

CAPITULO 6. TABIQUES SISMORRESISTENTES DE HORMIGON ARMADO

6.1. CONTENIDO

Este Capítulo 6 contiene las disposiciones para análisis, dimensionamiento y detalle de Tabiques Sismorresistentes de Hormigón Armado que integran sistemas estructurales sometidos a excitaciones sísmicas.

6.2. DEFINICION Y CLASIFICACION DE LOS TABIQUES SISMORRESISTENTES

Se considerarán como Tabiques Sismorresistentes de Hormigón Armado aquellos elementos estructurales verticales cuya sección transversal horizontal cumpla la siguiente condición:

$$l_w / b_w > 4$$

siendo:

l_w la longitud del tabique (lado mayor de la sección transversal horizontal);

b_w el espesor del tabique (lado menor de la sección transversal horizontal).

6.2.1. Tabiques sismorresistentes simples

Se entenderá por tales, aquellos tabiques que en toda su altura no presentan aberturas regularmente distribuidas ni conexiones significativas con otros tabiques.

Los Tabiques Sismorresistentes Simples se clasifican en:

a) Esbeltos

Cuando se cumple la siguiente condición:

$$H_w / l_w \geq 2$$

siendo:

H_w la altura total del tabique;

l_w la longitud del tabique.

b) Bajos

Cuando se cumple la siguiente condición:

$$H_w / l_w < 2$$

6.2.2. Tabiques sismorresistentes acoplados

a) Se define como Tabiques Sismorresistentes Acoplados al sistema estructural constituido por un conjunto de dos o más tabiques simples, conectados por elementos de significativa rigidez y resistencia en forma regular a lo largo de su altura.

b) Para conformar el sistema estructural denominado Tabiques Sismorresistentes Acoplados, diseñado con especiales condiciones de ductilidad y al que se le asigna una ductilidad global $\mu = 6$ en el artículo 8.3 del Capítulo 8 de la PARTE I de este Reglamento, las Vigas de Acoplamiento deberán cumplir las siguientes condiciones:

- La relación entre la luz libre (medida de borde a borde de los tabiques que conecta) y la altura total de su sección, deberá cumplir la siguiente condición:

$$l / d \leq 2,5$$

siendo:

l la luz libre de la viga de acoplamiento;

d la altura total de la sección de la viga de acoplamiento.

- Se diseñarán con especiales condiciones de ductilidad, empleando armadura diagonal en dos direcciones según se indica en el artículo 6.11.4. de este Capítulo 6.

6.3. ACCIONES DE DISEÑO

Las acciones de diseño para los tabiques sismorresistentes se obtendrán a partir de las solicitaciones últimas que resultan de aplicar los estados de carga indicados en el Capítulo 10 de la PARTE I de este Reglamento, modificadas apropiadamente según se indica a continuación:

6.3.1. Redistribución de solicitaciones entre tabiques

La distribución de la fuerza sísmica global entre varios tabiques, que resulta de un análisis estructural elástico, puede ser ulteriormente redistribuida en forma parcial.

Se admite reducir hasta en un 30 % las fuerzas relativas a un tabique, incrementando consecuentemente las correspondientes a los demás tabiques, siempre que se respete el equilibrio entre las fuerzas totales operantes y las reacciones de los tabiques.

6.3.2. Solicitaciones de flexión para el diseño

Para el diseño se considerará una envolvente lineal de los momentos flexores calculados a lo largo de toda la altura, con un decalaje vertical igual a la longitud l_w del tabique.

El diagrama de momentos flexores calculados resulta de las fuerzas sísmicas correspondientes al tabique, teniendo en cuenta la eventual redistribución indicada en el artículo 6.3.1. precedente.

6.3.3. Fuerzas axiales

a) En general, se considerarán los esfuerzos axiales últimos que resultan de aplicar los estados de carga indicados en el Capítulo 10 de la PARTE I de este Reglamento.

b) En los sistemas de Tabiques Sismorresistentes Acoplados diseñados con especiales condiciones de ductilidad (artículo 6.2.2.b), las fuerzas axiales de diseño inducidas por las acciones sísmicas laterales se evaluarán considerando la resistencia al corte de las vigas de acoplamiento ubicadas por encima de la sección considerada.

La resistencia al corte de las vigas de acoplamiento se determinará considerando los valores característicos de las resistencias de los materiales y amplificándola luego por 1,25.

6.3.4. Valores de diseño para esfuerzos de corte

Los esfuerzos de corte últimos Q_u calculados a partir de los estados de carga indicados en Capítulo 10 de la PARTE I de este Reglamento eventualmente modificados por la redistribución indicada en el artículo 6.3.1., a los efectos de diseño se amplificarán por el factor f_{aq} que se indica en los artículos 6.3.4.1. y 6.3.4.2., de la siguiente forma:

$$Q_{ud} = f_{aq} \cdot Q_u$$

siendo:

Q_{ud} el esfuerzo de corte para el diseño resistente;

f_{aq} el factor de amplificación de los esfuerzos de corte;

Q_u el esfuerzo de corte último calculado según los estados de carga indicados en el Capítulo 10 de la PARTE I de este Reglamento.

6.3.4.1. Tabiques de Hormigón Armado Sismorresistente

6.3.4.1.1. Procedimiento de análisis con fuerzas estáticas equivalentes

Cuando las fuerzas sísmicas se determinen empleando el Método Estático según se indica en el Capítulo 14 de la PARTE I de este Reglamento, los esfuerzos de corte se amplificarán mediante el siguiente coeficiente:

$$f_{aq} = 1,25 [1 + 0,04 (n-1)]$$

siendo:

f_{aq} el factor de amplificación de los esfuerzos de corte;

n el número total de pisos de la estructura.

La expresión entre corchetes representa la magnificación dinámica. El valor del coeficiente de amplificación no podrá exceder de 2,25.

6.3.4.1.2. Análisis mediante métodos dinámicos

Cuando las solicitaciones sísmicas se determinen empleando alguno de los procedimientos de análisis dinámico establecidos en el Capítulo 14 de la PARTE I de este Reglamento, los esfuerzos de corte se amplificarán mediante el coeficiente $f_{aq} = 1,25$.

6.3.4.2. Tabiques de Hormigón Armado Sismorresistente diseñados con especiales condiciones de ductilidad

Los esfuerzos de corte para el diseño se establecerán en función de la resistencia efectiva a la flexión que es posible desarrollar en la sección de base del tabique considerado.

6.3.4.2.1. Procedimiento de análisis con fuerzas estáticas equivalentes

Cuando las fuerzas sísmicas se determinen empleando el Método Estático según se indica en el Capítulo 14 de la PARTE I de este Reglamento, los esfuerzos de corte se amplificarán mediante el siguiente coeficiente:

$$f_{aq} = M_{ue} / M_u \cdot [1 + 0,04 (n - 1)]$$

siendo:

f_{aq} el factor de amplificación de los esfuerzos de corte;

M_{ue} el momento flexor resistente efectivo de la sección de base del tabique;

M_u el momento flexor calculado para la sección de base del tabique, según las acciones sísmicas establecidas en la PARTE I de este Reglamento;

n el número total de pisos de la estructura.

El momento flexor resistente efectivo M_{ue} en la sección de base del tabique, se determinará considerando la armadura efectivamente colocada y las características reales de la sección. Se tendrá en cuenta la presencia del correspondiente esfuerzo axial.

No se considerarán valores de M_{ue} / M_u que resulten menores que 1,35 ni mayores que 4.

6.3.4.2.2. Análisis mediante métodos dinámicos

En este caso, los esfuerzos de corte calculados se amplificarán mediante el coeficiente f_{aq} obtenido de la siguiente expresión:

$$f_{aq} = M_{ue} / M_u$$

6.3.4.2.3. Tabiques Sismorresistentes Acoplados

Cuando se trate de tabiques sismorresistentes acoplados diseñados con especiales condiciones de ductilidad según se indica en el artículo 6.2.2.b), cualquiera sea el procedimiento de análisis empleado, los esfuerzos de corte calculados para los tabiques se amplificarán mediante el coeficiente f_{aq} obtenido de la siguiente expresión:

$$f_{aq} = M_{ue} / M_u$$

6.4. LIMITACIONES DIMENSIONALES PARA TABIQUES SISMORRESISTENTES

6.4.1. Condiciones generales sobre el espesor mínimo de los tabiques

En todos los casos deberán cumplirse los siguientes requerimientos sobre el espesor mínimo de los tabiques:

a) El espesor, en cualquier parte del tabique, deberá cumplir la siguiente condición:

$$b_w \geq 15 \text{ cm} / Z$$

siendo:

b_w el espesor del tabique;

Z el factor de zona sísmica según el artículo 1.3.

b) El espesor del tabique deberá cumplir, además, la siguiente condición:

$$b_w \geq d_{det} / (20 Z)$$

siendo:

b_w el espesor del tabique;

d_{det} la menor de las dos distancias posibles entre ejes horizontales o verticales de apoyos continuos del tabique;

Z el factor de zona sísmica según el artículo 1.3.

Para tabiques que tengan apoyado sólo un borde vertical, se considerará como d_{det} la distancia entre ejes de apoyos horizontales.

Se considerarán bordes apoyados del tabique, aquellos en que se encuentre impedido su desplazamiento en dirección perpendicular a su plano.

Pueden considerarse como apoyos las losas de entrepisos, tabiques arriostrantes transversales u otros elementos suficientemente rígidos.

Los elementos arriostrantes verticales deben construirse simultáneamente con el tabique considerado. Los tabiques transversales de arriostamiento deben tener una longitud no menor que un quinto de la distancia entre ejes de apoyos horizontales del tabique considerado.

6.4.2. Condiciones particulares sobre el espesor mínimo de los tabiques para ductilidad global mayor que 4

Cuando para la determinación del Factor de Reducción R (Capítulo 8 de la PARTE I de este Reglamento) se adopta una ductilidad global mayor que 4, adicionalmente a los requerimientos indicados en el artículo 6.4.1., en construcciones de dos o más pisos, en las zonas de tabiques que presenten un acortamiento específico igual o mayor que 0,0015 para las solicitaciones de flexión y compresión derivadas de los estados de carga indicados en el Capítulo 10 de la PARTE I de este Reglamento y modificadas según el presente Capítulo 6, el espesor del tabique no podrá ser menor que $Z/10$ de la distancia entre apoyos horizontales del tabique considerado. Esta prescripción podrá quedar sin efecto si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

a) La fibra que presenta un acortamiento específico de 0,0015 se encuentra ubicada a una distancia del borde más comprimido igual o menor que el doble del espesor del tabique o que un quinto de su longitud (será determinante el menor de los dos valores de la distancia límite):

$$x_{0,0015} \leq 2b_w$$

$$x_{0,0015} \leq 0,20l_w$$

siendo:

$x_{0,0015}$ la distancia desde el borde más comprimido del tabique, hasta la fibra que presenta un acortamiento específico igual a 0,0015;

b_w el espesor del tabique;

l_w la longitud del tabique.

b) La fibra que presenta un acortamiento específico igual a 0,0015 se encuentra a una distancia del borde próximo de un arriostramiento vertical, igual o menor que el triple del espesor del tabique considerado:

$$d_{0,0015} \leq 3b_w$$

6.4.3. Espesor mínimo de vigas de acoplamiento con armadura diagonal en dos direcciones

Para las vigas de acoplamiento en que sea necesario utilizar armaduras diagonales en dos direcciones según el artículo 6.11.4., el espesor mínimo será igual a 20 cm / Z.

6.5. DIMENSIONAMIENTO DE TABIQUES A FLEXION SIMPLE Y COMPUESTA

Los tabiques sismorresistentes de hormigón armado se dimensionarán para las solicitaciones últimas derivadas de los estados de carga indicados en el Capítulo 10 de la PARTE I de este Reglamento, modificadas según se prescribe en el presente Capítulo 6, utilizando los principios básicos indicados en el artículo 17.2.1. del Reglamento CIRSOC 201 y considerando la posición efectiva de las armaduras verticales de los tabiques.

En el caso de tabiques esbeltos, cuando los requerimientos de armaduras verticales exceden los valores mínimos establecidos en este Capítulo 6, se recomienda concentrar parte de las mismas en las zonas de bordes verticales del tabique.

6.6. DIMENSIONAMIENTO PARA ESFUERZOS DE CORTE

6.6.1. Valor de cálculo de la tensión de corte última

En la sección que se considere del tabique, el valor de cálculo de la tensión de corte última se evaluará convencionalmente mediante la siguiente expresión:

$$\tau_{ou} = Q_{ud} / (0,9 \cdot b_w \cdot l_w)$$

siendo:

τ_{ou} el valor de cálculo de la tensión de corte última;

Q_{ud} el esfuerzo de corte último para el diseño resistente determinado según el artículo 6.3.4.;

b_w el espesor del tabique;

l_w la longitud del tabique.

6.6.2. Valor límite de la tensión de corte última

El máximo valor de cálculo de la tensión de corte última τ_{ou} deberá cumplir la siguiente condición:

$$\max \tau_{ou} \leq Z \cdot 0,95 \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

siendo:

$\max \tau_{ou}$ el máximo valor de la tensión de corte última τ_{ou} ;

Z el factor de zona sísmica según el artículo 1.3.;

σ'_{bk} resistencia característica de rotura a la compresión del hormigón expresada en MN/m²

6.6.3. Determinación de las armaduras de corte en tabiques esbeltos

A los fines de la determinación de armaduras de corte en tabiques sismorresistentes esbeltos (artículo 6.2.1.a)) se considerarán dos zonas de los mismos, a saber:

- **Zona Crítica:** es aquella en que se prevén potenciales plastificaciones como consecuencia de las acciones sísmicas.

- **Zonas Normales:** son aquellas en que no se prevén plastificaciones significativas. Son las zonas del tabique ubicadas fuera de la zona crítica.

6.6.3.1. Delimitación de la Zona Crítica

A los efectos del dimensionamiento para esfuerzos de corte, se considerará como crítica la zona del tabique que se extiende desde el borde horizontal de fundación hasta una altura h_{qw} .

La altura de la zona crítica h_{qw} a considerar debe ser por lo menos igual al mayor de los siguientes valores:

Un sexto de la altura total H_w del tabique:

$$h_{qw} \geq H_w / 6$$

La longitud l_w del tabique:

$$h_{qw} \geq l_w$$

La altura del primer entrepiso de la estructura:

$$h_{qw} \geq h_1$$

No se considerará una altura h_{qw} mayor que el doble de la longitud l_w del tabique.

6.6.3.2. Valores minorados de la tensión de corte para la determinación de armaduras en la zona crítica.

En la zona crítica definida en el artículo 6.6.3.1., las armaduras se determinarán a partir de los valores minorados T_u de la tensión de corte que se indican a continuación:

6.6.3.2.1. Existencia de tensión de compresión axial significativa

Si la tensión de compresión axial derivada del mínimo esfuerzo axial coexistente con el esfuerzo de corte considerado es mayor que $0,12 \beta_R$, para el cálculo de las armaduras se tendrá en cuenta la tensión de corte minorada según las siguientes expresiones:

$$\text{Para hormigones tipo H-13 y H-17: } T_u = T_{ou} - 0,40 \sqrt{\sigma'_{bk}} \cdot n_u^* \text{ mín} \leq T_{ou} - 0,18 \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

$$\text{Para hormigones tipo H-21 y H-47: } T_u = T_{ou} - 0,47 \sqrt{\sigma'_{bk}} \cdot n_u^* \text{ mín} \leq T_{ou} - 0,20 \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

siendo:

T_u el valor minorado de la tensión de corte para el cálculo de las armaduras;

T_{ou} el valor de cálculo de la tensión de corte última, determinado según el artículo 6.7.2.;

σ'_{bk} la resistencia característica de rotura a la compresión del hormigón expresada en MN/m^2 ;

$n_u^* \text{ mín}$ el mínimo esfuerzo específico de compresión, dado por la siguiente expresión:

$$n_u^* \text{ mín} = N_u^* \text{ mín} / (b_w \cdot l_w \cdot \beta_R) > 0,12$$

donde:

$N_u^* \text{ mín}$ es la mínima fuerza de compresión de diseño coexistente con el esfuerzo de corte considerado;

b_w es el espesor del tabique;

l_w es la longitud del tabique;

β_R es el valor de cálculo de la resistencia del hormigón.

6.6.3.2. Tensión de compresión axial reducida o nula

Si la tensión de compresión axial derivada del mínimo esfuerzo axial coexistente con el corte considerado es igual o menor que $0,12 \beta_R$, no podrá minorarse el valor de cálculo de la tensión de corte:

$$\tau_U = \tau_{OU}$$

6.6.3.3. Valores minorados de la tensión de corte para la determinación de armaduras en las zonas normales

En las partes del tabique en que no se prevén potenciales plastificaciones y que correspondan a las zonas ubicadas fuera de la zona crítica definida en el artículo 6.6.3.1., el valor minorado de la tensión de corte para el cálculo de las armaduras será:

$$\text{Para hormigones tipo H-13 y H-17: } \tau_U = \tau_{OU} - 0,18 \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

$$\text{Para hormigones tipo H-21 y H-47: } \tau_U = \tau_{OU} - 0,20 \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

6.6.3.4. Secciones de armaduras de corte para tabiques esbeltos

Las secciones de armaduras horizontales y verticales del alma de los tabiques esbeltos (artículo 6.2.1.a)) se determinarán, a los efectos del esfuerzo de corte, de acuerdo con las siguientes expresiones:

6.6.3.4.1. Armadura horizontal

La cuantía necesaria μ_{hq} de la armadura horizontal extendida a lo largo de la longitud del tabique y perfectamente anclada en sus bordes, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\mu_{hq} = A_h / (b_w \cdot s_{ev}) = \tau_U / \beta_s$$

siendo:

μ_{hq} la cuantía necesaria de armadura horizontal requerida por el esfuerzo de corte;

A_h la sección de armadura horizontal dispuesta a lo largo del tabique, contenida en una capa;

b_w el espesor del tabique;

s_{ev} la separación vertical entre capas de armaduras horizontales;

τ_U el valor minorado de la tensión de corte, determinado de acuerdo con lo indicado en los artículos 6.6.3.2. ó 6.6.3.3., según corresponda;

β_s el valor de cálculo del límite de fluencia del acero.

La cuantía de la armadura horizontal deberá ser:

$$\mu_{hq} \geq 0.0025$$

6.6.3.4.2. Armadura vertical

La cuantía necesaria μ_{vq} de la armadura vertical requerida por el esfuerzo de corte, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\mu_{vq} = A_v / (b_w \cdot s_{eh}) = (\tau_U \cdot \eta_{U \cdot \min} \cdot \beta_R) \beta_s$$

siendo:

μ_{vq} la cuantía necesaria de la armadura vertical requerida por el esfuerzo de corte;

A_v la sección de armadura vertical, contenida en una sección vertical, perpendicular al plano del tabique;

b_w el espesor del tabique;

s_{eh} la separación horizontal entre armaduras verticales;

T_u el valor minorado de la tensión de corte, determinado de acuerdo con lo indicado en los artículos 6.7.4.2 ó 6.7.4.3., según corresponda;

$n_{u^* \min}$ el mínimo esfuerzo específico de compresión, determinado según el artículo 6.7.4.2.;

β_R el valor de cálculo de la resistencia del hormigón;

β_s el valor de cálculo del límite de fluencia del acero.

La cuantía de armadura vertical no será, en ningún caso, menor que un tercio de la cuantía de armadura horizontal:

$$\mu_{vq} \geq \mu_{hq} / 3$$

La cuantía de armadura vertical deberá ser, además:

$$\mu_{vq} \geq 0,0025$$

6.6.4. Juntas de construcción

La sección total de armaduras verticales $A_{v \text{ tot}}$ que atraviesa una junta constructiva del tabique, no podrá ser menor que la obtenida mediante la siguiente expresión:

$$A_{v \text{ tot}} = (1,3 Q_{ud} - 0,75 N_{u^* \min}) / \beta_s$$

siendo:

$A_{v \text{ tot}}$ la sección total de armadura vertical que atraviesa una junta constructiva del tabique, incluyendo la armadura colocada en los bordes por requerimientos de la flexión compuesta;

Q_{ud} el esfuerzo de corte último para el diseño, correspondiente a la sección de la junta considerada y determinado según se indica en el artículo 6.4.4.;

$N_{u^* \min}$ la mínima fuerza axial de diseño coexistente con el esfuerzo de corte considerado (suma algebraica de la combinación más desfavorable de los efectos de las acciones sísmicas y la mínima carga gravitatoria en la sección correspondiente a la junta). Si $N_{u^* \min}$ resultara de tracción, se considerará con signo negativo;

β_s el valor de cálculo del límite de fluencia del acero.

La superficie de la junta de construcción debe prepararse con adecuada rugosidad y limpieza.

6.7. ARMADURAS VERTICALES DE TABIQUES SISMORRESISTENTES

Las armaduras verticales de tabiques sismorresistentes deberán cumplir los siguientes requerimientos:

6.7.1. Cuantías mínimas y máximas

La cuantía de armadura vertical en cualquier parte de la sección no podrá ser menor que el 0,25% de la sección de hormigón, ni mayor que el 5%. En las zonas de empalmes yuxtapuestos, se admitirá, como máximo, una sección total de armadura del 7% de la sección de hormigón correspondiente.

6.7.2. Diámetros máximos y mínimos

El diámetro de las barras verticales en cualquier zona del tabique no podrá ser mayor que un décimo del espesor del tabique en la zona en que se ubica la barra.

El diámetro mínimo de las armaduras verticales será de 8 mm.

6.7.3. Disposición de las armaduras verticales

El desarrollo y la distribución de la armadura vertical deberá realizarse de acuerdo con el diagrama de momentos flexores de diseño, indicado en el artículo 6.3.2.

6.7.4. Ubicación y separaciones máximas de armaduras verticales

Se dispondrán, por lo menos, dos capas de armadura vertical, cada una de ellas ubicada en la proximidad de cada una de las dos caras del tabique.

La separación máxima entre las barras verticales será de 20 cm.

6.7.5. Empalmes

6.7.5.1. Ubicación de los empalmes. Porcentaje admisible de barras empalmadas.

En las zonas críticas del tabique (artículo 6.6.4.), no se podrá empalmar más de un tercio de las barras de la armadura vertical. Se deberán desplazar los empalmes en dirección vertical en, por lo menos, el doble de la longitud de empalme correspondiente.

Fuera de las zonas críticas, los porcentajes admisibles de barras a empalmar serán los indicados en el artículo 18.6.2. del Capítulo 18 del Reglamento CIRSOC 201.

6.7.5.2. Tipos de empalmes

No se permitirá el empalme por contacto directo entre superficies frontales extremas.

El empleo de empalmes por conexiones roscadas, soldaduras o manguitos, deberá estar avalado por ensayos que consideren la naturaleza dinámica de las acciones sísmicas y los números de ciclos reversibles correspondientes a la reducción de fuerzas adoptada. Deberán cumplirse los requisitos de los correspondientes certificados de aptitud técnica.

6.7.5.3. Longitudes de empalme

La longitud de empalme por yuxtaposición l_e se determinará mediante la siguiente expresión:

$$l_e = \alpha_e \cdot l_o$$

siendo:

l_e la longitud de empalme por yuxtaposición;

α_e el coeficiente mediante el cual se tiene en cuenta el porcentaje de barras empalmadas, según la Tabla 26 del Capítulo 18 del Reglamento CIRSOC 201;

l_o la longitud básica de anclaje, según el artículo 18.5.2.1. del Capítulo 18 del Reglamento CIRSOC 201.

La longitud mínima de empalme será de treinta veces el diámetro de las barras empalmadas.

6.7.6. Anclajes

6.7.6.1. Anclajes de barras verticales en las fundaciones

Se adoptará como longitud de anclaje la longitud básica de anclaje l_o según se indica en el artículo 18.5.2.1. del Reglamento CIRSOC 201, la cual se computará a partir de la sección correspondiente a la junta del tabique con la fundación. En todos los

casos, las barras deberán terminar en un codo a 90° con la parte recta final de una longitud no menor que $0,7 l_0$ ó veinte veces el diámetro de la barra.

El codo y su rama terminal deberán disponerse lo más próximos posible a la armadura inferior de la fundación. La rama terminal deberá dirigirse hacia la cara opuesta del tabique (cruce de armaduras).

6.7.6.2. Longitud de anclaje de barras verticales

La longitud básica de anclaje l_0 se determinará según el artículo 18.5.2.1. del Reglamento CIRSOC 201, con un valor mínimo de treinta diámetros.

6.7.6.3. Anclajes de barras verticales en el extremo superior de los tabiques

Las terminaciones de las barras verticales se organizarán para permitir la transmisión de esfuerzos desde los elementos estructurales horizontales al tabique. Cuando sea necesario, se aplicarán, por analogía, las prescripciones establecidas para anclajes en tramos terminales de columnas (artículo 5.6.2.4.4.). Las barras verticales de alma de los tabiques que no se doblen para prolongarse dentro de elementos estructurales horizontales, terminarán en un doble codo a 90°.

6.8. ARMADURAS HORIZONTALES GENERALES DE TABIQUES SISMORRESISTENTES

Las armaduras horizontales generales de los tabiques sismorresistentes deberán cumplir las siguientes prescripciones:

6.8.1. Cuantía mínima

La cuantía de armadura horizontal general en cualquier parte del tabique no podrá ser menor que 0,25% de la sección de hormigón.

6.8.2. Diámetro máximo

El diámetro máximo de las barras horizontales en cualquier parte del tabique no podrá exceder de un décimo del espesor del tabique.

6.8.3. Ubicación y separación máxima de las armaduras horizontales generales

Se dispondrán, por lo menos, dos capas de armadura horizontal, cada una de ellas ubicada en la proximidad de cada una de las dos caras del tabique.

La separación vertical máxima entre barras horizontales será de 20 cm.

6.8.4. Disposición de las armaduras horizontales generales

Las barras horizontales generales requeridas por los esfuerzos de corte deberán ser continuas a lo largo de la longitud del tabique y deberán anclarse reglamentariamente en sus bordes.

6.9. CONFINAMIENTO DE BORDES VERTICALES DE TABIQUES. ARMADURAS TRANSVERSALES ESPECIALES

Los bordes verticales de los tabiques sismorresistentes se confinarán mediante una armadura transversal especial en forma similar a las columnas. Esta armadura estará compuesta por estribos cerrados y, si resultan necesarios, podrán también emplearse estribos suplementarios de una rama.

6.9.1. Zonas críticas a confinar.

Se considerarán como zonas críticas las que a continuación se definen:

a) En sentido vertical

La zona crítica se extenderá desde el borde horizontal superior de la fundación hasta una altura h_{qw} que cumpla las siguientes condiciones:

$$h_{qw} \geq l_w$$
$$h_{qw} \geq H_w / 6$$

siendo:

h_{qw} la altura de la zona crítica del tabique;

l_w la longitud del tabique;

h_w la altura total del tabique.

b) En sentido horizontal

En el plano de la sección transversal horizontal, la longitud d_w de la zona a confinar, medida desde cada borde externo del tabique, depende de la posición de la fibra neutra determinada para las condiciones más desfavorables considerando la máxima fuerza axial de compresión (según los estados de carga indicados en el Capítulo 10 de la PARTE I de este Reglamento) y del desarrollo de la máxima capacidad resistente a la flexión del tabique.

La longitud horizontal de la zona a confinar y la sección de las armaduras de confinamiento se indican a continuación en los artículos 6.9.2. y 6.9.3.

6.9.2. Longitud horizontal de la zona a confinar y sección de las armaduras transversales especiales para tabiques de hormigón armado sismorresistente

La longitud horizontal de la zona a confinar de los tabiques de Hormigón Armado y la sección de las armaduras transversales especiales de confinamiento, se establecen en función de la posición de la fibra neutra determinada según el artículo 6.9.1.b), contemplando los siguientes casos:

6.9.2.1. Caso de profundidad moderada de la fibra neutra

Si la profundidad x de la fibra neutra es menor que el 20 % de la longitud l_w del tabique, se deberán colocar estribos cerrados en los bordes verticales del tabique, utilizando el mismo criterio que para las columnas.

6.9.2.1.1. Longitud horizontal de la zona en que se colocarán estribos cerrados

La zona de colocación de estribos cerrados tendrá una longitud d_w igual o mayor que un sexto de la longitud l_w del tabique.

6.9.2.1.2. Sección y disposición de las armaduras transversales especiales

El diámetro de las barras para estribos será, como mínimo, de 6 mm para barras longitudinales de hasta 16 mm de diámetro, y de 8 mm para barras longitudinales de diámetros mayores.

La separación vertical de los estribos mencionados no excederá de 10 veces el diámetro de la armadura longitudinal considerada, ni de 15 cm.

La separación entre ramas de estribos cerrados o entre ramas de estribos suplementarios, medida según un plano perpendicular a las barras longitudinales del tabique, no deberá exceder el mayor de los siguientes valores:

- El espesor del tabique
- $20 Z$ (cm), siendo Z el factor de zona sísmica según el artículo 1.3.

6.9.2.2. Caso de profundidad considerable de la fibra neutra

Si la profundidad x de la fibra neutra es igual o mayor que el 20 % de la longitud l_w del tabique, se adoptarán las siguientes prescripciones:

6.9.2.2.1. Longitud horizontal de la zona confinada

La longitud horizontal d_w de la zona confinada comprenderá la región en que los acortamientos específicos del hormigón exceden de 0,0015, pero no podrá ser menor que un quinto de la longitud l_w del tabique.

6.9.2.2.2. Sección y disposición de las armaduras de confinamiento

La sección total de armadura transversal contenida en una capa de armadura de confinamiento no podrá ser inferior a los siguientes valores, y se controlará según cada una de las dos direcciones horizontales del tabique (longitud y espesor):

$$A_{sh} \geq (0,10 + 0,40 \times l_w / l_w) [(A_{bt} / A_{bk}) - 1] \beta_R / \beta_S \cdot s_e \cdot h_k$$

$$A_{sh} \geq (0,04 + 0,16 \times l_w / l_w) \beta_R / \beta_S \cdot s_e \cdot h_k$$

siendo:

A_{sh} la sección total de estribos y estribos suplementarios contenidos en una capa, en la dirección considerada;

x la profundidad de la fibra neutra, determinada para las condiciones más desfavorables (máxima fuerza axial de compresión y máxima capacidad resistente a flexión);

l_w la longitud del tabique;

A_{bt} el área bruta de la sección de hormigón ($d_w \cdot b_w$) que se encuentra sometida a deformaciones de compresión mayores que 0,0015;

d_w la longitud horizontal de la zona confinada, según el artículo 6.9.2.2.1. precedente;

b_w el espesor del tabique;

A_{bk} el área del núcleo de la zona confinada;

β_R el valor de cálculo de la resistencia del hormigón;

β_S el valor de cálculo del límite de fluencia del acero;

s_e la separación vertical entre capas de armaduras transversales de confinamiento;

h_k la dimensión del núcleo a confinar medida perpendicularmente a la dirección considerada, teniendo como bordes los extremos de los estribos perimetrales.

6.9.2.2.3. Separación entre capas de armaduras transversales

En las zonas confinadas según se indica en los artículos 6.9.2.2.1. y 6.9.2.2.2., la separación s_e entre capas de estribos, no podrá exceder los siguientes valores:

- El espesor b_w del tabique
- Nueve veces el diámetro de la armadura longitudinal del tabique, susceptible de pandear
- 12 cm

6.9.2.2.4. Diámetro mínimo de los estribos

El diámetro mínimo de las barras de estribos perimetrales cerrados será de 8 mm.

El diámetro de las barras de los estribos suplementarios no podrá ser menor que tres cuartos del diámetro de las barras de los estribos perimetrales cerrados.

6.9.2.2.5. Formas y anclajes de armaduras de confinamiento

Los estribos cerrados terminarán en ganchos de, por lo menos, 135°, y la longitud de la rama terminal será, por lo menos, igual a diez veces el diámetro de la barra del estribo.

Los estribos suplementarios deberán tomar a los estribos perimetrales y, si es posible, a las barras longitudinales, mediante ganchos a 180° con una longitud de la rama terminal no menor que diez veces el diámetro de la barra del estribo suplementario.

6.9.2.2.6. Separación entre ramas de estribos, o entre ramas de estribos y estribos suplementarios

La separación entre ramas de estribos o entre ellas y los estribos suplementarios no podrá exceder del espesor b_w del tabique, ni de $20Z$ (cm), siendo Z el factor de zona sísmica según el artículo 1.3.

6.9.3. Longitud horizontal de la zona a confinar y sección de las armaduras transversales especiales para tabiques de hormigón armado con especiales condiciones de ductilidad

La longitud horizontal de la zona a confinar y la sección de las armaduras transversales especiales de confinamiento, se establecen en función de la posición de la fibra neutra determinada según el artículo 6.9.1.b), contemplando los siguientes casos:

6.9.3.1. Caso de profundidad moderada de la fibra neutra

Si la profundidad x de la fibra neutra cumple la siguiente condición:

$$x < 0,10 (M_{ue} / M_u) l_w$$

siendo:

x la profundidad de la fibra neutra;

M_{ue} el momento resistente efectivo en la base del tabique;

M_u el momento flexor calculado en la base del tabique, según las acciones sísmicas establecidas en el presente Reglamento;

l_w la longitud del tabique.

En los bordes verticales del tabique se colocarán estribos cerrados y armaduras transversales en forma similar a lo indicado para las zonas no críticas de columnas.

6.9.3.1.1. Longitud horizontal de la zona en que se dispondrá armadura transversal similar a la de columnas

La zona de colocación se extenderá una longitud d_w por lo menos igual a un quinto de la longitud del tabique considerado, es decir:

$$d_w \geq l_w / 5$$

siendo:

d_w la longitud horizontal de la zona a confinar del tabique considerado;

l_w la longitud del tabique.

6.9.3.1.2. Sección y disposición de las armaduras transversales especiales

El diámetro de las barras de estribos será, como mínimo, de 6 mm para barras longitudinales de hasta 16 mm, y de 8 mm para barras longitudinales de diámetros mayores.

La separación vertical de dichos estribos no excederá de diez veces el diámetro de la armadura longitudinal considerada, ni de 15 cm.

La separación entre ramas de estribos cerrados, o entre ramas de estribos suplementarios, medida según un plano perpendicular a las barras longitudinales del tabique, no deberá exceder el mayor de los siguientes valores:

- El espesor del tabique

- 20 cm.

6.9.3.2. Caso de profundidad considerable de la fibra neutra

Si la profundidad x de la fibra neutra cumple la siguiente condición:

$$x \geq 0,10 (M_{ue} / M_u) l_w$$

siendo:

x la profundidad de la fibra neutra;

M_{ue} el momento resistente efectivo en la base del tabique;

M_u el momento flexor calculado en la base del tabique, según las acciones sísmicas establecidas en el presente Reglamento;

l_w la longitud del tabique.

Se confinarán los bordes verticales del tabique según se indica a continuación:

6.9.3.2.1. Longitud horizontal de la zona confinada

La longitud horizontal d_w de la zona de confinamiento comprenderá la región en que los acortamientos específicos del hormigón exceden de 0,0015, pero no podrá ser menor que un quinto de la longitud l_w del tabique.

6.9.3.2.2. Sección y disposición de las armaduras transversales de confinamiento

La sección total de armadura transversal A_{sh} contenida en una capa de armadura de confinamiento, será la que resulta de amplificar por 1,10 la obtenida según el artículo 6.9.2.2.2.

6.9.3.2.3. Separación entre capas de armaduras

En las zonas confinadas, la separación entre capas de estribos no podrá exceder ninguno de los siguientes valores:

- El semiespesor del tabique
- Siete veces el diámetro de la armadura longitudinal del tabique, susceptible de pandear
- 10 cm.

6.9.3.2.4. Diámetro mínimo de los estribos

Se aplicarán las especificaciones establecidas en el artículo 6.9.2.2.4.

6.9.3.2.5. Formas y anclajes de armaduras de confinamiento

Se aplicarán las especificaciones establecidas en el artículo 6.9.2.2.5.

6.9.3.2.6. Separación entre ramas de estribos

La separación entre ramas de estribos, o entre ellas y estribos suplementarios no podrá ser mayor que el espesor del tabique, ni que 20 cm.

6.10. RESTRICCIÓN AL PANDEO DE BARRAS LONGITUDINALES DE ARMADURA DE TABIQUES SISMORRESISTENTES

En las zonas de posible plastificación de las armaduras longitudinales por compresión, en que la cuantía longitudinal local excede de 0,0075 y las barras longitudinales tienen un diámetro mayor que 12 mm, deberá asegurarse la restricción al pandeo de las barras longitudinales de acuerdo con las siguientes prescripciones:

- Para evitar el pandeo se considerarán las direcciones en que resulte factible la desviación lateral de las barras.
- Cada barra debe ser soportada por la esquina de un estribo cerrado o por un estribo suplementario paralelo a la dirección de susceptible pandeo de la barra.
- En todos los casos, la restricción se efectuará mediante el trabajo a tracción del estribo. Sólo podrá aceptarse su trabajo flexional cuando la longitud no soportada del estribo sea igual o menor que veinticinco veces su diámetro.
- Con cada una de las esquinas de los estribos cerrados, se podrán asegurar al pandeo hasta tres barras longitudinales, siempre que la separación entre el eje de la barra esquinera y los ejes de las barras adyacentes no exceda de ocho veces el diámetro de la barra del estribo.
- Para barras longitudinales de hasta 16 mm de diámetro, se podrán utilizar barras para los estribos, de diámetro no menor que 6 mm. Para barras longitudinales de diámetro mayor que 16 mm, el diámetro mínimo de las barras de estribos será de 8 mm.
- La separación vertical de los estribos para la restricción al pandeo no podrá exceder de diez veces el diámetro de la barra longitudinal considerada, ni de 15 cm.
- Las armaduras transversales especiales para confinamiento de bordes verticales de tabiques, indicadas en el artículo 6.9., se considerarán como integrantes del conjunto de barras destinadas a restringir el pandeo de las barras longitudinales.

6.11. VIGAS DE ACOPLAMIENTO

6.11.1. Aplicación

Las siguientes prescripciones se aplicarán a las Vigas de Acoplamiento de los Tabiques Sismorresistentes Acoplados definidos en el artículo 6.2.2., y por extensión se utilizarán para los elementos estructurales predominantemente flexionados que cumplan la siguiente condición:

$$l < 4 d$$

siendo:

l la luz libre de la viga, medida entre bordes interiores de apoyos;

d la altura total de la viga.

6.11.2. Casos de dimensionamiento

En función de los valores de tensión máxima de corte en estado último y de cuantía de armadura flexional que resultan para las solicitaciones de diseño, se distinguen dos casos de dimensionamiento:

- a) Dimensionamiento Convencional a Flexión y Corte, cuando resultan tensiones de corte moderadas y bajas cuantías de armadura flexional.
- b) Dimensionamiento con Armaduras Diagonales en dos direcciones, cuando resultan tensiones de corte elevadas o cuantías elevadas de armadura flexional.

6.11.2.1. Dimensionamiento convencional a flexión y corte

Se utilizará este procedimiento cuando se cumplan simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- a) Valor máximo de la tensión de corte en estado último:

$$T_{OU} < 0,15 \sqrt{\sigma'_{bk}} \cdot l / d$$

siendo:

T_{OU} el valor de cálculo de la tensión de corte en estado último, determinado según los artículos 5.5.2. y 5.5.3.;

σ'_{bk} resistencia característica de rotura a la compresión del hormigón expresada en MN/m²;

l la luz libre de la viga, medida entre bordes interiores de apoyos;

d la altura total de la viga.

b) Valor máximo de la cuantía de armadura longitudinal de borde superior o inferior:

$$\rho_{o \text{ long}} < 0,3 \cdot l \cdot \sqrt{\beta_R} / (d \cdot \beta_S)$$

siendo:

$\rho_{o \text{ long}}$ la cuantía de armadura longitudinal superior o inferior necesaria para la sollicitación de flexión, y cuyo valor se obtiene mediante las siguientes expresiones:

$$\rho_{o \text{ long}} = A_s / (b_o \cdot h) \quad \text{ó} \quad \rho_{o \text{ long}} = A_s' / (b_o \cdot h)$$

donde:

A_s la sección de armadura traccionada;

A_s' la sección de armadura comprimida;

b_o el ancho de la viga;

h la altura útil de la viga;

l la luz libre de la viga, medida entre bordes interiores de apoyos;

d la altura total de la viga;

β_R el valor de cálculo de la resistencia del hormigón, expresada en MN/m²;

β_S valor de cálculo de la tensión de fluencia del acero, expresado en MN/m².

Si se verifican simultáneamente las condiciones a) y b) anteriores, para el dimensionamiento y detalle a flexión y corte, se adoptarán las prescripciones para vigas esbeltas indicadas en el Capítulo 5, teniendo en cuenta las siguientes disposiciones:

- Para la flexión se adoptará doble armadura simétrica en los bordes de la viga. Las armaduras deberán ser continuas en toda la longitud de la viga.
- Las armaduras transversales especiales indicadas para los extremos de vigas esbeltas, se dispondrán a lo largo de toda la viga.
- En las caras laterales de la viga, se dispondrá armadura longitudinal de cuantía equivalente a la correspondiente a la armadura transversal de la viga.

6.11.2.2. Dimensionamiento a flexión y corte con armaduras diagonales

Cuando no se verifica alguna o las dos condiciones a) y b) del artículo 6.11.2.1., la totalidad de las sollicitaciones de corte y flexión deberán ser resistidas mediante armaduras diagonales en dos direcciones (en forma de "X").

La sección de armadura diagonal en cada dirección, se podrá determinar mediante la siguiente expresión:

$$A_d = Q_u / (2 \beta_S \cdot \sin \alpha)$$

siendo:

A_d la sección de armadura diagonal en cada dirección;

Q_u el esfuerzo de corte último operante sobre la viga de acoplamiento, derivado de los estados de carga indicados en Capítulo 10 de la PARTE I de este Reglamento;

β_S la tensión de fluencia de la armadura diagonal;

α el ángulo formado por la armadura diagonal con la horizontal.

Las armaduras diagonales deberán estar provistas de estribos para restringir la posibilidad de pandeo de sus barras, en forma análoga a lo indicado para columnas en el artículo 5.6.2.9.

La separación máxima entre estribos no excederá de seis veces el diámetro de la barra diagonal, ni de 10 cm.

Para barras diagonales de hasta 16 mm se podrán utilizar estribos de 6 mm de diámetro; para diámetros mayores se emplearán estribos de 8 mm de diámetro.

El anclaje de las barras diagonales en los tabiques adyacentes tendrá una longitud por lo menos igual a $1,5 l_0$ (siendo l_0 la longitud básica de anclaje según el artículo 18.5.2.1. del Reglamento CIRSOC 201).

Se colocarán por lo menos cuatro barras diagonales en cada dirección formando un ancho del orden del 20 % de la altura total de la viga de acoplamiento.

- Adicionalmente a la armadura diagonal precedentemente indicada, en cada cara lateral se dispondrá una red de armaduras formada por barras longitudinales laterales y estribos, de los diámetros y separaciones siguientes:

Para aceros con $\beta_s = 420 \text{ MN/m}^2$: barras $d_s = 8 \text{ mm}$ cada 10 cm ó $d_s = 10 \text{ mm}$ cada 15 cm;

Para aceros con $\beta_s = 220 \text{ MN/m}^2$: barras $d_s = 10 \text{ mm}$ cada 10 cm;

siendo β_s la tensión de fluencia del acero.

- En los bordes superior e inferior de la viga de acoplamiento, se colocarán dos barras longitudinales en cada uno, con los diámetros que se indican a continuación:

Para aceros con $\beta_s = 420 \text{ MN/m}^2$: $d_s = 16 \text{ mm}$

Para aceros con $\beta_s = 220 \text{ MN/m}^2$: $d_s = 20 \text{ mm}$

6.12. DETERMINACION DE LAS ARMADURAS DE CORTE EN TABIQUES BAJOS

Para tabiques sismorresistentes de Hormigón Armado en que la relación entre la altura total H_w y su longitud l_w resulta menor que 2, se preverán adecuadas armaduras verticales para cubrir los requerimientos de las fuerzas de compresión diagonal que se desarrollan en el tabique.

Para el cálculo de las armaduras horizontales, en toda la altura del tabique, se aplicarán los valores minorados de la tensión de corte para la determinación de armaduras en la zona crítica de tabiques esbeltos, según se establece en el artículo 6.6.3.2.

La sección de armadura horizontal se determinará de acuerdo con lo establecido para tabiques esbeltos en el artículo 6.6.3.4.1.

La sección de armadura vertical se determinará según las siguientes prescripciones:

- Para tabiques con altura total igual o menor que su longitud, se adoptará una armadura vertical para corte, igual que la armadura horizontal.

- Para tabiques con altura total igual al doble de su longitud, se adoptará una armadura vertical para corte, por lo menos igual al 70 % de la armadura horizontal.

- Para valores intermedios de la relación entre la altura y la longitud del tabique, se interpolará linealmente entre los valores indicados precedentemente.

- La cuantía mínima de armadura horizontal será de 0,0025.

