

ALCANCE DIGITAL N° 94



Año CXXXIV

San José, Costa Rica, viernes 13 de julio del 2012

N° 136

PODER EJECUTIVO

DECRETOS

N° 37070-MIVAH-MICIT-MOPT

“CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA 2010”
(CONSTA DE VEINTE TOMOS)

TOMO XVI

2012
Imprenta Nacional
La Uruca, San José, C. R.

CONSTRUIMOS UN PAÍS SEGURO



Gobierno de Costa Rica

pared hasta el tapichel de no más de 4.2 m y con el número de *pisos* limitado según la tabla 17.1.

- b. Las fundaciones deben estar apoyadas sobre suelo firme, con una capacidad soportante mínima a la falla de 24 t/m². En ninguna circunstancia se acepta que existan estratos compresibles o rellenos mal compactados u otras condiciones de suelo que requieran fundaciones profundas o especiales.
- c. Los paños de pared no deben tener una relación de altura sin soporte lateral a espesor mayor que 25.
- d. La longitud mínima total de paredes de altura completa es 0.40 m por cada metro cuadrado de área de construcción en cada planta. La longitud mínima, en cada dirección, de paredes completas es un tercio de la longitud mínima total. La longitud mínima, en cada dirección, de paredes completas que soportan entresijos es 0.20 m por cada metro cuadrado de área de entresijo.
- e. Todas las paredes deben tener elementos que les provean estabilidad lateral, con una separación máxima de 6 m.
- f. El entresijo de las viviendas de dos *pisos* debe actuar como un *diafragma rígido*.
- g. Las paredes estructurales de altura completa bajo el entresijo deben estar distribuidas con criterios de simetría de manera que controlen el efecto del movimiento torsional en planta.

17.2 Diseño formal

17.2.1 Criterios básicos de análisis estructural

El cálculo de las fuerzas de sismo para viviendas debe hacerse utilizando los mismos criterios establecidos en el capítulo 6 de este código.

La distribución de masas en la estructura se puede simplificar del siguiente modo:

- a. Las estructuras de uno y dos *pisos* con *diafragma rígido* en techo y entresijo se consideran con las masas concentradas a *nivel* de cada uno de los *diafragmas*.
- b. Las estructuras de dos pisos con *diafragma rígido* en entresijo y con techo flexible se pueden considerar como de una sola masa concentrada a *nivel* del entresijo.
- c. En estructuras de uno o dos *pisos* con sistemas de entresijo y techo flexibles, las paredes deben analizarse como losas verticales que se apoyan entre sí para lograr la estabilidad lateral. En este caso, la masa

de las paredes se considera distribuida uniformemente en su plano y las masas del entrepiso y techo, concentradas en el *nivel* correspondiente a cada uno de ellos. Las paredes deben ser capaces también de tomar las cargas de sismo paralelas a su plano en proporción al área tributaria que les corresponde.

Cuando las paredes contengan aberturas que modifiquen de manera significativa su comportamiento como *muro* de corte, se deben tomar en cuenta las aberturas o, en su lugar, considerar únicamente la parte del *muro* que no tiene aberturas.

17.2.2 Criterios básicos de diseño estructural

a. Sistema sismorresistente

Se debe tener un conjunto de *marcos*, *marcos arriostrados*, paredes o una combinación de estos sistemas, dispuestos de manera que brinden la resistencia y la rigidez adecuada a la estructura en las dos direcciones principales en planta. La capacidad en una dirección debe ser como mínimo el 30% de la capacidad en la otra dirección. Los *marcos*, *marcos arriostrados* y paredes deben estar debidamente anclados a las fundaciones de manera que se eviten separaciones considerables e inconvenientes entre la fundación y la estructura. La unión entre paredes debe tener la capacidad necesaria para soportar las solicitaciones adicionales provocadas por los sismos.

i) Diafragmas

Se debe colocar un sistema de *diafragmas* a nivel del techo y del entrepiso de tal forma que se asegure que las fuerzas sean debidamente transmitidas a los elementos resistentes.

ii) Cimentación

El sistema de cimentación debe transmitir al suelo las cargas derivadas de la función estructural de los *marcos*, *marcos arriostrados* y paredes. Las fundaciones deben colocarse sobre suelo firme o sobre rellenos con una compactación mínima adecuada de manera que se eviten asentamientos diferenciales excesivos para la estructura. Los bordes libres de los rellenos, que se encuentren a una distancia horizontal menor que dos veces la altura máxima del relleno de las paredes perimetrales de la casa, deben confinarse mediante muros u otros *elementos estructurales*.

Las placas corridas deben estar dispuestas de manera que formen cuadros cerrados y se debe cumplir con lo indicado en el inciso 13.10.1. En el caso de paredes que no tengan placas corridas debe proveerse un tirante a nivel del contrapiso en todas las paredes formando cuadros cerrados que como mínimo tenga una varilla continua #3 para casas de un piso y cuatro varillas #3 con aros #2 cada 20 cm para casas de dos *pisos*. Estas varillas deben estar embebidas en concreto con recubrimiento mínimo de 3 cm y debidamente ancladas en sus extremos.

Pueden estar colocadas en el contrapiso o en los elementos de pared a nivel del contrapiso.

Cuando por alguna razón sea necesario asentar la vivienda sobre un estrato compresible, se pueden utilizar fundaciones profundas como pilotes; en este caso se debe utilizar una viga de fundación que de nuevo forme cuadros y que una las cabezas de los pilotes. Dicha viga se debe diseñar como un elemento continuo con capacidad para tomar momentos positivos y negativos y debe cumplir con lo indicado en el inciso 13.10.2.

Si se utiliza una losa de cimentación se debe cumplir con los requisitos del inciso 13.10.3.

iii) Amarre superior

En el borde superior de todas las paredes debe colocarse un elemento estructural que las mantenga actuando conjuntamente. En el caso de viviendas con paredes de *mampostería* puede ser una viga de concreto reforzado o una viga formada dentro de la misma *mampostería*. En el caso de viviendas prefabricadas de concreto o en el caso de viviendas construidas con paneles livianos verticales también se puede usar un perfil de acero o de madera con la rigidez y resistencia necesaria. Estos elementos deben poseer continuidad estructural y, por lo tanto, sus conexiones deben ser diseñadas para que tomen todos los esfuerzos presentes en el *punto de unión*.

iv) Diseño

El diseño de las estructuras de concreto, acero, *mampostería* o madera que formen parte integral de la vivienda debe hacerse conforme a los lineamientos de los capítulos que correspondan de este código.

17.3 Diseño simplificado

17.3.1 Alcance

Este procedimiento se puede aplicar únicamente a los sistemas constructivos y a los límites de altura indicados en la tabla 17.1.

Para poder usar estos sistemas en viviendas con mayor cantidad de *pisos* debe hacerse un diseño estructural conforme a los requerimientos de los capítulos 8, 9, 10, 11 y 12 de este código.

17.3.2 Fundaciones

A continuación se detallan las recomendaciones mínimas para las fundaciones de cada uno de los *sistemas estructurales* arriba mencionados.

El concreto debe tener una resistencia mínima $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

TABLA 17.1. Límites de altura para uso del diseño simplificado.

Sistemas constructivos	Límite de altura para poder usar el diseño simplificado
a) <i>Mampostería</i> de concreto o arcilla.	2 pisos
b) Concreto reforzado.	2 pisos
c) Sistemas con base en paneles o baldosas, horizontales o verticales, de concreto prefabricado.	1 piso
d) Sistemas con base en planchas delgadas con doble forro y estructura interna de acero o de madera.	1 piso
e) Sistemas tipo “emparedado” con base en una malla metálica tridimensional con relleno de poliestireno expandido.	1 piso

a. Fundaciones para paredes de mampostería o de concreto reforzado

Las paredes para estos sistemas constructivos deben estar ancladas a una placa corrida de concreto reforzado, con un ancho mínimo de 35 cm para casas de un piso y 55 cm para viviendas de dos *pisos*, con un espesor mínimo de 20 cm. Las placas para casas de un *piso* deben tener como mínimo tres varillas #3 longitudinales y varillas #3 cada 25 cm transversales en forma de U. Las placas para casas de dos *pisos* deben tener como mínimo cinco varillas #3 longitudinales y varillas #3 transversales cada 20 cm en forma de aro cerrado (ver figuras 17.1 y 17.2).

b. Fundaciones para paredes construidas con paneles o baldosas, horizontales o verticales, de concreto prefabricado

Las paredes de paneles verticales deben ser ancladas a una placa corrida de concreto igual a la recomendada en el inciso anterior para casas de una planta. El panel vertical debe quedar anclado a la placa de fundación por lo menos con una varilla #3 cada 50 cm (ver figura 17.3). Para el caso de baldosas horizontales apoyadas en columnas de concreto prefabricadas, se debe embeber la columna en un dado prismático de concreto de 40 cm x 40 cm y con una profundidad mínima de 80 cm para separaciones de columna de más de 1.50 m y de 30 cm x 30 cm por 70 cm de profundidad para separaciones de columna de 1.50 m o menos. Estos dados deben ser unidos entre sí por medio de tirantes de varilla #3 a nivel de contrapiso formando cuadros cerrados. Todo el acero de los tirantes debe quedar debidamente anclado en sus extremos, embebido en concreto y con un recubrimiento mínimo de 3 cm (ver figura 17.4).

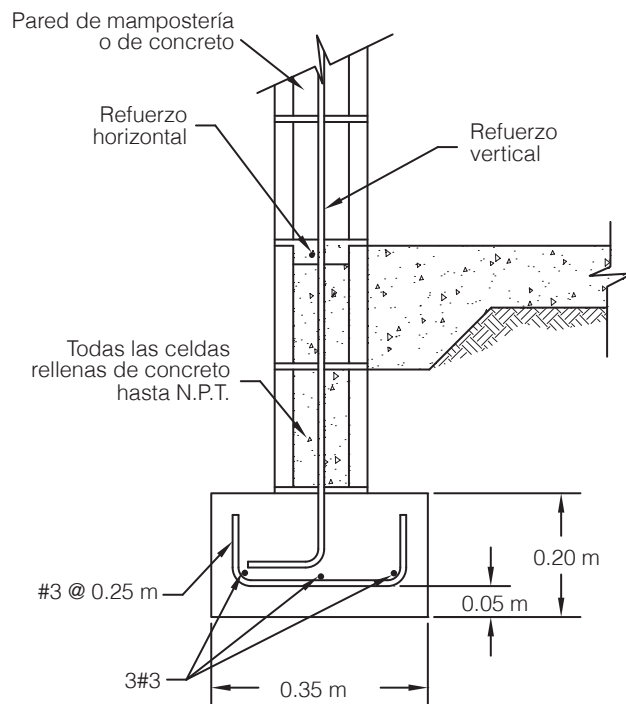


Fig. 17.1. Fundación para casas de un piso

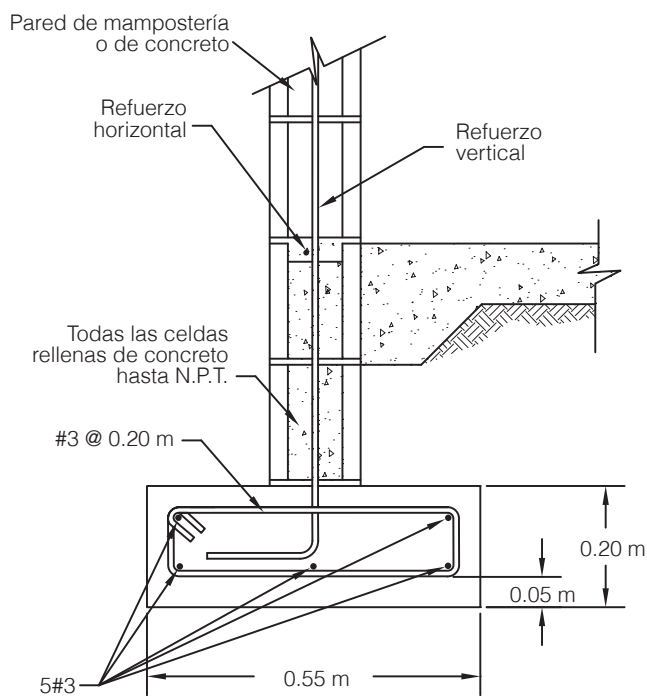


Fig. 17.2. Fundación para casas de dos pisos.

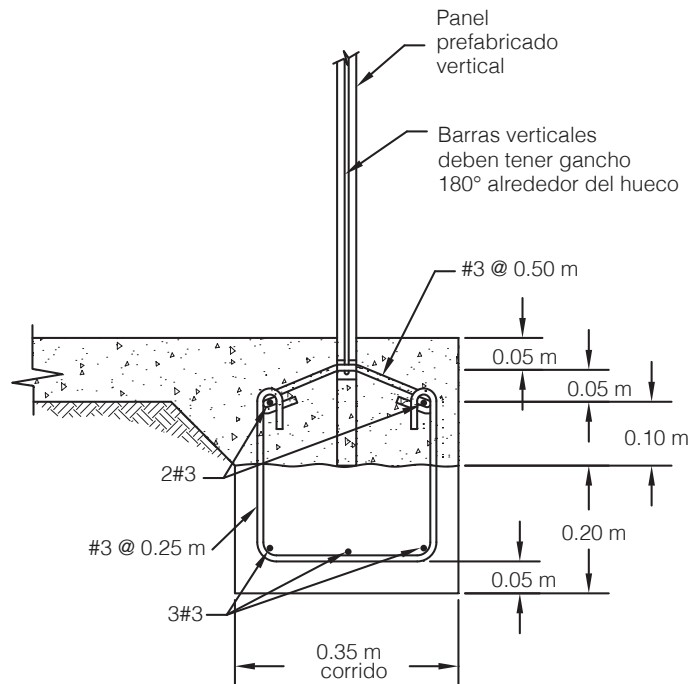


Fig. 17.3. Fundación para baldosas verticales.

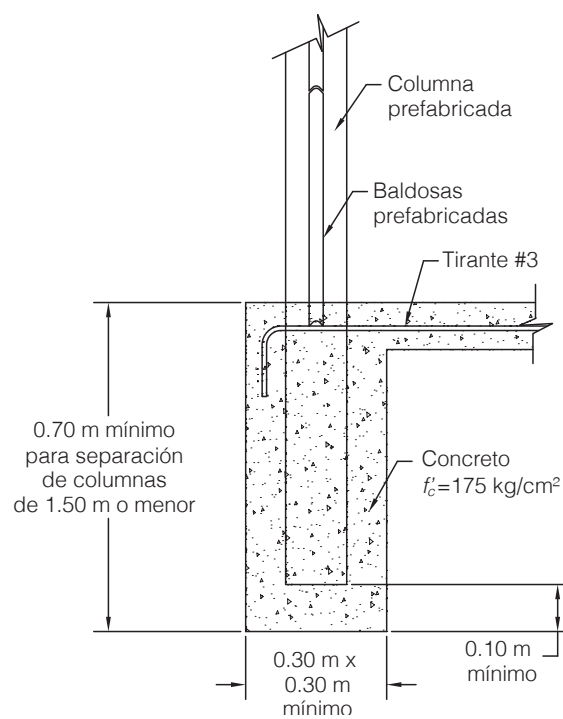


Fig. 17.4. Fundación para baldosas horizontales.

c. Fundaciones para paredes construidas con planchas delgadas con doble forro y estructura interna de acero o de madera

Para estos sistemas se pueden usar placas de concreto corridas con las mismas características que se recomiendan para las paredes de *mampostería*. También se puede hacer un engrosamiento del contrapiso no menor que 25 cm y con un ancho mínimo de 35 cm. El refuerzo del contrapiso debe, en estos casos, integrarse a la fundación y adicionalmente se debe agregar un refuerzo mínimo en la placa igual al recomendado para las paredes de mampostería.

El anclaje de las columnas y de las riostras a la placa de fundación debe ser firme. En el caso de *marcos arriostrados* de acero, dicho anclaje debe hacerse utilizando un perno de expansión de 10 cm de longitud a cada 120 cm máximo y de 0.64 cm de diámetro. Todos los pernos deben quedar bien anclados al concreto y transmitir la fuerza a un perfil de acero fijado al concreto; se deben usar arandelas por lo menos de 3 mm de espesor que permitan distribuir los esfuerzos. En los puntos de conexión entre una riostra y la fundación se deben usar pernos de expansión iguales a los estipulados anteriormente, pero como mínimo deben ser dos unidades. En el caso de *marcos arriostrados* de madera, debe hacerse el anclaje para transmitir la carga a una solera de madera corrida que esté fijada al concreto y utilizar arandelas iguales a las estipuladas para *marcos* de acero. La cantidad, tamaño y forma de los pernos de anclaje son iguales a los indicados para los *marcos* de acero arriba mencionados (ver figura 17.5).

d. Fundaciones para paredes tipo emparedado con base en una malla tridimensional y relleno de espuma o poliestireno expandido

Para estos sistemas se pueden usar placas de concreto corridas con las mismas características que se recomiendan para las paredes de *mampostería*. También se puede hacer un engrosamiento del contrapiso no menor que 25 cm y con un ancho mínimo de 35 cm. El refuerzo del contrapiso debe en estos casos integrarse a la fundación y adicionalmente se debe agregar un refuerzo mínimo en la placa igual al recomendado para las paredes de mampostería (ver figura 17.6).

Para el anclaje de las paredes a la fundación se deben dejar espigas de varilla #3 en ambos lados de la pared, con una separación no mayor que 40 cm, embebidas dentro de la placa por medio de un gancho estándar con una longitud de penetración no menor que 20 cm y con una extensión a 90° no menor que 15 cm. Las mismas varillas deben quedar embebidas entre la malla y el poliestireno o la espuma expandida, de tal manera que se elimine el material de baja densidad y se asegure una adherencia y recubrimiento adecuados. La longitud de anclaje de las espigas no debe ser menor que 80 cm y debe terminarse con un gancho de 180° con una extensión no menor que 10 cm. Adicionalmente, se debe pasar un pin de varilla #3 dentro del

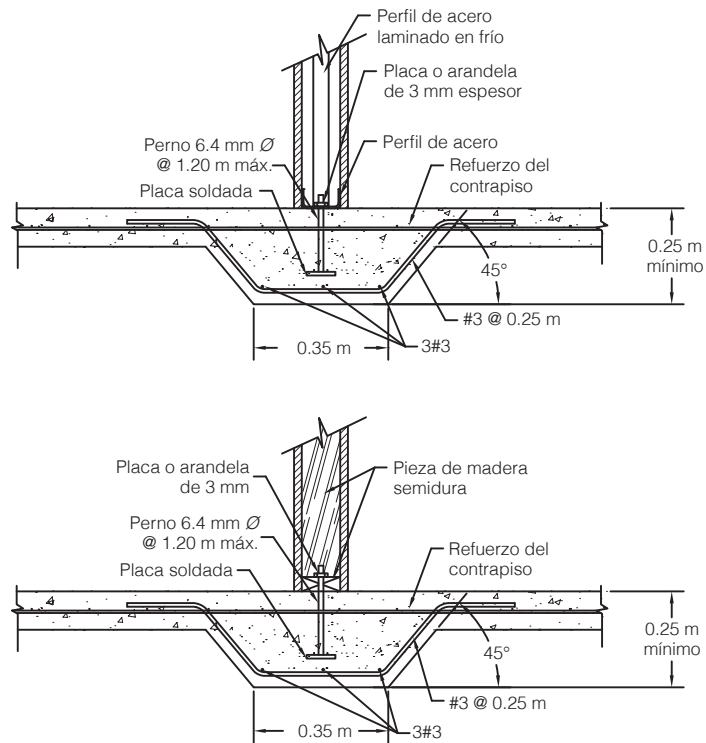


Fig. 17.5. Fundación para planchas delgadas a doble forro.

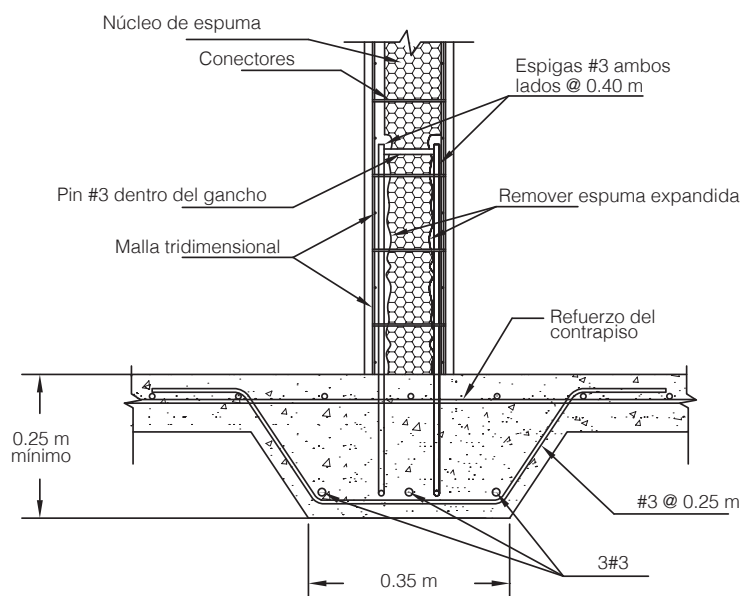


Fig. 17.6. Fundación para paredes tipo emparedado con malla tridimensional y relleno de espuma expandida.

gancho de 180° en forma perpendicular a la pared. Debe colocarse una varilla #3 vertical en ambos lados del buque de las puertas (ver figura 17.7).

17.3.3 Paredes

A continuación se detallan las recomendaciones mínimas para las paredes de cada uno de los *sistemas estructurales* mencionados.

a. Paredes de mampostería en general

Para estructuras de *mampostería* es necesario usar *mampostería* clase A o clase B, según se define en el anexo A de este código.

b. Paredes de mampostería integral

El espesor de las paredes que resisten las *cargas de sismo* no debe ser inferior a 12 cm. En paredes que soportan entrepisos, el espesor mínimo es 15 cm.

La suma de las áreas de refuerzo horizontal y vertical debe ser como mínimo 0.002 veces el área bruta de la pared. El área de refuerzo mínima en

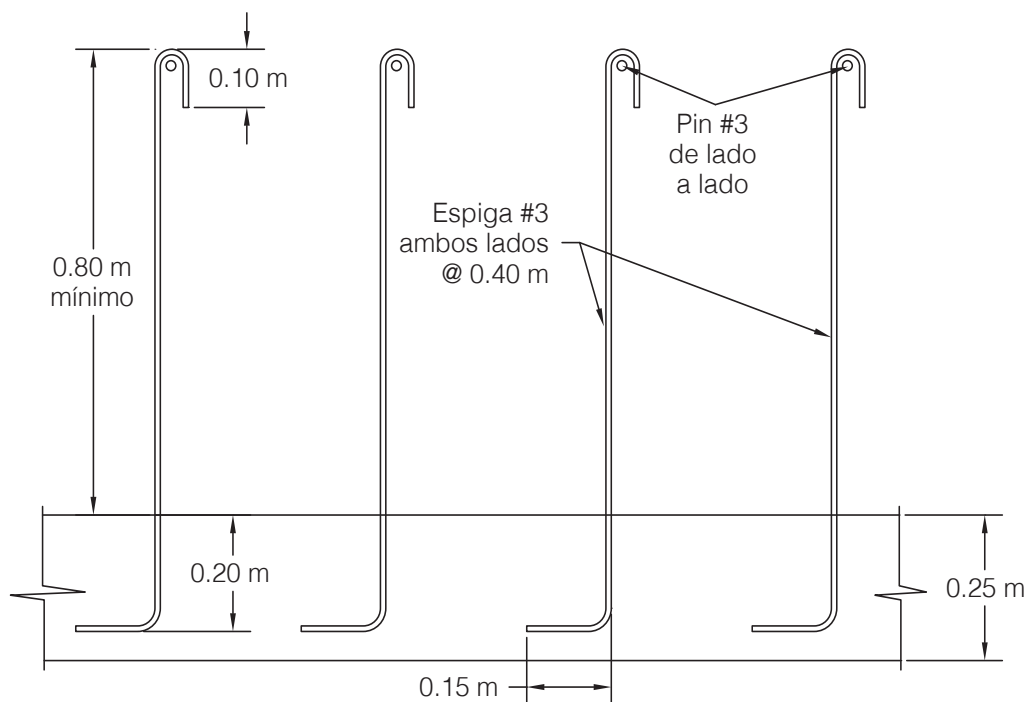


Fig. 17.7. Detalle de fundación para paredes tipo emparedado con malla tridimensional y relleno de espuma expandida.

una dirección debe ser 0.0007 veces el área bruta. El espaciamiento máximo de las varillas de refuerzo vertical u horizontal debe ser 80 cm.

Todas las varillas #2 deben ser deformadas, excepto en los aros donde puede usarse varillas lisas. Todas las celdas de los bloques adyacentes a buques de puertas y ventanas deben ser reforzados con una varilla #4 o dos varillas #3 (ver figuras 17.8 y 17.9).

En todas las banquetas debe existir un elemento de por lo menos 10 cm de altura con una varilla #4 o dos varillas #3 con ganchos #2 a cada 20 cm. La viga de banquina debe introducirse más allá de donde termina el buque por lo menos 40 cm o alternatively, si se utiliza *viga bloque* se debe continuar el refuerzo 50 cm como mínimo (ver figura 17.10(a)).

Todas las varillas verticales y horizontales deben quedar embebidas en concreto en toda su longitud, con un recubrimiento mínimo de 1.5 cm a la pared del bloque o de 2 cm cuando el elemento sea de concreto reforzado. Los anclajes del acero horizontal pueden hacerse en la *viga bloque* y deben tener una longitud mínima de 52 diámetros en barra recta o 40 diámetros en gancho estándar, según se indica en la figura 17.10(b) o (c).

Los morteros y concretos de relleno deben cumplir con los requisitos del anexo A de este código.

Las paredes de mampostería integral pueden incluir columnetas de concreto para soportar cargas verticales, para lograr confinamiento o para

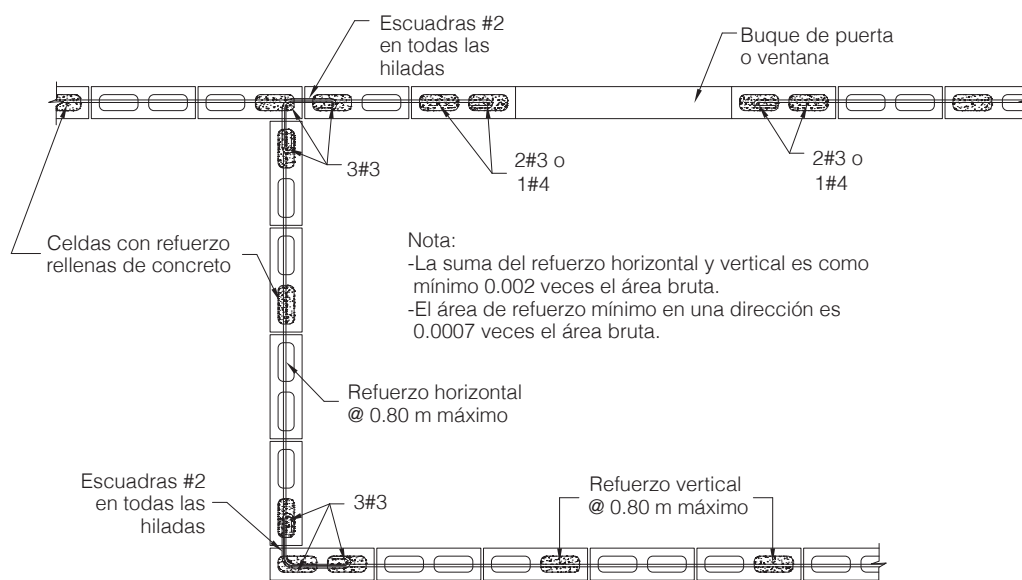


Fig. 17.8. Sección de pared de mampostería con refuerzo integral.

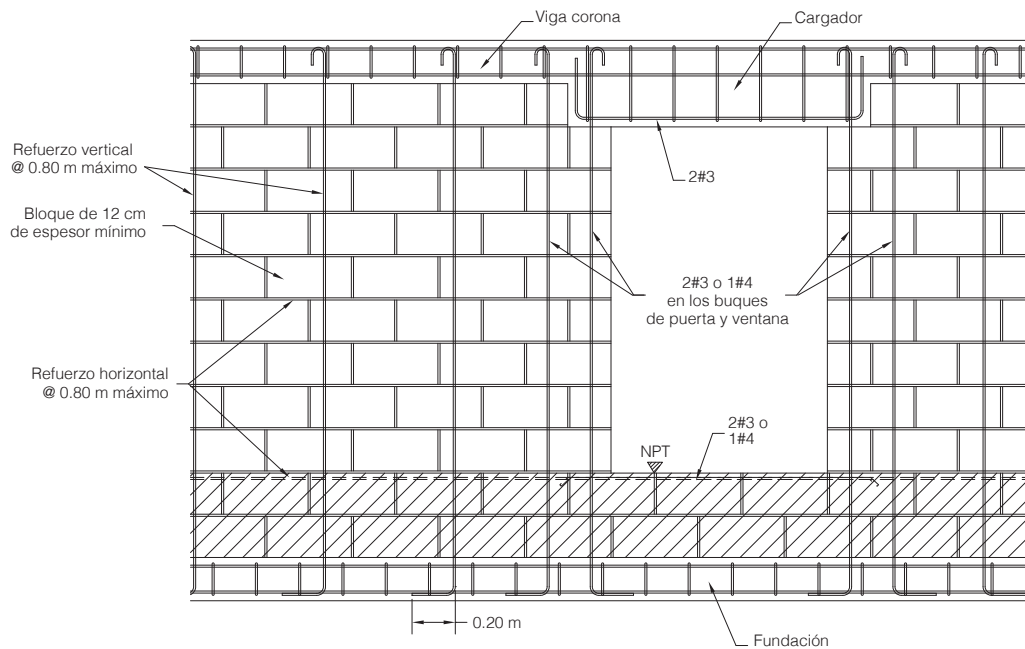


Fig. 17.9. Elevación de pared de mampostería con refuerzo integral.

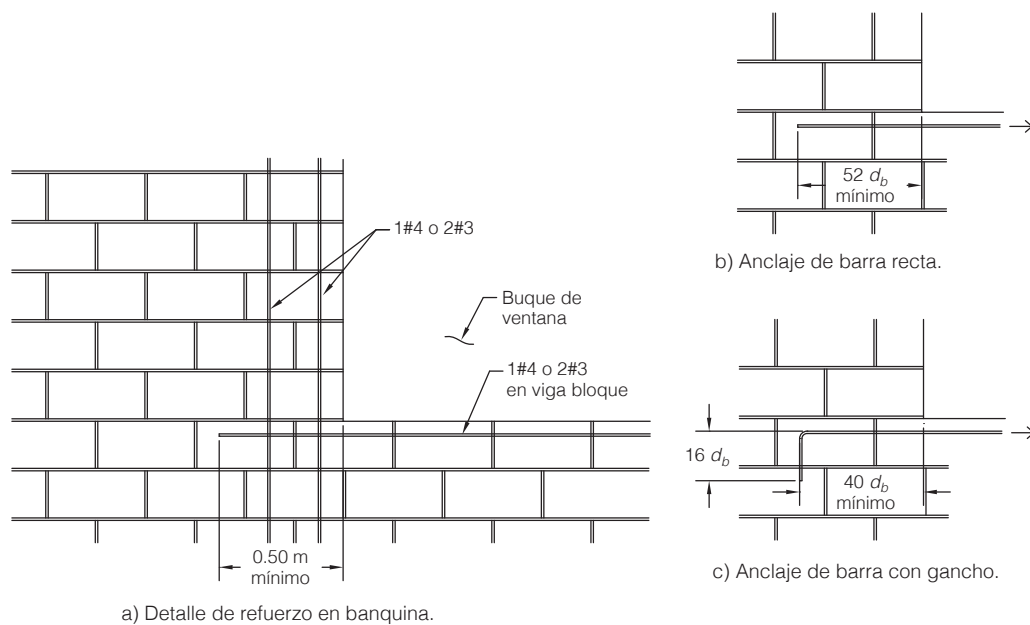


Fig. 17.10. Detalles de anclaje de refuerzo en viga bloque.

otros objetivos, de acuerdo con lo que determine el profesional responsable del diseño. Estos elementos deben tener una dimensión mínima de 12 x 15 cm, con al menos cuatro varillas longitudinales #3 y aros #2 cada 20 cm.

c. Paredes de mampostería confinada

Este sistema de paredes consiste en mampostería, que puede ser hueca o sólida, de concreto o de arcilla, confinada con vigas y columnas de concreto. El sistema constructivo involucra la construcción de las paredes antes que los elementos confinantes. No se debe confundir este sistema con las paredes de mampostería integral con columnas adicionales.

El espesor de las paredes que resisten las cargas de sismo no debe ser inferior a 12 cm. En paredes que soportan entrepisos, el espesor mínimo es 15 cm.

Todas las paredes deben estar confinadas por elementos cerrados de concreto reforzado (columnetas, vigas medianeras y vigas coronas con continuidad en sus uniones) de manera que se formen cuadros con una altura máxima de 3 m y una longitud máxima de 3 m, incluyendo las dimensiones de columnetas y vigas, para paredes con bloques huecos con refuerzo integral, y una longitud máxima de 2.50 m, incluyendo la dimensión de los elementos confinantes, para paredes con bloques sólidos. Además, deben existir elementos de confinamiento de concreto reforzado en intersecciones y esquinas de paredes, en ambos extremos de paredes aisladas, en los bordes libres de toda pared y alrededor de puertas y ventanas (ver figuras 17.11 y 17.12).

La dimensión mínima de los elementos confinantes es 12 cm por 15 cm. El refuerzo mínimo de estos elementos es de cuatro varillas #3 y aros #2 cada 20 cm (los aros pueden ser de varillas lisas o deformadas). Los bloques de concreto se refuerzan internamente con varillas #3 cada 120 cm horizontal y verticalmente. En el caso de bloques sólidos se refuerzan solo horizontalmente.

El concreto de las columnetas y vigas debe tener un f'_c de 210 kg/cm². Los morteros y concretos de relleno deben cumplir con los requerimientos del capítulo 9 de este código.

d. Paredes de concreto reforzado

El espesor mínimo de paredes de concreto reforzado es de 7.5 cm en interiores, 10 cm en paredes exteriores para casas de un piso y 12 cm en paredes de carga en casas de dos pisos, ya sean interiores o exteriores. La altura máxima sin soporte lateral es de 3.00 m.

La suma de los refuerzos horizontal y vertical debe ser como mínimo 0.0036 del *área bruta* para acero con $f_{y\ min} = 4200$ kg/cm² y 0.004 para acero con $f_{y\ min} = 2800$ kg/cm². La mitad del acero debe estar colocado en cada dirección. La separación máxima entre varillas es tres veces el espesor de la pared. En todos

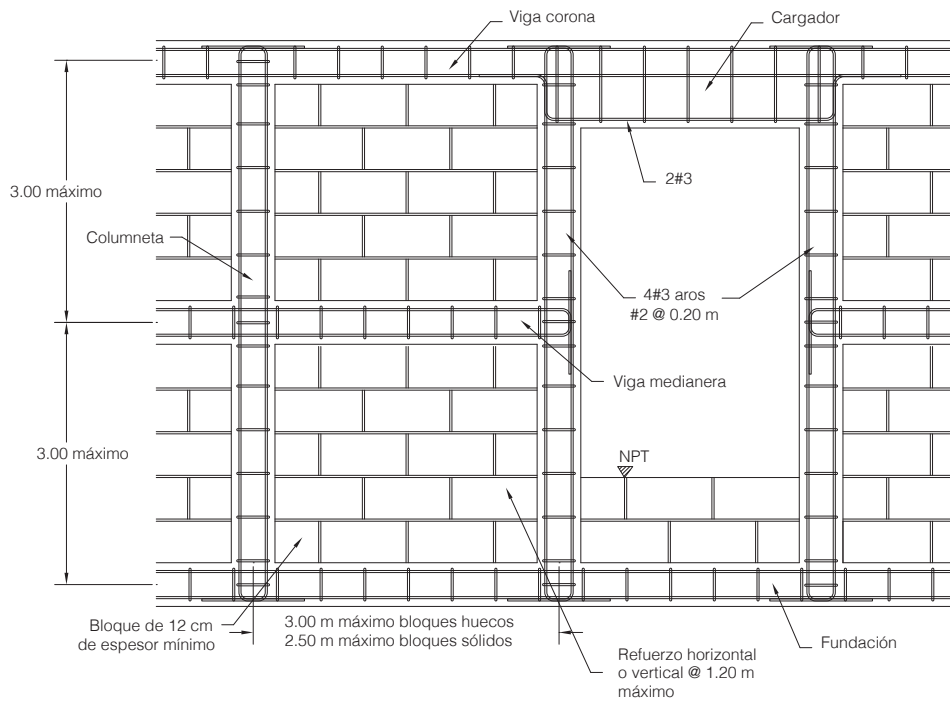


Fig. 17.11. Elevación de una pared de mampostería confinada.

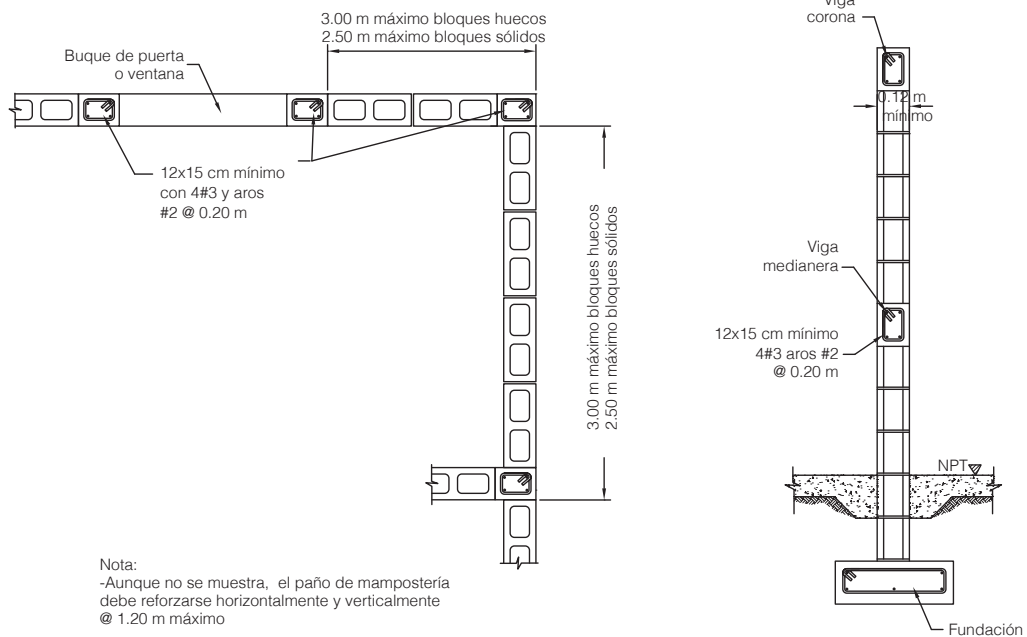


Fig. 17.12. Detalles de pared de mampostería confinada.

los bordes de puertas y ventanas y otras aberturas debe colocarse una varilla #3 adicional. Este refuerzo debe extenderse 40 cm más allá de la abertura. En las esquinas de todos los buques debe colocarse una varilla #3 de 80 cm de longitud en diagonal y centrada con el vértice (ver figuras 17.13 y 17.14).

La resistencia mínima del concreto es $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

e. Paredes de paneles o baldosas, horizontales o verticales, de concreto prefabricado

En el caso de baldosas horizontales la dimensión mínima de las columnas de soporte es de 12 cm y su separación máxima de 150 cm. Todas las baldosas deben poseer un refuerzo mínimo equivalente a 0.0025 de su área en la dirección larga y a 0.001 en la dirección corta. La junta horizontal entre baldosa y baldosa debe ser machihembrada o poseer cualquier otro mecanismo que produzca integridad vertical entre las baldosas. De igual manera, la conexión entre las baldosas y las columnas debe ser machihembrada o utilizar anclajes de varilla #3 a cada 30 cm que transmitan el cortante horizontal. Estas juntas deben rellenarse con mortero (ver figura 17.15).

En el caso de paneles verticales se debe calcular la esbeltez utilizando el espesor real del panel. Estos elementos deben poseer un refuerzo mínimo equivalente al 0.004 de su área. La junta vertical entre los paneles debe poseer

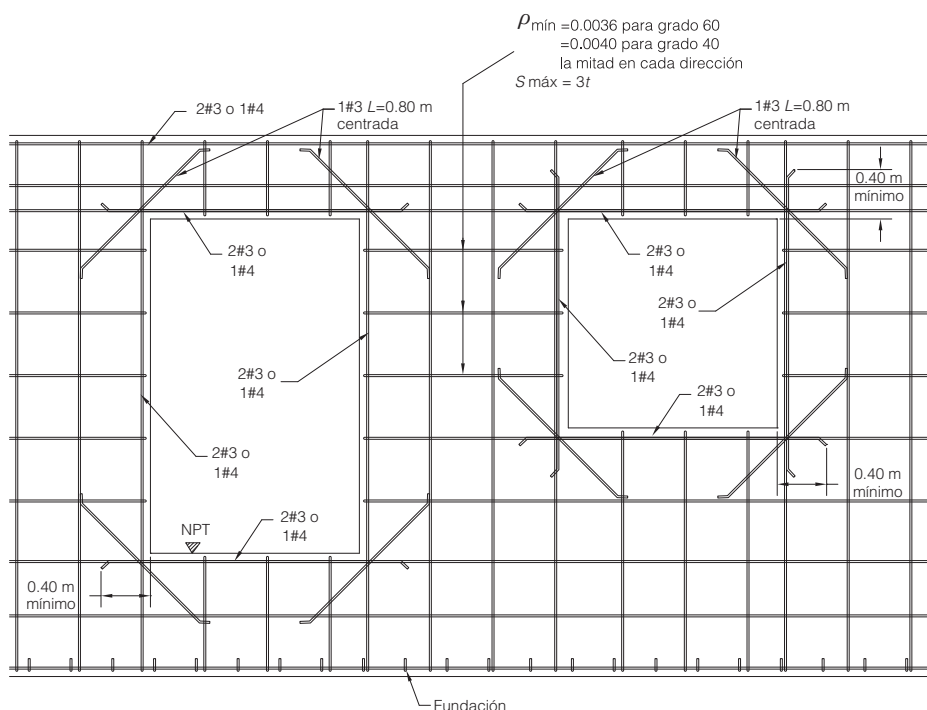


Fig. 17.13. Elevación de pared de concreto reforzado.

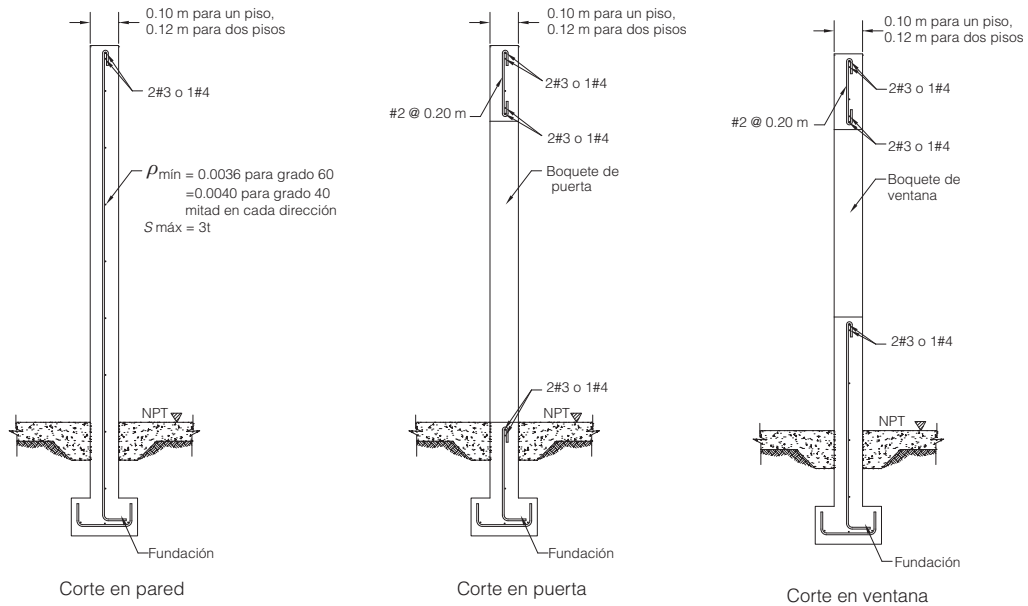


Fig. 17.14. Cortes en paredes de concreto reforzado.

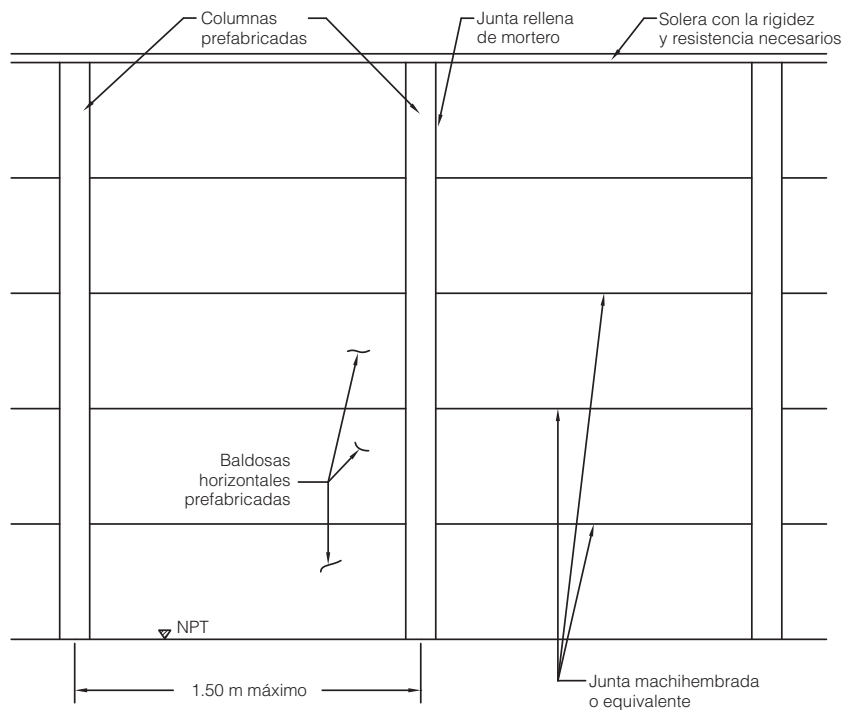


Fig. 17.15. Paredes prefabricadas tipo baldosas horizontales.

una llave o cualquier otro elemento mecánico que permita la transmisión de cortante entre ellos (ver figura 17.16).

f. Paredes delgadas con doble forro y estructura interna de acero o de madera

Para este tipo de paredes el espesor total de forro a forro no debe ser menor que 9 cm. Para estas paredes se debe utilizar un *marco arriostrado* de acero o madera.

Si los *marcos* son de acero, las piezas deben tener un espesor mínimo de calibre 20 y si los marcos son de madera, las piezas deben ser como mínimo de 5 cm x 7.5 cm nominales. Para ambos casos, los elementos verticales de los *marcos* deben estar separados a 60 cm máximo y como mínimo debe colocarse un elemento horizontal en la base, en la mitad de la altura y en la parte superior de la pared (ver figura 17.17). En todas las intersecciones o esquinas deben colocarse riostras en diagonal que formen un ángulo con la horizontal entre 45° y 60° (ver figuras 17.18 y 17.19).

En el caso de *marcos* de madera las riostras deben ser del mismo tamaño que los elementos verticales, mientras que si son de acero pueden ser dos pletinas que abracen el *marco* externamente. Las riostras en diagonal deben conectarse rígidamente al elemento horizontal de base, al elemento horizontal que corona la pared y a todos los elementos verticales que intersequen. En

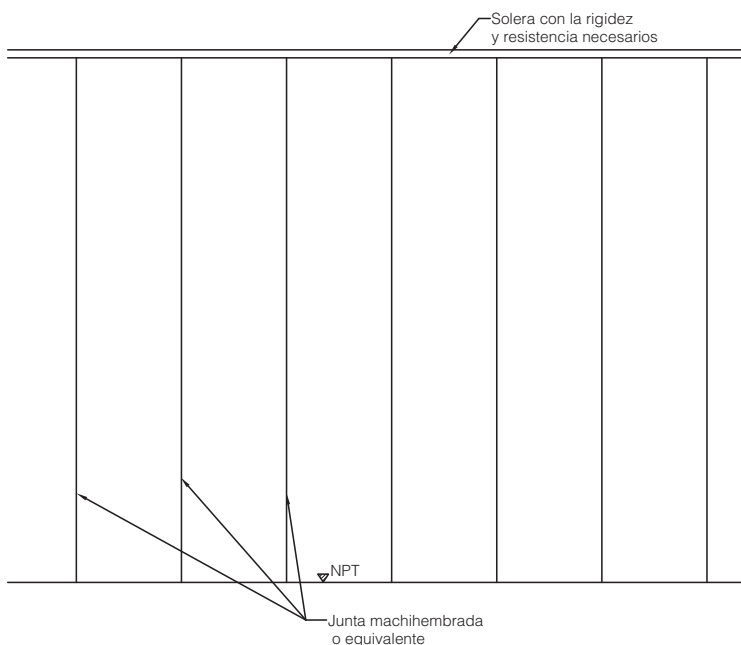


Fig. 17.16. Paredes prefabricadas tipo baldosas verticales.

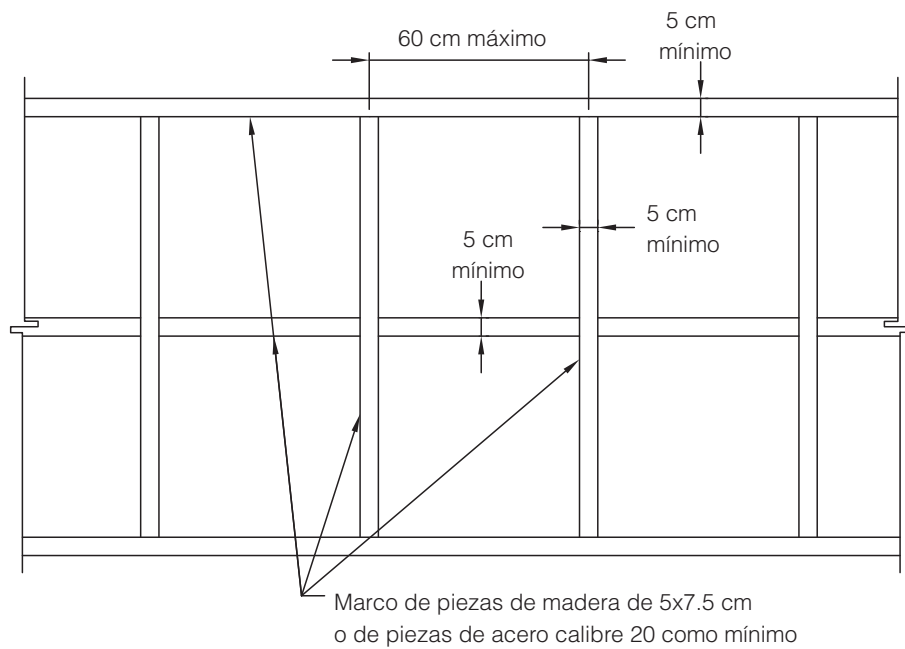


Fig. 17.17. Paredes delgadas con doble forro.

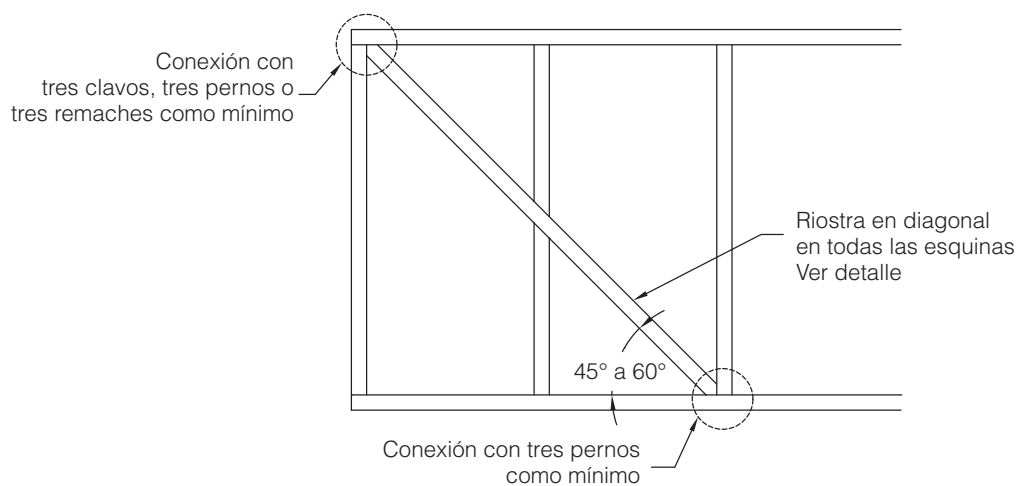


Fig. 17.18. Arriostramiento de paredes delgadas con doble forro.

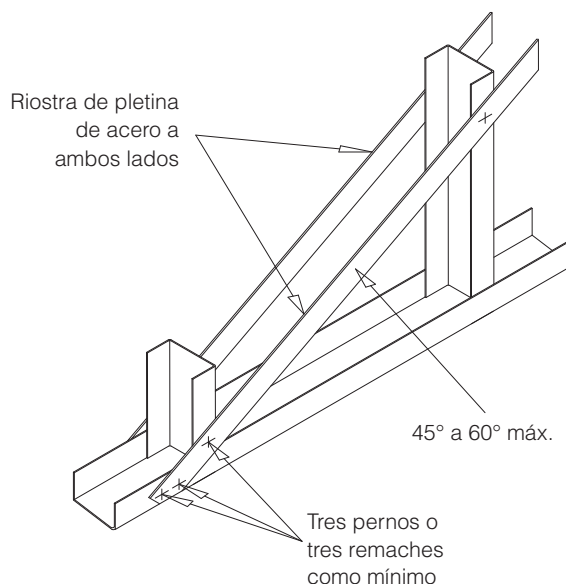


Fig. 17.19. Detalle de arriostramiento de paredes con doble forro.

todos esos puntos la conexión debe realizarse con no menos de tres tornillos, o tres clavos, o tres remaches o cualquier otro dispositivo que asegure una buena transmisión de esfuerzos. El ancho de los elementos del *marco* no debe ser menor que 5 cm, de tal manera que como mínimo existan 2.5 cm para conectar el forro al marco. La conexión del forro al *marco* se hace con tornillos, clavos, remaches o cualquier elemento equivalente. La separación entre estos elementos no debe ser mayor que 30 cm y se deben colocar a una distancia del borde no menor que cinco diámetros.

g. Paredes tipo emparedado

Para este tipo de paredes el espesor total del paño no debe ser menor que 10 cm. Los elementos que sirven para formar este tipo de paredes deben poseer un núcleo de espuma expandida como estereofón, poliuretano expandido o cualquier otro material de baja densidad con un espesor no menor que 5 cm. Este núcleo debe quedar embebido entre mallas electrosoldadas de alambre de acero galvanizado AISI/SAE 1008 calibre 14 (2 mm) o diámetro superior, de acuerdo a las normas ASTM A-82 y ASTM A 185.

La suma de las áreas de alambres horizontal y vertical de cada malla debe ser como mínimo $1.25 \text{ cm}^2/\text{m}$ y el área mínima de alambres en una dirección es $0.40 \text{ cm}^2/\text{m}$. En ambas direcciones la separación máxima entre alambres no debe ser superior a 15 cm. Estas mallas deben estar vinculadas entre sí (ver figura 17.20). El mortero que se utilice debe tener una resistencia a la compresión no menor que 120 kg/cm^2 a los 28 días, medido según la norma ASTM C1140.

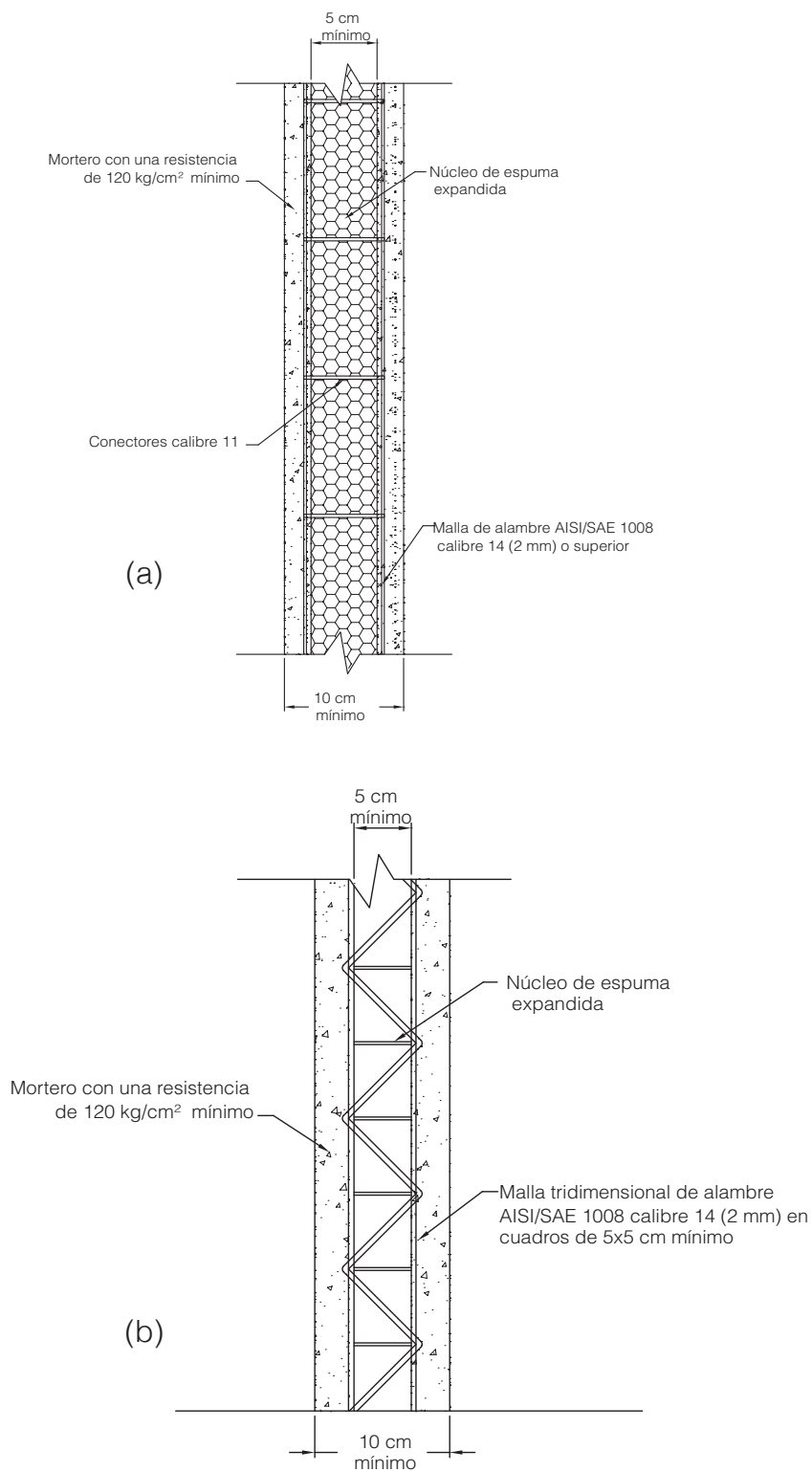


Fig. 17.20. Detalles de posibles paredes tipo emparedado.