedimientos de la norma de hormigón vigente.
5. En las zonas comprimidas de la fábrica confinada, para aplicar un diagrama rectangular de tensiones, se considerará sólo la resistencia de la fábrica. Si hay armaduras en la zona de compresión no se considerarán.
6. Cuando la sección se pueda asimilar a una T o L, el espesor de las alas t_f se considerará no mayor que $0,5 d$ (donde d , es el canto útil de la sección). Se comprobará

que la fábrica situada entre las armaduras pueda resistir, si existen, los esfuerzos de flexión. Para secciones asimilables a T, el ancho eficaz del ala, b_{ef} , será no superior a el ancho del hueco armado o del nervio más 12 veces el espesor del ala (t_f), ni a un tercio de la altura del muro ni a la distancia entre huecos o nervios. Si se asimila a una L, los límites serán mitad de los señalados. En otro caso la anchura de la sección resistente no se tomará mayor que 3 veces el espesor de la fábrica (véase la Figura 5.12).

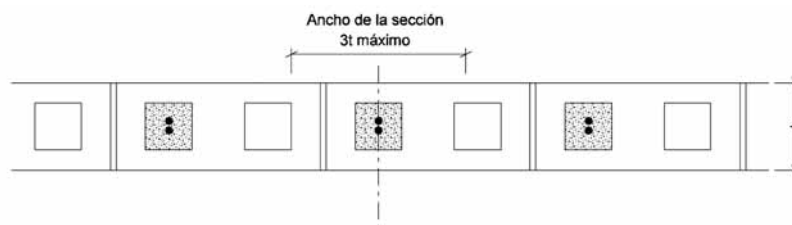


FIGURA 5.12. ANCHO DE LAS SECCIONES CON ARMADURAS CONCENTRADAS EN HUECOS

5.6.2.2. Solicitaciones tangenciales

1. En la comprobación a cortante de elementos de fábrica confinada, se despreciará la contribución de la armadura.
2. En tramos apoyados o en voladizo de luz corta, cuya *luz a cortante*, a_v , (relación entre el máximo momento flector de cálculo de la pieza y el máximo cortante en el extremo considerado) sea menor que dos veces el canto útil, el valor del término de resistencia de la fábrica, f_{vd} , puede multiplicarse por el factor:

$$k = 2d / a_v \leq 4 \quad (5.35)$$

sin que el valor resultante supere $0,7 \text{ N/mm}^2$.

5.7. VIGAS DE GRAN CANTO

5.7.1. Análisis

1. Se consideran vigas de gran canto las que tienen una luz libre inferior al doble del canto.
2. La luz de cálculo se medirá con la regla de las vigas, pero sin superar 1,15 veces la luz libre, y como brazo mecánico, z , se tomará el valor:

$$z = 0,4 h + 0,2 L_d < 0,7 L_d \quad (5.36)$$

donde h es la altura libre del paño de muro que forma la viga.

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 las sustentaciones.
4. 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.
5. Si la continuidad lateral del muro permite contrarrestar empujes, para el cálculo se podrá usar el criterio de que la parte de muro superior que carga sobre la viga es

7. EJECUCIÓN

7.1. EJECUCIÓN DE MUROS

7.1.1. *Humectación de las piezas*

1. Las piezas, fundamentalmente las de cerámica, se humedecerán antes de su empleo en la ejecución de la fábrica, bien por aspersión, bien por inmersión, durante unos minutos. 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.

7.1.2. *Colocación de las piezas*

1. Las piezas se colocarán siempre a restregón, sobre una tortada de mortero, hasta que el mortero rebose por la llaga y el tendel. 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.

7.1.3. *Relleno de juntas*

1. Una llaga se considera llena si el mortero maciza el grueso total de la pieza en al menos el 40 por 100 de su tizón; se considera hueca en caso contrario.
2. El mortero debe llenar totalmente las juntas de tendel (salvo caso tendel hueco) y llagas, en función del tipo de pieza utilizado.
3. Cuando se especifique la utilización de juntas delgadas, las piezas se asentarán cuidadosamente para que las juntas mantengan el espesor establecido de manera uniforme.
4. El llagueado en su caso, se realizará mientras el mortero esté fresco.
5. Sin autorización expresa, en muros de espesor menor que 200 mm, las juntas no se rehundirán en una profundidad mayor que 5 mm.
6. De procederse al rejuntado, el mortero tendrá las mismas propiedades que el de asentar las piezas. 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.

7.1.4. *Traba de la fábrica*

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. Si esto no fuera posible, se dejará formando alternativamente entrantes, adarajas y salientes, endejas.
2. 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 7.1). 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.

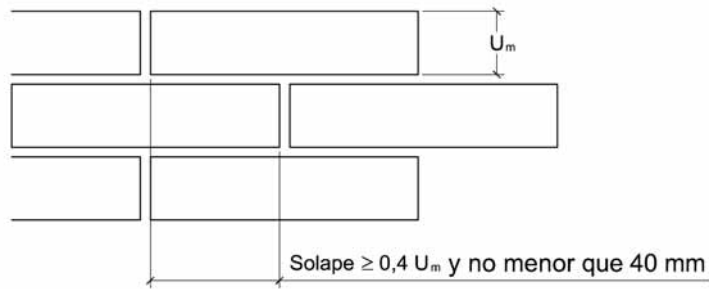


FIGURA 7.1. SOLAPE DE PIEZAS DE FÁBRICA

7.1.5. Detalle de aparejos de fábrica

1. Para poder emplear los valores y ecuaciones del apartado 4.6 y del anejo C, 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. Las Figuras 7.2, 7.3 y 7.4 muestran distintos tipos de aparejo.

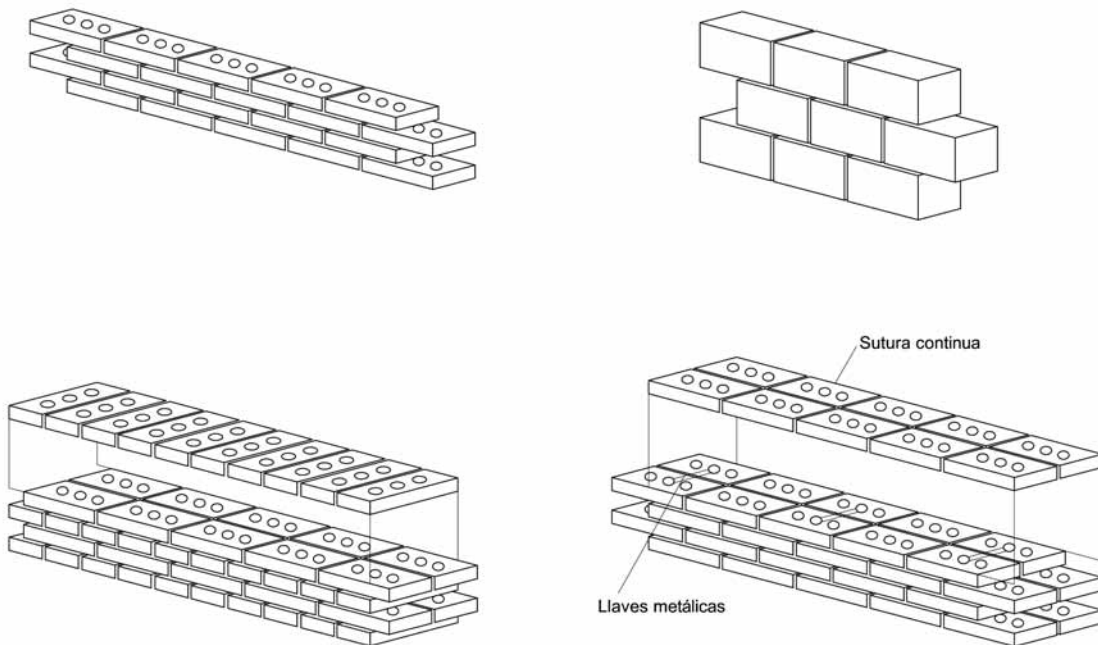


FIGURA 7.2. EJEMPLOS DE APAREJO CON PIEZAS MACIZAS

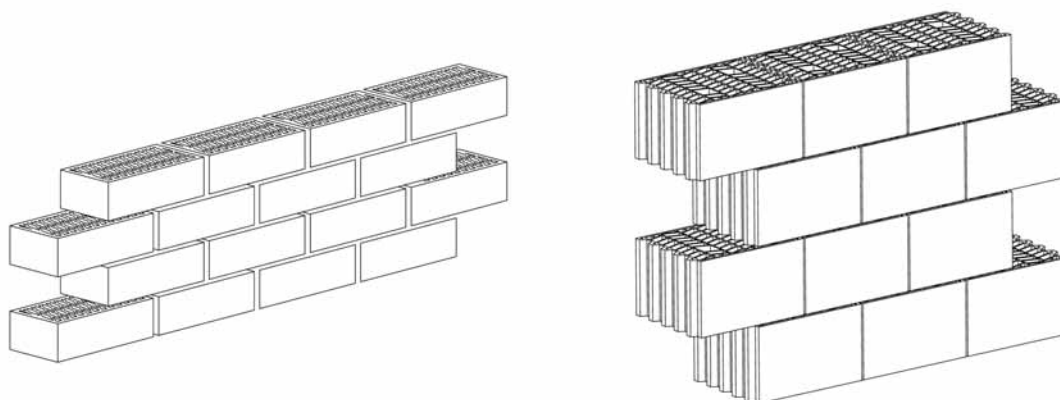


FIGURA 7.3. EJEMPLOS DE APAREJO CON PIEZAS ALIGERADAS Y HUECAS

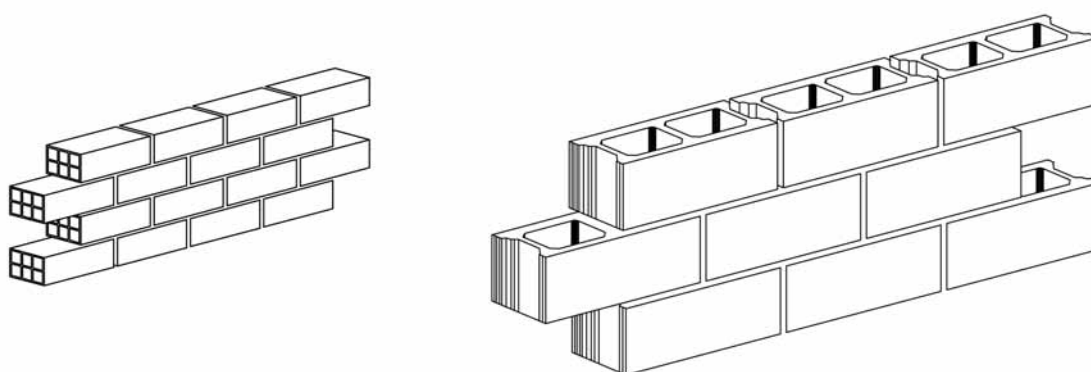


FIGURA 7.4. EJEMPLOS DE APAREJO CON PIEZAS ALIGERADAS

7.1.6. *Apoyos de cargas concentradas*

1. La longitud apoyo de una carga concentrada sobre un muro será no menor que 100 mm.

7.2. DINTELES

1. Aunque en el cálculo se suponga que los extremos de los dinteles están simplemente apoyados, se dispondrá una armadura de continuidad sobre los apoyos, de una sección no inferior al 50 por 100 de la armadura en el centro del vano y se anclará de acuerdo con el apartado 7.4.
2. En dinteles, la armadura del centro del vano se prolongará hasta los apoyos, al menos el 25 por 100 de su sección, y se anclará según el apartado citado.

7.3. ENLACES

7.3.1. *Enlace entre muros y forjados*

7.3.1.1. Generalidades

1. Cuando se considere que los muros están arriostrados por los forjados, se enlazarán a éstos de forma que se puedan transmitir las acciones laterales.



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. 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.

7.3.1.2. 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.

7.3.1.3. Enlace por rozamiento

1. 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.

7.3.2. Enlace entre muros

7.3.2.1. Generalidades

1. Es recomendable que los muros que se vinculan se levanten simultáneamente.

7.3.2.2. Muros capuchinos

1. El número de llaves que vinculan las dos hojas de un muro capuchino no será menor que 2 por m². Si se emplean armaduras de tendel cada elemento de enlace se considerará como una llave.
2. Se colocarán llaves en cada borde libre y en las jambas de los huecos.
3. Al elegir las llaves se considerará cualquier posible movimiento diferencial entre las hojas del muro, o entre una hoja y un marco.

7.3.2.3. Muros doblados

1. Las dos hojas de un muro doblado (véase Anejo A) se enlazarán eficazmente mediante conectores capaces de transmitir las acciones laterales entre las dos hojas, con un área mínima de 300 mm²/m² de muro, con conectores de acero dispuestos uniformemente en número no menor que 2 conectores/ m² de muro.
2. Algunas formas de armaduras de tendel pueden también actuar como llaves entre las dos hojas de un muro doblado, por ejemplo las mostradas en la norma UNE EN 845-3:2006.

3. En la elección del conector se tendrán en cuenta posibles movimientos diferenciales entre las hojas.

7.3.3. 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.

7.4. ROZAS Y REBAJES

1. En muros de carga, para la ejecución de rozas y rebajes, se debe contar con las órdenes del director de obra, bien expresas o bien por referencia a detalles del proyecto.
2. La ejecución de rozas tendrá en cuenta la no afectación a 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.
3. 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 entre mortero y pieza.
4. No se realizarán rozas en las zonas provistas de armadura.

7.5. DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS ARMADURAS

7.5.1. Sección mínima de la armadura

1. La sección de la armadura principal no será menor que el 0,1 por 100 de la sección del muro (producto del canto útil por el ancho eficaz que se considera). En los muros en que los tendeles se han armado para incrementar su resistencia frente a cargas laterales, la sección de dicha armadura no será menor que el 0,03 por 100 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 por 100 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 por 100 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.
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. Las barras corrugadas o grafiladas tendrán un diámetro nominal mínimo de 6mm. Las barras o alambres de las mallas o armaduras de tendel tendrán un diámetro nominal mínimo de 5mm. En el caso de armaduras electrosoldadas en celosía, podrán emplearse,



en los elementos transversales de conexión de la celosía, alambres de 4 y 4,5 mm de diámetro.

7.5.2. Anclajes y empalmes

7.5.2.1. Anclaje

1. El anclaje puede ser por prolongación recta, gancho, patilla, u horquilla, según la Figura 7.5.
2. No se emplearán anclajes por prolongación recta o por patilla en barras lisas de más de 8 mm de diámetro. En barras a compresión no se emplearán anclajes de gancho, patilla u horquilla.
3. Como longitud de anclaje recto l_b de una barra, admitiendo que la tensión de adherencia es constante, es suficiente:

$$l_b = \frac{\Phi f_{yd}}{4 f_{bod}} \quad (7.1)$$

siendo:

- Φ el diámetro eficaz de la barra de acero;
- f_{yd} resistencia de cálculo del acero de armado;
- f_{bod} es la resistencia de cálculo de anclaje por adherencia del acero para armar, obtenida a partir de la tablas 4.8.

4. Cuando se utilice gancho, patilla y horquilla la longitud de anclaje de las barras a tracción puede reducirse a $0,7 l_b$.
5. Cuando la sección de la armadura es mayor que la requerida por el cálculo, la longitud de anclaje puede reducirse proporcionalmente, con un mínimo de $0,3 l_b$, 10 diámetros, o 100 mm. En compresión además con un mínimo de $0,6 \cdot l_b$.

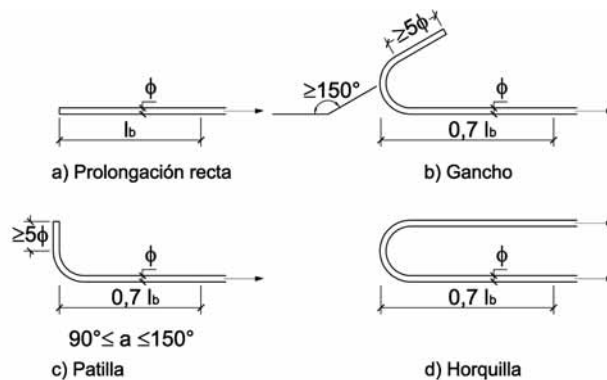


FIGURA 7.5. TIPOS DE ANCLAJE

6. 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. El área total mínima de la armadura transversal será el 25 por 100 de la sección de la barra anclada.
7. En las armaduras de tendel, la longitud de anclaje se obtendrá en función de la resistencia característica de anclaje por adherencia determinada en el apartado 4.5.3.

ANEJO A. TERMINOLOGÍA

1. FÁBRICAS.

Fábrica: Conjunto trabado de piezas asentadas con mortero.

Fábrica armada: Fábrica en la que se colocan barras, mallas o armaduras de tendel, generalmente de acero, embebidas en mortero u hormigón, de modo que todos los materiales trabajen en conjunto.

Fábrica pretensada: Fábrica en la que se han generado intencionalmente tensiones de compresión mediante tesado de tendones.

Fábrica confinada: Fábrica 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).

Aparejo de la fábrica: Disposición regular de las piezas trabadas para que trabajen conjuntamente.

2. RESISTENCIAS DE LA FÁBRICA.

Resistencia característica de la fábrica: el valor correspondiente al fractil 5 % de todas las mediciones efectuadas de la fábrica.

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.

Resistencia normalizada a compresión, f_b : Resistencia a compresión de las piezas para fábricas, que se especifica como tal en el proyecto, y que sirve de referencia para deducir el resto de características mecánicas y resistentes que intervienen en el cálculo de la sección total bruta.

Resistencia a corte de la fábrica: Resistencia de la fábrica sometida a esfuerzo cortante.

Resistencia a flexión de la fábrica: Resistencia de la fábrica a flexión pura.

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.

Pieza de fábrica: Componente conformado, para utilizarse en la construcción de fábricas.

Piezas macizas, perforadas, aligeradas o huecas: Designación de las piezas de fábrica, según el porcentaje, tamaño y orientación de sus huecos.

Tabla: Cara superior o inferior de una pieza de fábrica colocada en posición.

Rebajo: Rehundido conformado durante la fabricación, en una o ambas tablas de la pieza.

Hueco: Vacío conformado en una pieza que puede o no atravesarla completamente.

Asa: Vacío conformado en una pieza para facilitar su manejo y permitir levantarla con las manos o con utillaje.

Tabiquillo: Material entre huecos de una pieza.





Pared: Material perimetral entre una cara de una pieza y un hueco.

Área bruta: Área de la sección de la pieza sin descontar el área de los huecos, asas y rebajes.

Resistencia a compresión de piezas de fábrica: Resistencia media a compresión

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 × 100 mm de alto.

Resistencia característica a compresión de piezas de fábrica: Resistencia a compresión correspondiente al fractil 5 % de la resistencia.

4. MORTEROS.

Mortero: Mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, y, en su caso, adiciones y aditivos.

Mortero ordinario: Mortero para juntas de espesor mayor de 3 mm, y en cuya elaboración se utilizan sólo áridos ordinarios.

Mortero de junta delgada: Mortero por dosificación para juntas de espesor entre 1 mm y 3 mm.

Mortero ligero: Mortero por dosificación cuya densidad en desecado sea inferior a 1.500 kg/m³.

Mortero por resistencia: Mortero elaborado de modo que en los ensayos cumpla las propiedades establecidas.

Mortero por dosificación: Mortero elaborado con una dosificación establecida, cuyas propiedades se suponen ligadas a ella.

Mortero preparado: Mortero dosificado y amasado en factoría, y servido en obra.

Mortero seco: Constituyentes secos del mortero con la dosificación y condiciones exigidas mezclados en factoría, que se amasan en obra.

Mortero de obra: Cuyos componentes se dosifican y se amasan en obra.

Resistencia a compresión del mortero: Resistencia media a compresión de probetas de mortero ensayadas tras 28 días de curado.

5. HORMIGÓN DE RELLENO.

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

6. ARMADURAS.

Acero para armar: Acero para armaduras de uso en fábricas.

Armadura de tendel: Armadura de acero prefabricada para su colocación en los tendeles.

Acero para pretensar: Acero para alambres, barras, torzales, cordones o cables, de uso en fábricas.

7. COMPONENTES AUXILIARES.

Barrera antihumedad: Lámina impermeabilizante, piezas de fábrica u otro material que se coloca en las fábricas para impedir el paso del agua.

f_{vk}	resistencia característica a corte de la fábrica
f_{vko}	resistencia característica a corte de fábrica con compresión nula
f_{xd}	resistencia de cálculo a flexión de la fábrica
f_{xk}	resistencia característica a flexión de la fábrica
f_{yk}	resistencia característica a tracción del acero de armar
f_y	límite elástico del acero de armar
f_{yd}	límite característico del acero de armar
G	módulo de elasticidad transversal
g	ancho total de las bandas de mortero en el muro de tendel hueco
h	altura libre de un muro, altura al nivel de una carga puntual
h_d	altura de cálculo de un muro
h_m	canto total de una sección
h_{tot}	altura total de un edificio
I	momento de inercia del área de un elemento
K	constante relativa a la resistencia característica a compresión de la fábrica
k	relación 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_b	longitud de anclaje de una armadura de acero
L_d	longitud de cálculo de un muro u otro elemento
M_{Rd}	momento flector resistente de cálculo de un muro
M_{Sd}	momento flector de cálculo
N_{Rd}	esfuerzo vertical resistente de cálculo de un muro
N_{Sd}	esfuerzo vertical de cálculo en un muro
q_{Rd}	resistencia lateral de cálculo por unidad de longitud de muro
s	separación entre armaduras transversales
t	espesor de un muro o de una hoja
t_d	espesor de cálculo de un muro
t_f	espesor de un ala
u_m	altura de una pieza de fábrica
V_{Rd}	esfuerzo cortante resistente de cálculo de la fábrica
V_{Sd}	esfuerzo cortante de cálculo
x	profundidad de la zona comprimida de un elemento
z	brazo de palanca de un elemento de fábrica armada a flexión
Z	módulo resistente aparente de una sección
α	ángulo de la armadura transversal con el eje
δ	factor que considera la altura y el ancho de las piezas de fábrica
ε	dilatación
ε_{cc}	dilatación final por fluencia
ε_{el}	dilatación elástica



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
φ_∞	coeficiente final de fluencia
μ	relación ortogonal de resistencias a flexión
σ	tensión normal
σ_d	tensión de compresión vertical de cálculo
σ_{dp}	tensión permanente vertical
γ_M	coeficiente parcial de seguridad para propiedades de los materiales
γ_S	coeficiente parcial de seguridad del acero
\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/mm²
 - momentos: kN · 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. VALORES DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN

1. La resistencia característica a la compresión, f_k , en N/mm², de una fábrica realizada con mortero ordinario con juntas extendidas a todo el grueso, puede calcularse con la ecuación:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25} \quad (C.1)$$

con f_m no mayor que 20 N/mm², ni que $0,75 \cdot f_b$

donde:

K es una constante, de valor:

- a) en muros de una hoja, cuando el grueso de la fábrica sea igual al tizón o a la soga de las piezas $K = 0,60$ para piezas macizas, $K = 0,55$ para piezas perforadas, $K = 0,50$ para las aligeradas y $K = 0,40$ para las huecas.
- b) en muros de dos hojas o con suturas continuas, $K = 0,50$ para piezas macizas, $K = 0,45$ para las perforadas y $K = 0,40$ para las aligeradas.

- 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 , no mayor que 20 N/mm^2 , ni que f_b .

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 macizas, silicocalcáreas o de hormigón celular de autoclave, con mortero de junta delgada, puede calcularse con la ecuación C.2:

$$f_k = 0,8 \cdot f_b^{0,85} \quad (\text{C.2})$$

siempre que las piezas de fábrica tengan tolerancias dimensionales idóneas para su empleo con juntas delgadas; 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 haya discontinuidades contenidas en el grueso.

- b) La resistencia característica a compresión 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 C.1, siempre que se cumplan los requisitos indicados en el caso a), siendo $K=0,70$ para piezas macizas, $K=0,60$ para las perforadas y $K=0,50$ para las aligeradas.

3. La resistencia característica, f_k , en N/mm^2 a compresión de una fábrica con mortero ligero, si las piezas son macizas, perforadas o huecas y las juntas son llenas, puede tomarse igual a:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \quad (\text{C.3})$$

siempre que f_b no se tome mayor que 15 N/mm^2 , 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 siendo:

- $K = 0,80$ 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.
- $K = 0,55$ 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.

NOTA. El valor de K incluye la influencia de la resistencia del mortero sobre la resistencia característica a compresión de la fábrica.

4. La resistencia característica a compresión de una fábrica con llagas a hueso se puede obtener con las formulas C.1; C.2 y C.3, siempre que la resistencia a cortante se deduzca de la aplicación de la ecuación C.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.

- a) La resistencia característica a compresión de una fábrica de este tipo, con piezas macizas, asentadas sobre dos bandas iguales de mortero ordinario en los bordes exteriores de la tabla de las piezas, se obtendrá con la ecuación C.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 es:

$$K = 1,1 - b_s / t$$

donde:

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

t es el grueso del muro.

c) La resistencia característica a compresión de fábricas con tendeles huecos, con piezas perforadas o aligeradas, se obtendrá mediante la ecuación C.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.



ANEJO D. DETERMINACIÓN DEL FACTOR Φ A MEDIA ALTURA DE UN MURO

1. El valor del coeficiente Φ , a media altura de un muro se obtiene a partir de la expresión:

$$\Phi = A_1 e^{-\frac{u^2}{2}} \quad (D.1)$$

donde:

$$A = 1 - 2 \frac{e_m}{t} \quad (D.2)$$

$$u = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 \frac{e_m}{t}} \quad (D.3)$$

donde:

$$\lambda = \frac{h_d}{t_d} \sqrt{\frac{f_k}{E}} \quad (D.4)$$

siendo:

e_m excentricidad por pandeo/fluencia, según 5.2.4;

t espesor del muro;

h_d altura eficaz del muro, según 5.2.5;

t_d espesor eficaz del muro, según 5.2.6;

f_k resistencia característica de la fábrica;

E módulo de elasticidad de la fábrica.