

- Cuando se presente un cambio en el nivel de terraza mayor de 400 mm.
- Cuando existan cambios significativos en la calidad del suelo
- Cuando exista diferencia en el número de niveles de edificaciones contiguas.
- Cuando en dos edificaciones contiguas, los niveles de entresijos no coincidan.

La [Figura 8](#) y la [Figura 9](#) presentan esquemáticamente la ubicación de las juntas sísmicas de acuerdo al caso.

### **3.7. Peso de los elementos de construcción**

---

Las fuerzas que genera el sismo son fuerzas inerciales y por lo tanto, mientras mayor sea la masa, mayor será la fuerza generada. Este aspecto es de especial importancia en las cubiertas, en las cuales deben evitarse elementos muy pesados como tanques para agua de 1 m<sup>3</sup> ó más de capacidad, dado que inducen fuerzas inerciales que ocasionan la flexión fuera del plano de los muros ortogonales, o bien el derrumbe de los muros por volteo.

### **3.8. Adiciones y modificaciones**

---

Adiciones y modificaciones deben evitarse ó aislarse convenientemente debido a que éstas afectarían a los muros portantes, probablemente haciendo que la mampostería pierda su confinamiento, provocando que se convierta en un pórtico resistente a momento no dúctil, con excentricidades ó con irregularidades fuertes en planta y elevación, que podría incrementar exponencialmente su vulnerabilidad. Por tales razones, los muros portantes no pueden ser removidos ni afectados por aberturas. Toda adición y modificación a las estructuras debe contemplarse en el proyecto original y construirse aislada del resto de la edificación, para que se comporten como estructuras independientes en su estabilidad y resistencia.

Especialmente, cuando la vivienda forma parte de un grupo de unidades de vivienda que configuran un solo cuerpo habitacional, se requiere además, la presentación de planos, memoria de cálculo del diseño estructural de la adición ó modificación, firmados y sellados por un ingeniero civil cuyo título profesional esté legalizado en el Ecuador, así como también de un documento formal en el que el ingeniero civil asuma la responsabilidad de que la vivienda en su estado final tendrá la resistencia y comportamiento esperado, especialmente cuando la vivienda forma parte de un grupo de unidades que configuran un solo cuerpo habitacional. Además, deberá cumplir con lo establecido en las Ordenanzas Municipales de cada cantón dentro del territorio nacional del Ecuador, en lo que corresponda a permisos: de construcción, modificación ó ampliación de las edificaciones.

En casos especiales, donde sea indispensable la modificación y/o la remoción de un muro, esto deberá ser justificado técnicamente por un profesional estructural.

## 4. Cimentaciones

---

### 4.1. Requisitos generales

---

El tipo de cimentación (plinto, viga ó losa de cimentación) dependerá del tipo y calidad de suelo sobre el cual se proyecta construir las viviendas. De cualquier manera, tanto columnas de pórtico como de confinamiento deben conectarse a nivel de cimentación entre sí a través de cadenas de amarre formando una retícula. Ningún elemento de cimentación puede ser discontinuo. Las juntas de la cimentación deben realizarse a distancias no mayores de 30 m, a menos que un estudio geotécnico completo, resulte en distancias diferentes.

### 4.2. Estudio geotécnico

---

#### 4.2.1. Exploración mínima

En todos los casos se deben cumplir los siguientes requisitos mínimos, los cuales deberán quedar consignados en un Certificado de Responsabilidad suscrito por el profesional responsable de la construcción:

- a) Verificar el comportamiento de viviendas similares en las zonas aledañas, constatando que no se presenten asentamientos diferenciales, agrietamientos, pérdida de verticalidad, compresibilidad excesiva, expansibilidad de intermedia a alta, etc., que permita concluir que el comportamiento de las viviendas similares ha sido el adecuado.
- b) Verificar en inmediaciones del sector la ausencia de procesos de remoción en masa, de erosión, áreas de actividad minera (activa, en recuperación ó suspendida), cuerpos de aguas u otros que puedan afectar la estabilidad y funcionalidad de las casas.
- c) Se debe realizar mínimo una calicata por cada tres unidades construidas ó por cada 300m<sup>2</sup> de construcción, hasta una profundidad mínima de 2.0m, en la que se constate la calidad razonable del suelo de cimentación. Cuando la construcción se realiza sobre un relleno que responde a un diseño geotécnico, la información ó las propiedades del suelo usadas para el diseño de ese relleno serán las que predominen el diseño. Los estudios realizados para ese relleno existente podrán ser usados y obviar la necesidad de estudios adicionales de estas casas.
- d) En las calicatas indicadas en (c) deberán quedar determinados los espesores de los materiales inconvenientes para el apoyo directo y superficial de la cimentación, como son: descapote, escombros, materia orgánica, etc., los cuales deberán ser retirados durante la construcción.

En caso de que los resultados de la exploración mínima indiquen condiciones inadecuadas para la estabilidad del proyecto, se deberán realizar los estudios geotécnicos indicados en la presente sección.

#### 4.2.2. Limpieza del terreno

El terreno debe limpiarse de todo material orgánico y deben realizarse los drenajes necesarios para asegurar una mínima incidencia de humedad.

### 4.2.3. Estudio geotécnico

Debe realizarse un estudio geotécnico, de acuerdo a lo indicado en la [NEC-SE-GM](#), en los siguientes casos:

- Suelos que presenten inestabilidad lateral.
- Suelos con pendientes superiores al 30%.
- Suelos con compresibilidad excesiva.
- Suelos con expansibilidad de intermedia a alta.
- Suelos en zonas que presenten procesos de remoción en masa, de erosión, áreas de actividad minera (activa, en recuperación ó suspendida), cuerpos de aguas u otros que puedan afectar la estabilidad y funcionalidad de las casas.

### 4.3. Requisitos mínimos para cimentación de muros portantes

Deberá existir bajo todos los ejes de muro y debe ser continua incluso en aberturas como puertas y ventanas, además debe tener refuerzo longitudinal superior e inferior y estribos de confinamiento en toda su longitud. Las dimensiones y el refuerzo de los cimientos se presentan en la [Tabla 4](#). El nivel inferior de las riostras de cimentación deberá estar a una profundidad mínima de 500 mm por debajo del nivel de acabado de la planta baja ó de acuerdo a lo especificado por el estudio de suelos.

Para muros portantes, con ó sin alma de poliestireno, de hormigón armado ó de mortero armado, se deberá prever anclaje al sistema de riostras de cimentación, con refuerzo de acero como pasadores tipo espigas ó insertos, chicotes de anclaje, que cumplen con la longitud de desarrollo establecida en [ACI 318](#). La cimentación para estos dos sistemas podrá ser superficial y diseñada en función de la capacidad portante del suelo y su verificación estructural.

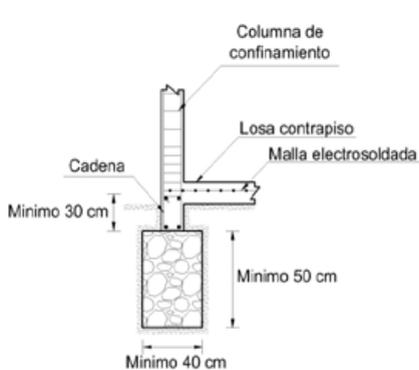
Cimentación corrida	Un piso	Dos pisos	Resistencia Mínima	
			Acero Refuerzo	de Hormigón
			$f_y$ (MPa)	$f'_c$ (MPa)
Ancho	250 mm	300 mm	* 420 (barra corrugada)	18
Altura	200 mm	300 mm		
Acero longitudinal	4 $\phi$ 10* mm	4 $\phi$ 12* mm		
Estribos	$\phi$ 8* mm @ 200mm	$\phi$ 8* mm @ 200mm		
Acero para anclaje de muros	10* mm	10* mm		

Tabla 4: Dimensiones y refuerzos mínimos de la cimentación corrida

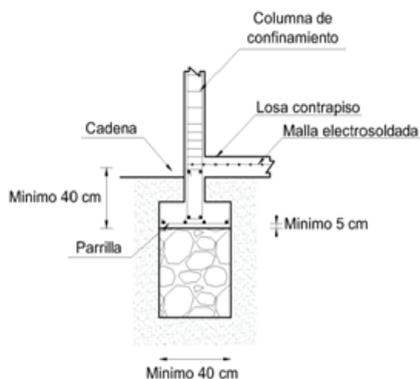
*Nota: Cuando se emplee acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia especificado mayor a 420 MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>) las cuantías de acero calculadas se podrán reducir multiplicándolas por 420 /  $f_y$ , en MPa (4200 /  $f_y$ , en kg/cm<sup>2</sup>).*

Para asegurar la durabilidad de las riostras de cimentación, ya que estarán en contacto con el suelo, deberá proporcionarse un recubrimiento de al menos 5 cm.

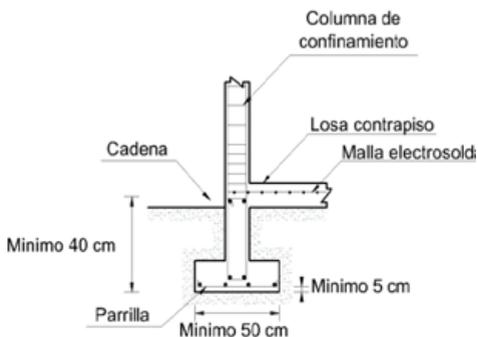
Para edificios de dos ó más pisos el diseño del sistema de riostras de cimentación deberá realizarse según estudio geotécnico y estructural.



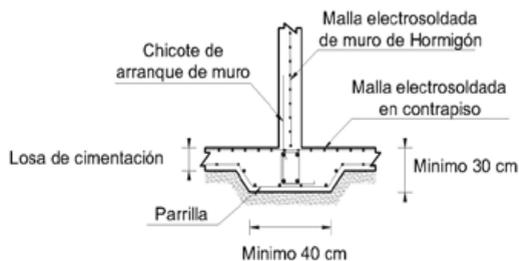
a) Cadena de Cimentación sobre zócalo de Hormigón Ciclópeo



c) Viga corrida de Cimentación sobre zócalo de Hormigón Ciclópeo



b) Viga corrida de Cimentación sobre suelo resistente



d) Viga corrida de Cimentación sobre suelo resistente mejorado

Figura 10: Tipos de cimentación en muros portantes

## 4.4. Requisitos mínimos para zapatas aisladas

---

Los requisitos mínimos para zapatas aisladas son los siguientes:

- Las zapatas aisladas deben ser cuadrangulares ó rectangulares en planta. Siempre que sea posible, deben estar colocadas tal que su centroide coincida con el centroide de la columna ó muro que recibe.
- La profundidad entre la superficie del contrapiso y el fondo de la zapata debe ser de 1.0 m. La menor dimensión de la zapata debe ser de 1.0 m ó lo que se sustente con un diseño de cimentación y el espesor mínimo de la zapata debe ser de 15 cm.
- El refuerzo a flexión de las zapatas aisladas debe colocarse en la parte inferior de la misma y en ambas direcciones, de manera uniforme en todo el ancho de la zapata.
- La cuantía mínima en cualquier dirección debe ser de 0.0018.
- La distancia libre mínima entre barras paralelas debe ser igual al diámetro de la barra pero no menor a 25 mm.
- La distancia máxima entre barras paralelas debe ser menor ó igual que 3 veces el espesor de la zapata pero no mayor que 30 cm ó lo que indique el diseño de la cimentación.

## 5. Pórticos resistentes a momento

### 5.1. Pórticos de hormigón armado

Los pórticos resistentes a momento de hormigón armado transfieren las cargas actuantes a la cimentación a través de vigas y columnas.

Pórticos que se diseñen y detallen con los requerimientos establecidos en la [NEC-SE-HM](#), poseerán la ductilidad que sustente la aplicación del factor de reducción de fuerzas siguiente (especificados en la [NEC-SE-DS](#)):

- $R=6$  para pórticos con vigas descolgadas
- $R=5$  para pórticos con vigas banda.

Pórticos donde se adopten secciones de vigas y columnas con dimensiones menores que las mínimas especificadas en la [NEC-SE-HM](#), pueden usarse para vivienda de hasta 2 pisos, siempre y cuando satisfagan un diseño estructural donde las fuerzas sísmicas hayan sido calculadas con el coeficiente de reducción  $R$  señalado en la [Tabla 3](#).

### 5.2. Pórticos de hormigón armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la [NEC-SE-HM](#)

La construcción de viviendas con este sistema estructural se limita a 2 pisos en terreno plano y sin posibilidad a ampliación en elevación.

En estructuras con elevaciones similares a las de la [Figura 11](#), el número de pisos se contará desde la parte más baja del terreno.

Cuando el terreno no sea plano, se requerirá un diseño más detallado que considere los efectos de torsión generados por la configuración irregular, por lo tanto, los requisitos de este capítulo se consideran insuficientes y el diseño deberá regirse a las especificaciones de la [NEC-SE-DS](#) y los correspondientes a hormigón y acero de esta norma.

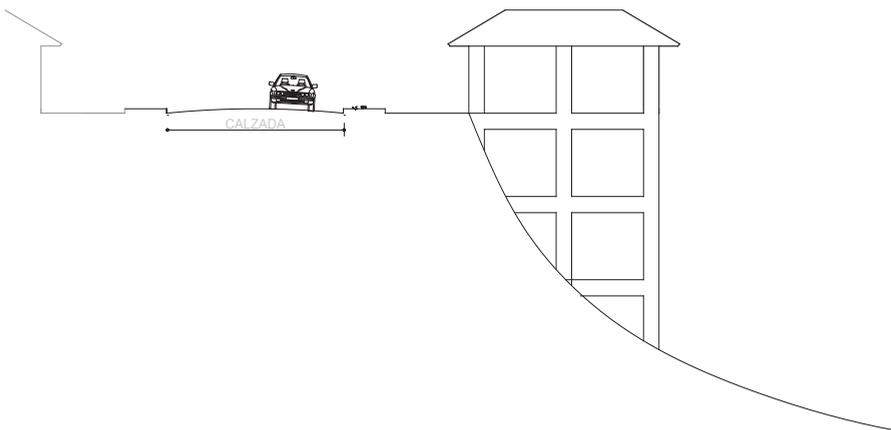


Figura 11: Sistema estructural que requiere de análisis de torsión

En el sistema de pórticos resistentes a momento, la mampostería cumple una función divisoria de espacios y de seguridad, por lo que podrán usarse unidades de mampostería de al menos 7 cm de espesor. Se debe considerar y tomar las medidas necesarias para evitar que la mampostería afecte el desempeño del pórtico por la creación de irregularidades como columna corta y piso débil.

Las estructuras podrán también incorporar muros de mampostería armada ó confinada diseñadas de acuerdo a esta norma. También se permiten elementos de acero en cubiertas y componentes que no formen parte del sistema sismo-resistente.

Número de pisos de la vivienda	Elemento	Luz máxima (m)	altura total de entrepiso máxima (m)	Sección mínima base x altura (cm x cm)	Cuantía Longitudinal Mínima de acero laminado en caliente	Refuerzo de acero laminado Transversal Mínimo (estribos)
1	Columnas	4.0	2.50	20x20(a)	1%	Diámetro 8 mm @ 10 cm
	Vigas			15x20(b)	14/fy sup. 14/fy inf.	Diámetro 8 mm @ 5 en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)
2	Columnas	4.0	2.50	Piso 1: 25x25  Piso 2: 20x20	1%	Diámetro 8 mm @ 10 cm
	Vigas			20x20 (b)	14/fy sup. 14/fy inf.	Diámetro 8 mm @ 5 en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)

Tabla 5: Requisitos mínimos en función del número de pisos de la vivienda con pórticos de hormigón y losas

(a) La orientación en planta de las columnas será 40% mínimo en cada dirección ortogonal.

(b) La dimensión se refiere a vigas banda.

Notas:

Las longitudes de desarrollo de los aceros de refuerzo y los diámetros mínimos de doblado deberán estar regidos por los requisitos del [ACI 318](#), capítulo 7 y 12.

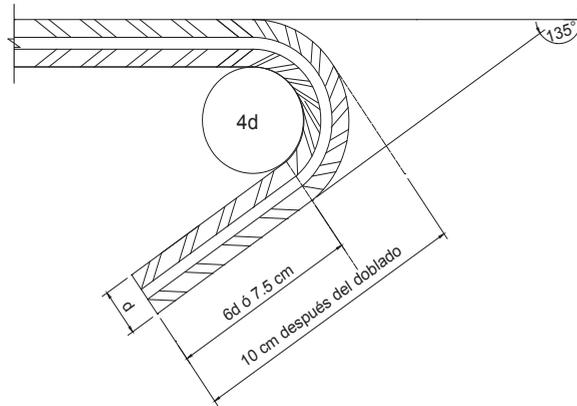


Figura 12: Geometría del gancho Longitud de doblado en estribos de 8mm

En la [Tabla 4](#) se señalan las secciones mínimas admitidas para este tipo de pórticos, según el elemento (viga ó columna) y el número de pisos. En cualquier caso, se debe asegurar la continuidad vertical de las columnas. La cuantía del refuerzo debe ser calculada mediante un análisis estructural considerando las acciones gravitacionales y las acciones sísmicas.

### 5.3. Proceso constructivo y calidad de los encofrados

El proceso constructivo y la calidad de los encofrados del hormigón y mortero y el curado de estos deben basarse en las recomendaciones del [ACI 301](#) para los elementos de hormigón armado y mortero armado.

### 5.4. Acero formado en frío

Cuando se usen en vivienda, los pórticos resistentes a momento de acero formado en frío deberán diseñarse de acuerdo a las normas de diseño de la AISI. No obstante el diseño deberá satisfacer los requisitos de la sección [3.2](#), y a la [NEC-SE-AC](#).

Las uniones estructurales soldadas deberán regirse por la [AWS](#) y las uniones estructurales empennadas deberán regirse a la norma [AISC](#).

## 6. Muros portantes sismo resistentes

### 6.1. Definición

Para que se considere un muro como portante, debe asegurarse que éste no tenga aberturas ó vanos (ej. puertas o ventanas), de ahí que no todas las paredes ó muros de la vivienda son portantes. Se considera como excepción el caso de los muros de hormigón armado siempre que se cumpla con lo estipulado en la sección [3.5](#).

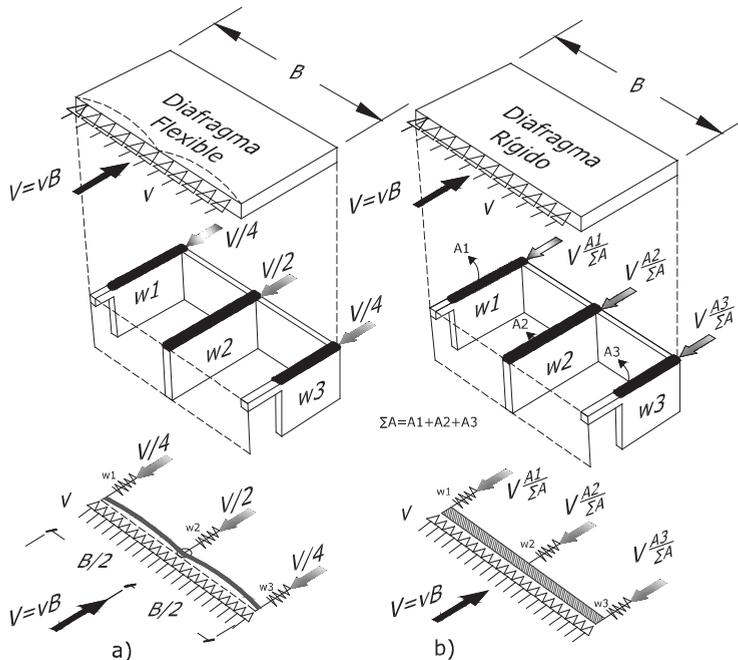


Figura 13: Distribución de las cargas laterales en edificaciones

a) Diafragma flexible,

b) Diafragma rígido.

Especial consideración debe tenerse con las instalaciones, las cuales preferentemente deberían colocarse dentro de ductos ó elementos no estructurales.

Cuando deban colocarse dentro de los muros portantes, las instalaciones deberán ser instaladas sin dañar el muro portante. En mampostería de piezas macizas ó huecas con relleno total se admite ranuras sin impacto el muro (con herramientas de corte) para alojar las tuberías y ductos, siempre que:

- La profundidad de la ranura no exceda de la cuarta parte del espesor de la mampostería del muro ( $t / 4$ );
- El recorrido sea vertical; y
- El recorrido no sea mayor que la mitad de la altura libre del muro ( $H/2$ ).

En muros con piezas huecas no se podrán alojar tubos ó ductos en celdas con refuerzo. Las celdas con tubos y ductos deberán ser rellenadas con concreto ó mortero de relleno.

No se permite colocar tuberías y ductos en columnas que tengan función estructural, sean exteriores ó interiores ó en celdas reforzadas verticalmente.

En edificaciones de muros portantes deberá determinarse la cantidad de muros estructurales en las dos direcciones, la cuantía mínima en cada dirección deberá ser:  $d\% \geq 1,5\%$  (área de muros resistente / Área total de la edificación) para estructuras de muros portantes con alma de poliestireno y/o huecas con entrepiso liviano (peso propio máximo de  $200 \text{ kg/m}^2$ ) será  $d\% \geq 1,0\%$ .

Número de Pisos	Sistema Constructivo	Índice de Densidad de muros en cada dirección en planta $d\% \geq A_w / A_p$
2	Muros Portantes reforzados	1.5%
1	Muros Portantes reforzados	1%
1 y 2	Sistemas Portantes Livianos	1%

Tabla 6: Índice de Densidad de Muros (d%) en cada dirección de la planta

$$d\% \geq A_w / A_p$$

Dónde:

**d** Índice de densidad de muros en cada dirección.

**A<sub>w</sub>** Sumatoria de las secciones transversales de los muros confinados en la dirección de análisis.

**A<sub>p</sub>** Área total en planta de la vivienda.

## 6.2. Muros portantes de mampostería no reforzada

Se asumen los siguientes sistemas estructurales conformados por unidades de mampostería:

- de tierra (se incluye adobe, con ó sin refuerzo de paja ó similar, tapial, bahareque sin diagonales, arcilla cocida),
- de bloques de hormigón simple.

Estas unidades de mampostería son unidas por medio de mortero de tierra ó cemento, en las cuales no existe ningún tipo de refuerzo de barras ó alambre de acero interno, externo ó de confinamiento.

Este tipo de sistema no debe utilizarse como parte del sistema resistente a cargas sísmicas en zonas donde el valor de **Z** sea igual o mayor que 0.25 (véase la sección [3.1.2](#)). Si se utiliza como elemento no estructural (en particiones, fachadas y elementos decorativos), deberá estar amarrada adecuadamente a la estructura de la edificación.

### 6.3. Muros portantes de mampostería reforzada

Sistema estructural conformado por unidades de mampostería de perforación vertical unidas por medio de mortero y reforzado internamente con barras y/o alambres y/o escalerillas de acero horizontales y verticales, distribuidos a lo largo y alto del muro, incluidos en la definición de acero de refuerzo. El mortero u hormigón de relleno puede colocarse en todas las celdas verticales ó solamente en aquellas donde está ubicado el refuerzo vertical.

En este capítulo se consideran las viviendas de hasta dos plantas, sin embargo estos sistemas permiten desarrollar estructuras sismo-resistentes de varios pisos. Debe diseñarse de acuerdo a la [NEC-SE-MP](#).

Cuando se emplee acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia especificado mayor a 420 MPa (4200 kg/cm<sup>2</sup>) las cuantías de acero calculadas con  $f_y = 420$  MPa se podrán reducir multiplicándolas por  $420 / f_y$ , en MPa ( $4200 / f_y$ , en kg/cm<sup>2</sup>).

#### 6.3.1. Cuantías de acero de refuerzo horizontal y vertical

La suma de la cuantía de acero de refuerzo horizontal,  $\rho_h$  y vertical,  $\rho_v$ , no será menor que 0.002 y ninguna de las dos cuantías será menor que 0.0007, es decir:

$$\rho_h + \rho_v \geq 0.002$$

Dónde:

$$\rho_h \geq 0.0007$$

$$\rho_v \geq 0.0007$$

$$\rho_h = \frac{A_{sh}}{s_h t}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{s_v t}$$

$\rho_h$       Cuantía de acero de refuerzo horizontal

$\rho_v$       Cuantía de acero de refuerzo vertical

$A_{sh}$       Área de acero de refuerzo horizontal que se colocará a una separación horizontal  $S_h$ .

$A_{sv}$       Área de acero de refuerzo vertical que se colocará a una separación vertical  $S_v$ .

$S_h$       Separación horizontal

$S_v$       Separación vertical

### 6.3.2. Tamaño, colocación y separación del refuerzo

#### a. Refuerzo vertical

El refuerzo vertical en el interior del muro tendrá una separación no mayor de seis veces el espesor del mismo ni mayor de 800 mm.

#### b. Refuerzo horizontal (viga) en los extremos de muros

Existirá una viga en todo extremo horizontal de muro, a menos que este último esté ligado a un elemento de concreto reforzado con un peralte mínimo de 100 mm. Aún en este caso, se deberá colocar refuerzo longitudinal y transversal.

El refuerzo longitudinal de la viga deberá dimensionarse para resistir la componente horizontal del puntal de compresión que se desarrolle en la mampostería para resistir las cargas laterales y verticales. En cualquier caso, estará formado por lo menos de tres barras, cuya área total sea al menos igual a la obtenida con la ecuación siguiente:

$$A_s = 0.2 \frac{f'_c}{f_y} t^2$$

Dónde:

$A_s$  Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción (mm<sup>2</sup>)

$f'_c$  Resistencia especificada a la compresión del concreto (MPa)

$f_y$  Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)

$t$  Espesor del muro

El refuerzo transversal de la viga estará formado por estribos cerrados y con un área,  $A_{sc}$ , al menos igual a la calculada con las ecuaciones siguientes:

$$A_{sc} = \frac{10000 s}{f_y h_c}$$

Dónde:

$A_{sc}$  Área de refuerzo longitudinal no pre esforzado a tracción (mm<sup>2</sup>)

$h_c$  Dimensión de la altura de la viga en el plano del muro

$f_y$  Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)

$s$  Separación de los estribos (mm). La separación de los estribos  $s$  no excederá de  $1,5 t$  ni de 200 mm.

Dónde:

$t$  Espesor del muro

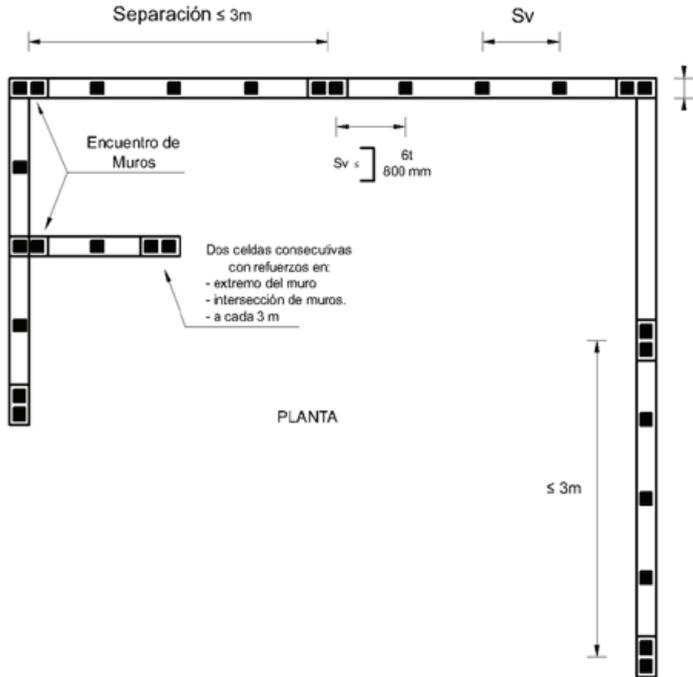


Figura 14: Planta típica de muros reforzados, ubicación del refuerzo vertical

Deberá colocarse por lo menos una barra de 9.5 mm de diámetro con esfuerzo especificado de fluencia de 412 MPa (4 200 kg/cm<sup>2</sup>) ó refuerzo de otras características con resistencia a tensión equivalente, en cada una de dos celdas consecutivas, en todo extremo de muros, en la intersecciones entre muros ó cada 3 m.

### c. Muros transversales

Cuando los muros transversales sean de carga y lleguen a tope, sin traslape de piezas, será necesario unirlos mediante dispositivos que aseguren la continuidad de la estructura. Los dispositivos deberán ser capaces de resistir 1.33 veces la resistencia de diseño a fuerza cortante del muro transversal dividida por el factor de resistencia correspondiente. En la resistencia de diseño se incluirá la fuerza cortante resistida por la mampostería y si aplica, la resistida por el refuerzo horizontal.

Alternativamente, el área de acero de los dispositivos ó conectores,  $A_{st}$ , colocada a una separación  $s$  en la altura del muro, se podrá calcular mediante la expresión siguiente:

$$A_{st} = \frac{2.5(V_{mR} + V_{sR})}{F_R} \frac{t}{L} \frac{s}{f_y}$$

Dónde:

$A_{st}$  Área total de acero de refuerzo en la sección de muro, o área total del acero de refuerzo

	longitudinal del elemento de confinamiento ( $\text{mm}^2$ )
$F_R$	Factor de resistencia=0.7
$F_y$	Refuerzo especificado de fluencia de los dispositivos ó conectores (MPa)
$L$	Longitud del muro transversal (mm)
$s$	Separación entre conectores ó estribos
$t$	Espesor del muro transversal (mm)
$V_{mR}$	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por la mampostería (N)
$V_{sR}$	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo de cortante (N)

NOTA:  $s$  no deberá exceder de 200 mm

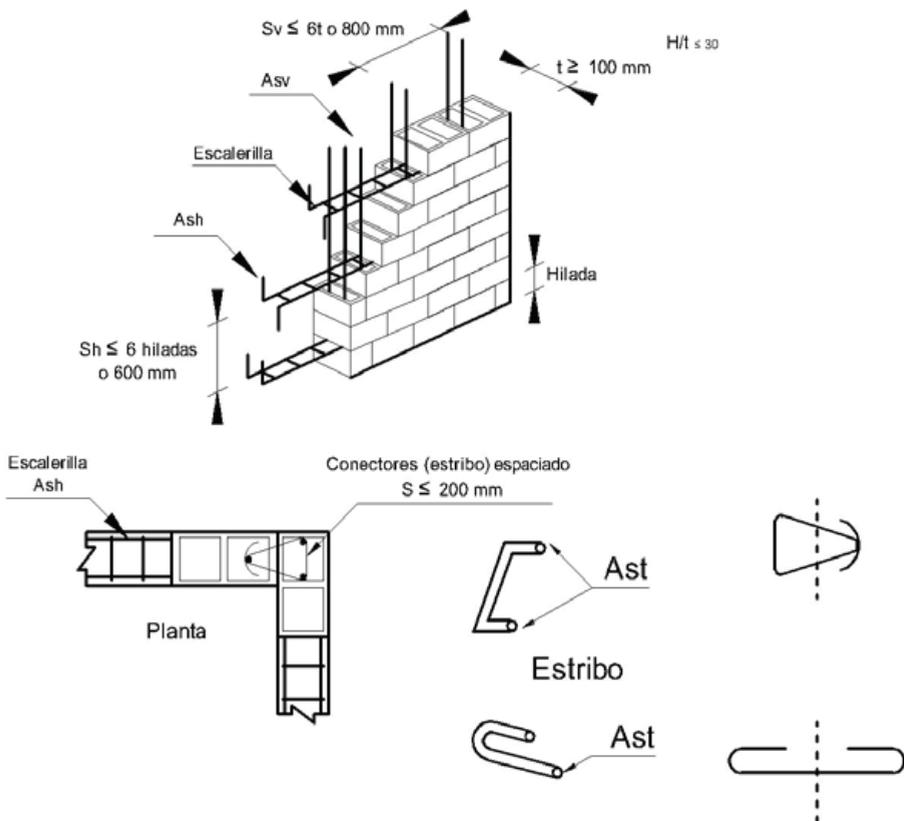


Figura 15: Distribución de refuerzo Vertical y Horizontal. Detalles de encuentro de muros, ubicación de estribos y conectores

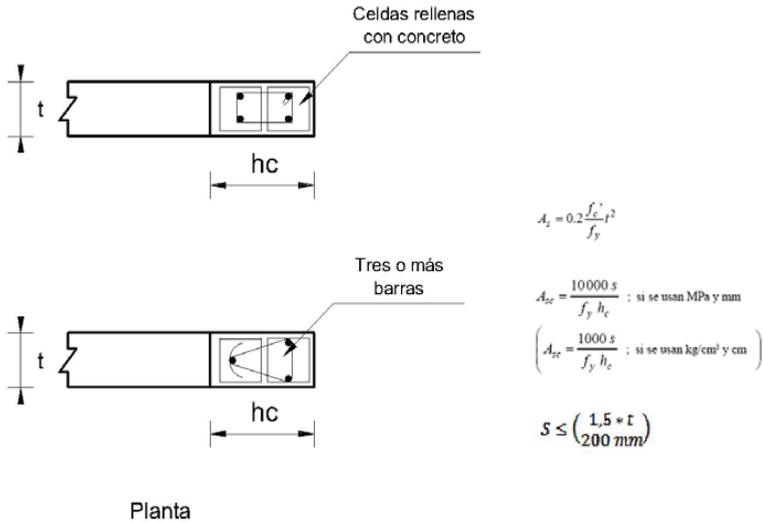


Figura 16: Distribución de refuerzo Vertical y Horizontal. Detalles de encuentro de muros, ubicación de estribos y conectores

#### d. Muros con aberturas

Existirán elementos de refuerzo vertical y horizontal en el perímetro de toda abertura cuya dimensión exceda la cuarta parte de la longitud del muro, de la cuarta parte de la distancia entre intersecciones de muros ó de 600 mm ó bien en aberturas con altura igual a la del muro. Los elementos de refuerzo vertical y horizontal serán como los señalados en la [NEC-SE-MP](#).

#### e. Antepechos ó Parapetos

Los parapetos deberán reforzarse interiormente con barras de refuerzo vertical. Se deberá proporcionar refuerzo horizontal en la parte superior de parapetos ó antepecho cuya altura sea superior a 500 mm.

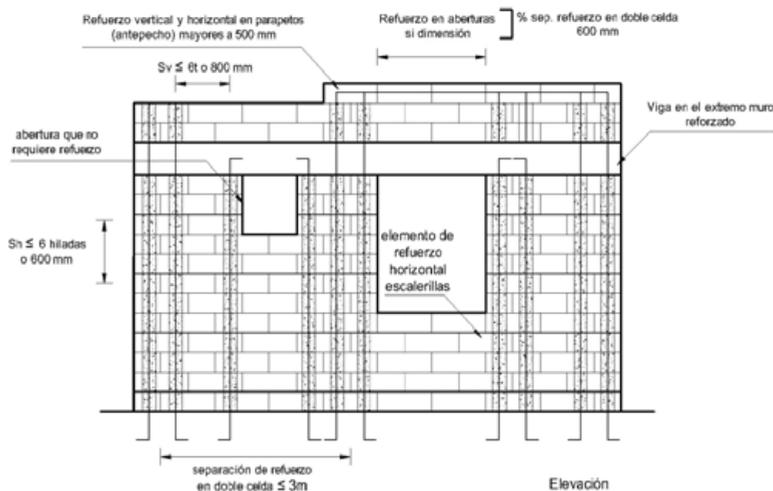


Figura 17: Detalle del reforzamiento vertical, detalle de reforzamiento en aberturas

## 6.4. Muros portantes de mampostería confinada

El diseño de muros portantes de mampostería confinada se hará conforma a la sección 7.

Sistema estructural conformado por unidades de mampostería unidas por medio de mortero, confinado en su perímetro por vigas y columnas, construidos alrededor del muro ó unidades de mampostería donde se vacía el hormigón de relleno logrando el confinamiento de la mampostería.

La mampostería confinada se puede construir de dos maneras, siendo la primera la más recomendada:

- **Tipo 1:** Se construye ó levanta la pared de mampostería y luego se funden las columnas y vigas que confinarán la mampostería
- **Tipo 2:** Primero se funden las columnas de confinamiento dejando arriostramientos (chicotes), con barras de diámetro mínimo de 5.5 mm de  $f_y = 5000\text{kg/cm}^2$  cada tres hiladas de mampuesto y/o cada 60cm, con gancho y 15 cm de empotramiento en el hormigón y al menos 50 cm en la pared, de manera que exista continuidad con la pared que construye después.

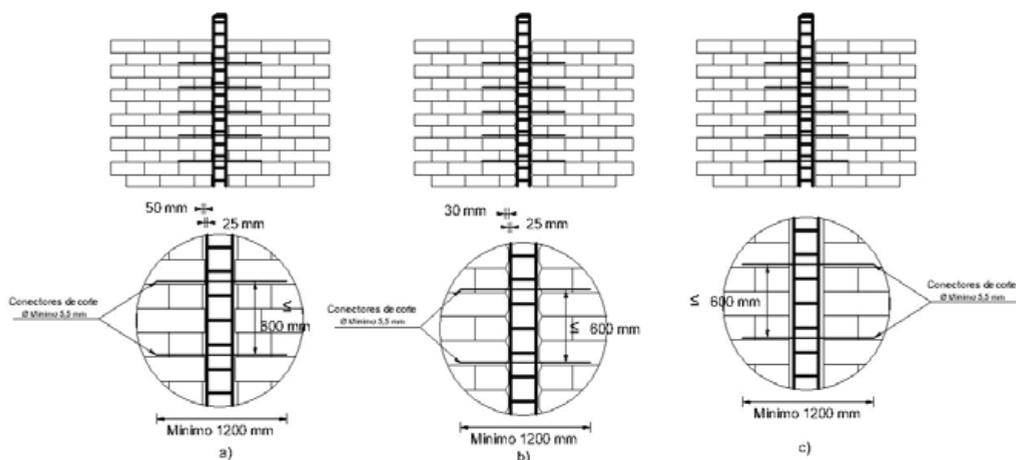


Figura 18: Detalle de Mampostería Confinada tipo 1)

- (a) Mampuesto con perforación vertical
- (b) Mampuestos sólidos
- (c) Posición de refuerzo horizontal (chicote) cuando el dentado no es posible

Este sistema constructivo es el más usado para la construcción de edificaciones de hasta dos pisos en el Ecuador, en ciertas zonas de la sierra se usan ladrillos macizos de arcilla prensados a mano, mientras que en otras zonas del país y de la costa se utilizan bloques de hormigón y arcilla vibroprensados. Para el diseño de estas edificaciones se utilizarán los métodos simplificados que se basan en la comprobación de esfuerzos. Estos métodos se presentan en la sección 8.

En este capítulo se consideran viviendas de hasta dos plantas sin embargo estos sistemas

permiten desarrollar estructuras sismo-resistente de varios pisos.

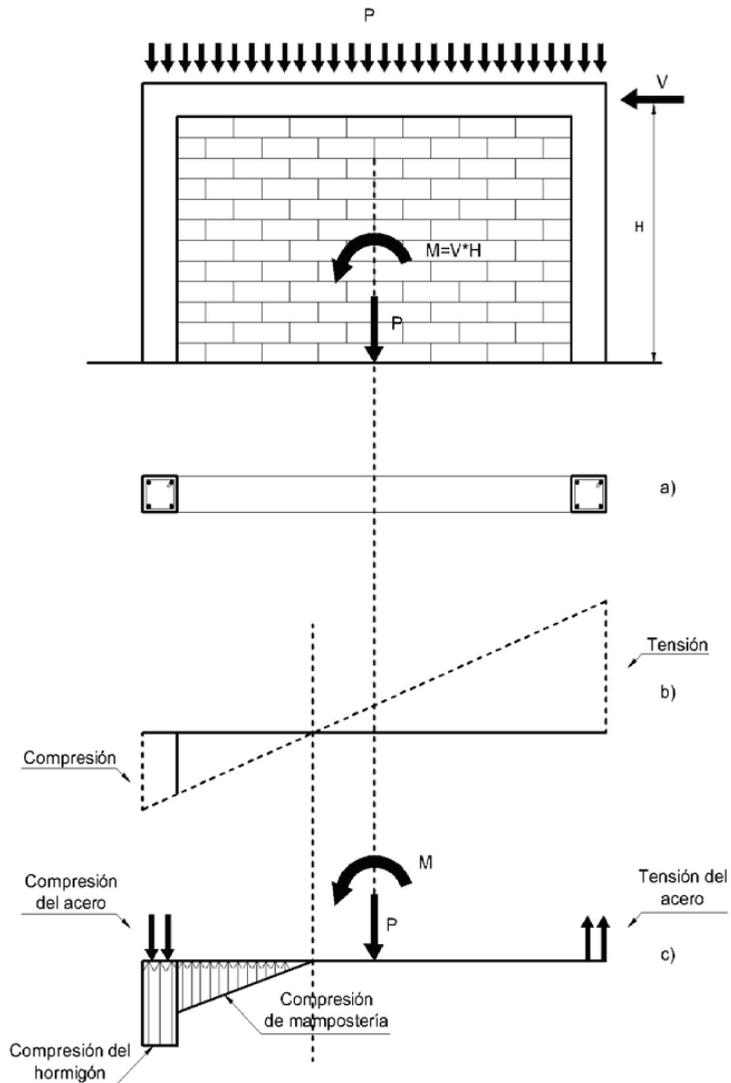


Figura 19: Detalle del Panel de Mampostería Confinada sujeto a acción combinada de carga axial y lateral

- (a) Planta del panel
- (b) Distribución de esfuerzos
- (c) Distribución interna de fuerzas

## 6.5. Muros portantes de hormigón armado

---

### 6.5.1. Descripción

Se trata de un sistema estructural rígido conformado por muros de hormigón armado con refuerzo de barra de acero corrugado ó malla electro-soldada. Estos edificios no tienen columnas.

Los muros ortogonales entre sí tienen capacidad de soporte de cargas verticales y laterales, su agotamiento es fundamentalmente a corte.

El hormigón se vierte en el interior de los encofrados que sostienen el refuerzo de acero necesario logrando un comportamiento monolítico de todo el sistema de muros.

Las transferencias de fuerzas a la cimentación ó zapata se dan a través del hormigón por aplastamiento y mediante refuerzos, pasadores (*dowels*) y conectores mecánicos. Estos refuerzos deben ser adecuados para transmitir toda la fuerza de compresión que exceda la resistencia de aplastamiento del hormigón de cualquiera de los elementos y también de cualquier fuerza de tracción calculada a través de la interfaz.

### 6.5.2. Requisitos mínimos

El cálculo y diseño estructural de este sistema estructural, debe basarse en la [sección 8](#) y en [ACI318](#).

Especial atención se debe dar a la distribución balanceada de los muros portantes de hormigón armado en las dos direcciones en planta y la continuidad de los mismos en toda la altura de la edificación.

Todos los muros deben anclarse a los elementos que los intersecan, como pisos ó cubiertas, otros muros y zapatas.

El espesor mínimo para estos sistemas estructurales no debe ser menor de 1/30 de la altura del muro, ni tampoco menor que 80 mm.

### 6.5.3. Cuantía del refuerzo de acero en muros portantes de hormigón

La cuantía del refuerzo para muros portantes de hormigón armado, no puede ser inferior a:

- 0.0018 para barras corrugadas con  $f_y = 420$  MPa, para el eje vertical y horizontal.
- $0.0018 \times 420 / f_y$  (MPa); para refuerzo electro-soldado en los ejes vertical y horizontal, pero no menor a 0.0012; pudiendo emplearse mallas electro-soldadas con  $f_y$  de hasta 600 MPa

El refuerzo vertical y horizontal debe espaciarse a no más de tres veces el espesor del muro, ni de 300 mm.

La resistencia a la compresión simple del hormigón ó mortero en estos sistemas será:

$$f'_c \geq 18 \text{ MPa (180 kg/cm}^2\text{) a los 28 días}$$

Dónde:

$f_y$	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)
$f'_c$	Resistencia especificada a la compresión del concreto (MPa)

Estos sistemas estructurales son recomendables, debido a su gran rigidez y resistencia (ya que resisten todo el sismo de diseño sin necesidad de disipar energía), no requieren ductilidad. Son muy seguros, porque neutralizan los problemas de columnas cortas, pisos blandos, pisos a desnivel. Y pueden llegar a ser más económicos que otros sistemas constructivos.

#### 6.5.4. Factor de reducción por los efectos de excentricidad y esbeltez

En el diseño, se deberán tomar en cuenta los efectos de excentricidad y esbeltez. Optativamente, se pueden considerar mediante los valores aproximados del factor de reducción  $F_E$ .

Se podrá tomar  $F_E$  igual a:

- $F_E = 0.7$  para muros interiores que soporten claros que no difieren en más de 50%.
- $F_E = 0.6$  para muros extremos ó con claros que difieran en más de 50%, así como para casos en que la relación entre cargas vivas y cargas muertas de diseño excede de uno.

Para ambos casos, se deberá cumplir simultáneamente que:

- Las deformaciones de los extremos superior e inferior del muro en la dirección normal a su plano están restringidas por el sistema de piso, por dadas ó por otros elementos;
- La excentricidad en la carga axial aplicada es menor ó igual que  $t/6$  y no hay fuerzas significativas que actúan en dirección normal al plano del muro; y
- La relación altura libre a espesor de la mampostería del muro,  $H / t$ , no debe exceder de 20.

Cuando no se cumplan las condiciones relativas al valor de  $F_E$  señaladas anteriormente, el factor de reducción por excentricidad y esbeltez se determinará como el menor entre lo especificado para  $F_E$  y el que se obtiene con la ecuación siguiente:

$$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right]$$

Dónde:

- H** Altura libre de un muro entre elementos capaces de darle apoyo lateral;
- e'** Excentricidad calculada para la carga vertical más una excentricidad accidental que se tomará igual a  $t / 25$
- k** Factor de altura efectiva del muro que se determinará según el criterio siguiente:
  - $k = 2$  para muros sin restricción al desplazamiento lateral en su extremo superior;
  - $k = 1$  para muros extremos en que se apoyan losas; y
  - $k = 0.8$  para muros limitados por dos losas continuas a ambos lados del muro.

t	espesor del muro (mm)
---	-----------------------

#### a. Efecto de las restricciones a las deformaciones laterales

En casos en que el muro en consideración esté ligado a muros transversales, a contrafuertes, a columnas ó a columnas de confinamiento que restrinjan su deformación lateral, el factor  $F_E$  se calculará como:

$$F_E = \left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right] \left(1 - \frac{H}{L'}\right) + \frac{H}{L'} \leq 0.9$$

Dónde:

$L'$  Separación de los elementos que rigidizan transversalmente al muro (véase la [Figura 20](#))

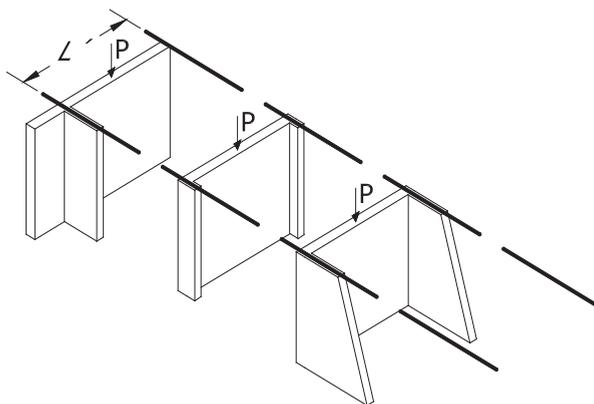


Figura 20: Restricción a la deformación lateral

## 6.6. Otros tipos de muros portantes de hormigón o mortero armado

### 6.6.1. Alcance

Esta sección trata de muros portantes:

- con mortero armado u hormigón armado,
- con alma de poliestireno ó mampostería ó alma hueca.

Se trata de un sistema estructural de muros que además de soportar su peso propio, soporta las cargas que transmite la losa y resiste cargas paralelas y perpendiculares a su plano.

### 6.6.2. Para alma de poliestireno

Se conforma por la proyección neumática de mortero u hormigón sobre el panel prefabricado de poliestireno, obteniéndose un comportamiento monolítico de todos sus componentes. El diseño del hormigón ó mortero se basa en lo establecido por [ACI 506](#) y el refuerzo de malla electro-soldada galvanizada se regirá de acuerdo a lo establecido en [ACI 318](#).

Este sistema constructivo tiene la ventaja de reducir la masa de la estructura y por tanto las fuerzas inerciales producidas por el sismo. Además tiene ventajas de confortabilidad al ser un aislante térmico y acústico.

En caso de que el muro esté formado por la yuxtaposición de varios paneles prefabricados, éstos deberán garantizar continuidad mediante malla galvanizada u otro tipo de refuerzo adicional que garantice su comportamiento monolítico.

Los muros deben anclarse a los elementos de cimentación, según las regulaciones de diseño de [ACI 318 capítulo 12](#) para longitud de desarrollo y traslape de refuerzo de acero.

La calidad del mortero u hormigón que se proyecte, así como su diseño se atenderá a las regulaciones del [ACI 506](#).

Este sistema con distribución uniforme, balanceada en planta y continuidad vertical de muros, soporta cargas verticales y horizontales, donde su agotamiento fundamentalmente es a corte. Requiere un análisis de flexo-compresión adicional para comprobar la capacidad del muro en su plano.

Para evitar la corrosión del acero de la malla en climas agresivos, se requiere que ésta sea galvanizada.

### **6.6.3. Para alma de mampostería**

Se instalan mallas electro-soldadas sobre sus dos caras que se conectan entre sí y se proyecta manual o mecánicamente un mortero u hormigón sobre la mampostería, obteniéndose un comportamiento monolítico de todos sus componentes.

El mortero que se coloca sobre la mampostería de estos sistemas deberá tener una dosificación volumétrica 1:2:2 (cemento: arena: chispa) ó 1:4 (cemento: arena), con una relación en peso de agua/cemento máxima de 0.5.

En ambos casos, la conexión entre las capas de mortero u hormigón en las dos caras del alma deberá garantizar el comportamiento monolítico mediante el uso de conectores de acero. Si estos son soldados el diámetro mínimo será de 2 mm y en el caso de tratarse de conectores amarrados, el diámetro mínimo del conector será de 4 mm.

El diseño de estos muros estructurales con alma de poliestireno ó mampostería ó alma hueca, debe basarse en la norma [ACI 318](#).

Para estos sistemas, la cimentación para efectos de anclaje y transmisión de las fuerzas, será una losa de cimentación y/o zapata corrida, de hormigón armado. En ningún caso el esfuerzo de compresión transmitido al suelo deberá exceder la capacidad portante del mismo. El anclaje de los muros a estas losas de cimentación y/o zapatas corridas se realizará con refuerzo de acero como pasadores tipo espigas ó insertos, chicotes de anclaje, que cumplen con la longitud de desarrollo establecida en [ACI 318](#). Estos conectores verticales se pueden colocar antes de la fundición de la cimentación ó agregarlos posteriormente mediante perforaciones asegurándolos con epóxico.

Estos conectores verticales deben garantizar una fuerza equivalente al refuerzo vertical de la malla del muro y en caso de varillas cumplir con al menos una longitud de desarrollo de 40 diámetros ( $L_d$ ) y su longitud de perforación ( $L_p$ ) estará dada por el cálculo de acuerdo al epóxico.

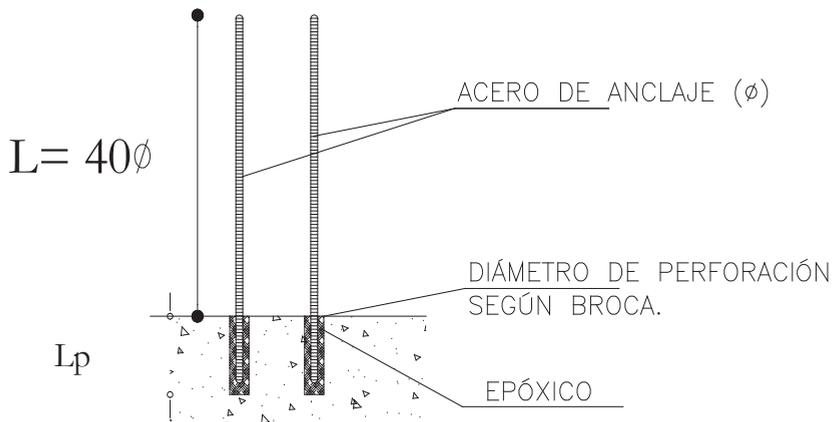


Figura 21: Acero de anclaje (Chicotes)

El espesor mínimo total, resultado de la suma del alma de poliestireno y las dos capas de mortero u hormigón, para este sistema estructural no debe ser menor que 1/22 veces la altura, ni tampoco menor que 100 mm.

#### 6.6.4. Sistemas de losas

El entrepiso debe ser losa de hormigón armado, unida monolíticamente con los muros y puede ser aliviada con bloques de pómez, poliestireno ó alivianamiento hueco, donde su espesor mínimo proveerá el efecto de diafragma rígido y se reforzará con acero ó malla electro-soldada pudiendo complementarse entre los dos. Su espesor y refuerzo están dados por el análisis y diseño estructural y se regirán a la [ACI 318](#).

Las que tienen alma de poliestireno, consta en su superficie superior de una carpeta de compresión cuyo espesor se establece en el cálculo estructural, conformada por hormigón con un agregado grueso de aproximadamente 12.5 mm y en su superficie mínima de recubrimiento de la malla inferior de 3 cm de hormigón ó mortero proyectado. El sistema tiene una armadura básica de refuerzo de malla electro-soldada galvanizada y se debe agregar refuerzo adicional si así lo determina el análisis estructural.

#### 6.6.5. Enchape con malla electro soldada y mortero en estructuras existentes

##### a. Descripción

Consiste en colocar sobre la pared un recubrimiento con mortero reforzado con malla electro soldada.

##### b. Ejecución

###### Preparación de la superficie.

Como primer paso, se retirará todo material suelto de la superficie de la pared, como pintura ó enlucido desprendido; si el enlucido existente es fuerte, éste se picará para proporcionar perfil de anclaje para el mortero y mejorar la adherencia de este último a la mampostería.

### Colocación de conectores.

Con un equipo de rotación y percusión se perforará la mampostería cada 45 cm horizontalmente y cada 40 cm verticalmente; las perforaciones deberán tener un diámetro mínimo de 4 mm para que permita el paso de varilla trepada de 4 mm de diámetro. Esta varilla es el conector entre las dos mallas electro soldadas; tiene una forma de "J", es decir gancho en un extremo y recto el otro extremo.

### Colocación de la malla electro soldada.

La malla electro soldada se coloca en cada cara de la pared y se la sujeta mediante el gancho del conector, en la una cara y mediante el doblado del extremo recto, en la otra cara. Los ganchos son de 10 cm de largo y doblados hasta topar la mampostería. La malla electro soldada quedará separada de la mampostería al menos 1.5 cm, para que el mortero la rodee.

### Aplicación del mortero u hormigón

Una vez fijada la malla electro soldada se procede a cargar manualmente ó lanzar mecánicamente una capa de 4 cm de mortero u hormigón, formado por cemento, arena y chispa < 10mm, en proporción volumétrica 1:2:2 (cemento: arena: chispa) ó 1:4 (cemento: arena), con una relación en peso de agua/cemento máxima de 0.5.

Terminado el proceso de colocación del mortero, se pasará codal para igualar la superficie y luego se deberá curar el mortero de acuerdo a las normas de curado del [ACI 301](#).

### Detalle de Cimentación

En paredes de planta baja, se picará el contrapiso y excavará al pie de la pared, de tal manera de fundir un elemento de hormigón simple  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ , de sección 15x15cm, para proveer un anclaje a la malla electro-soldada que se colocará en el enchape.

### Unidad:

m<sup>2</sup> de cada lado de la pared

### Materiales mínimos:

Malla electro-soldada, varillas de 4mm, mortero cemento-arena-chispa- 1:2:3

### Equipo mínimo:

Roto martillo, brocas, concretera, herramienta menor.

### Mano de obra mínima calificada:

Categorías I, III y IV.

## **6.6.6. Enchape con malla electro soldada y mortero en estructuras nuevas**

### **a. Descripción**

Consiste en colocar sobre la pared un recubrimiento con mortero reforzado con malla electro soldada.

### **b. Ejecución**

La cimentación será similar a señalada para muros portantes indicada en este capítulo.

En la cimentación se dejarán varillas embebidas a manera de chicotes, en los puntos donde irá el enchape armado.

#### Colocación de conectores.

Cada 2 hiladas en caso de usar bloques y cada 4 hiladas en caso de usar ladrillos, se colocarán en el mortero fresco de la junta horizontal, una varilla de 4 cm, recta, de una longitud igual al ancho de la pared más 24 cm (12 cm a cada lado) para ganchos posteriores, como conector entre las dos mallas electro soldadas. Los conectores irán cada 45 cm medidos horizontalmente y cada 40 cm medidos verticalmente.

#### Preparación de la superficie.

Las paredes a ser enchapadas no deberán ser recubiertas con enlucidos.

#### Colocación de la malla electro soldada.

Las mallas electro soldadas se colocan en cada cara de la pared y se las sujeta entre sí mediante el doblado de cada extremo recto de las varillas de 4mm, formando ganchos de 10 cm de largo y doblados hasta topar la mampostería. La malla electro soldada quedará en la mitad del espesor del enchape planificado y estará separada de la mampostería al menos 1.5cm, para que el mortero la rodee.

#### Aplicación del mortero u hormigón

Una vez fijada la mala electro soldada se procede a cargar manualmente ó lanzar mecánicamente, una capa de 4 cm de mortero u hormigón, formado por cemento, arena y chispa <10 mm, en proporción volumétrica 1:2:2 (cemento: arena: chispa) ó 1:4 (cemento: arena), con una relación en peso de agua/cemento máxima de 0.5. Terminado el proceso de colocación del mortero, se pasará codal para igualar la superficie y luego se deberá curar el mortero de acuerdo a las normas de curado del [ACI 301](#).

#### Unidad:

m<sup>2</sup> de cada lado de la pared

#### Materiales mínimos:

Malla electro-soldada, varillas de 4mm, mortero cemento-arena-chispa- 1:2:3

#### Equipo mínimo:

Roto martillo, brocas, concretera, herramienta menor.

Mano de obra mínima calificada:

Categorías I, III y IV.

## 6.7. Muros portantes de tierra

Sistema estructural rígido conformado por un sistema de paredes portantes que constituyen un sistema encajonado de modo que su forma garantice estabilidad espacial para obtener capacidad portante tanto vertical como horizontal (véase la [Figura 22](#)).

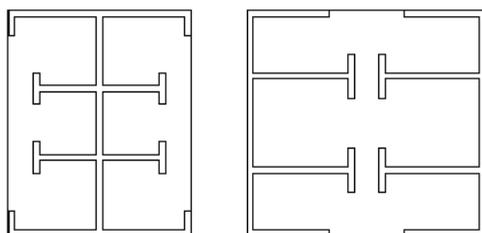


Figura 22: Distribución de paredes en planta

Es importante que en el diseño existan suficientes paredes en planta para garantizar un sistema continuo, sin que existan paredes sueltas y contar con un sistema de entrepiso ó cubierta que ejerza la capacidad de integrar las paredes. Este diafragma puede ser de madera ó similar.

Se debe lograr continuidad vertical para garantizar que no se acumulen esfuerzos sísmicos en la planta baja y evitar así pisos blandos.

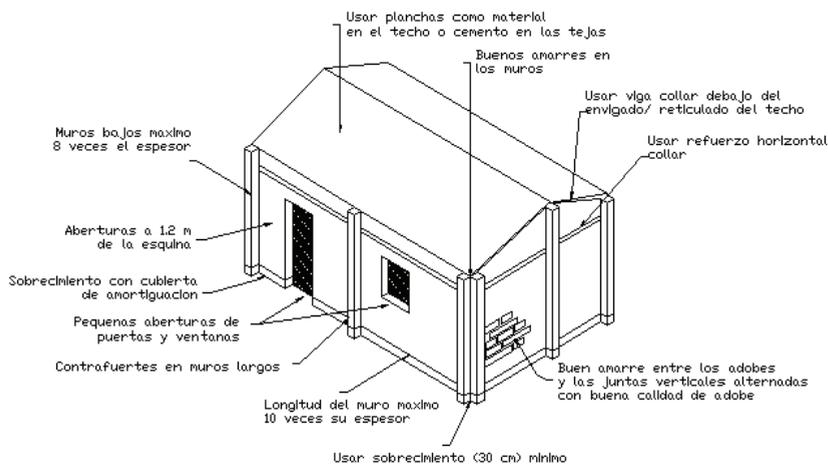


Figura 23: Elementos de una vivienda de adobe y tapial; precauciones a tomarse para seguridad antisísmica de una edificación de tierra

Preferentemente estas edificaciones deben tener un solo piso con estático.

### 6.7.1. Muro Portante de adobe

La construcción de paredes consiste en la colocación de las unidades de adobe trabado, las cuales deben cumplir con características de granulometría apropiadas.

Las paredes deberán tener en su interior refuerzos de carrizo, caña ó madera, de manera que sean capaces de resistir esfuerzos de compresión, de corte y de tensiones para evitar la separación de las paredes, consiguiendo así el sistema encajonado deseable para conseguir un sistema idóneo.

Para el diseño de muros portantes de adobe regirse al Código de Construcción con Adobe del Perú. [Norma E.080](#) para construcción con adobe.

### 6.7.2. Muro Portante de tapial

Se denomina tapia ó tapial a una antigua técnica consistente en construir muros con tierra arcillosa, compactada a golpes mediante un pisón, empleando un encofrado para formarla, denominado Tapialera. La tapialera va cambiando de posición logrando el sistema continuo (véase la [Figura 24](#)).

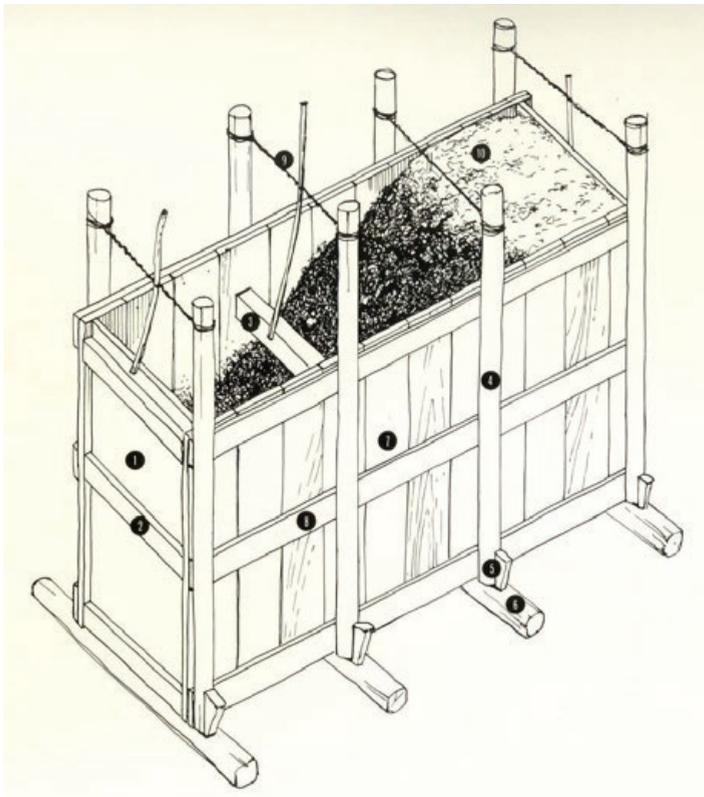


Figura 24: Tapialera típica

Es importante que el movimiento de la tapialera permita conformar un sistema trabado para evitar planos verticales de falla.

Los muros de tapial deben contar con refuerzos verticales de madera, carrizo ó caña y refuerzos

horizontales flexibles como alambres, mallas, etc. Estos refuerzos permiten que el tapial pueda resistir esfuerzos de compresión, corte y tracciones, a fin de evitar que fallen por corte y que las paredes se separen.

Para el diseño de muros portantes de tapial regirse al Código de Construcción con Tapial del Perú. [Norma E.080](#) para construcción con Tapial.

### 6.7.3. Muro portante de bahareque o quincha

Sistema estructural conformado por un sistema de paredes portantes constituidas por madera ó cañas entretejidas y barro, que forman un sistema encajonado, de modo que su forma garantice estabilidad espacial para obtener capacidad portante tanto vertical como horizontal (véase la [Figura 25](#)).

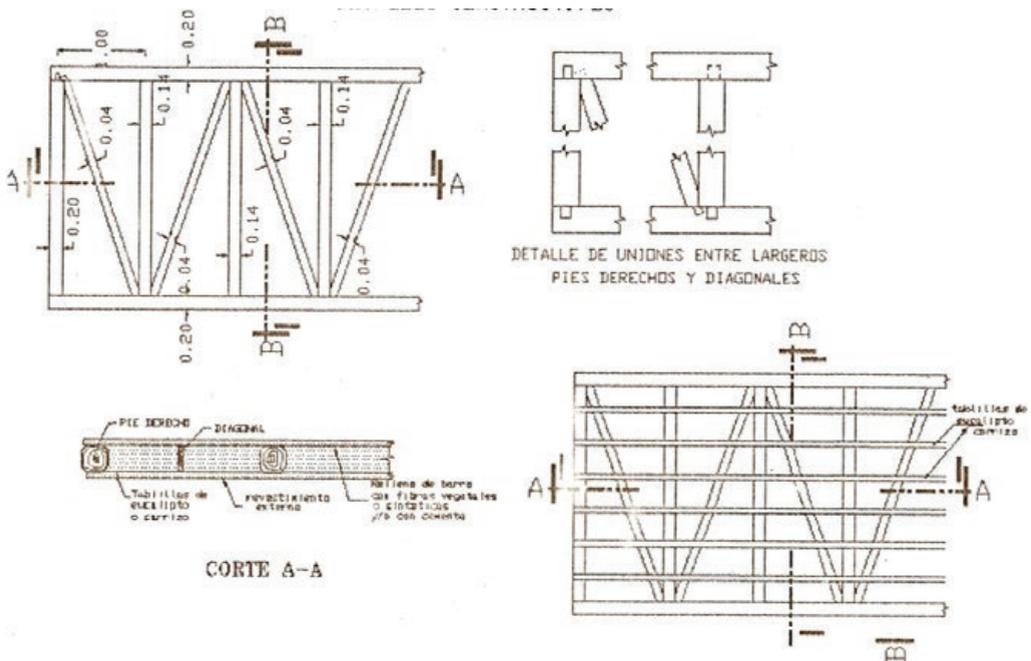


Figura 25: Bahareque, detalles constructivos

Es importante conseguir en el diseño que existan suficientes paredes en planta tratando de conseguir un sistema continuo, sin que existan paredes sueltas y contar con un sistema de entrepiso ó cubierta que ejerza la capacidad de integrar las paredes, este diafragma puede ser de madera o similar.

Se debe lograr continuidad vertical para garantizar que no se acumulen esfuerzos sísmicos en la planta baja y evitar así pisos blandos.

Preferentemente estas edificaciones deben tener máximo dos pisos.

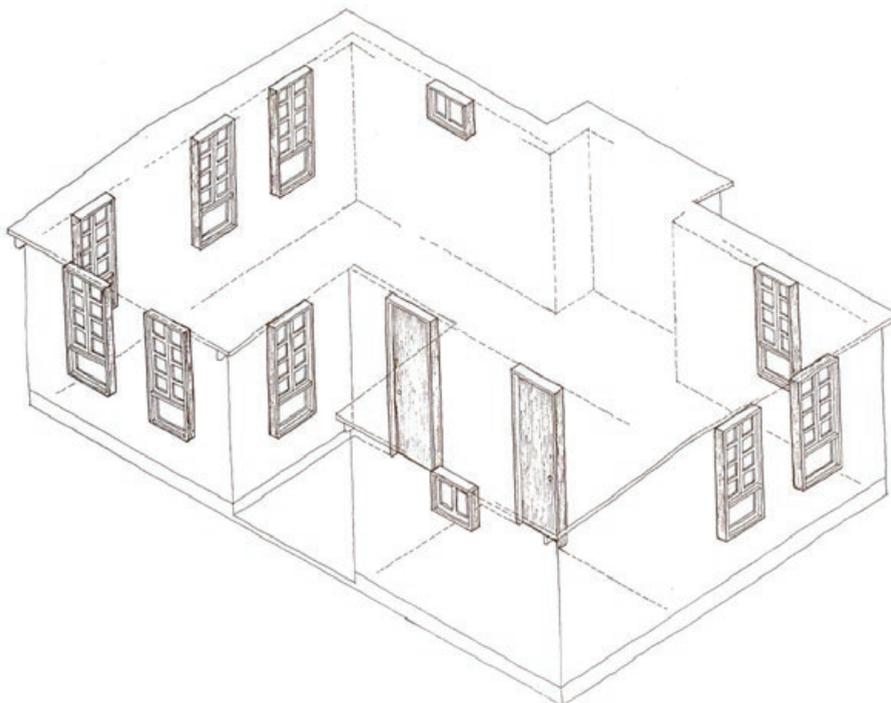


Figura 26: Elementos típicos de una vivienda de Bahareque

Para el diseño de muros portantes de tapial tomar como referencia la [Norma peruana de construcción con Quincha](#).

## **6.8. Muros portantes livianos de acero (steel framing)**

---

El diseño de muros portantes de mampostería confinada se hará conforma a la sección 9.

Son los muros portantes basados en el sistema Steel Framing (Sistema de Estructuras Livianas, SEL), construido con perfiles de acero estructural galvanizados doblados en frío. Estos muros deberán diseñarse de acuerdo a los requisitos mínimos establecidos en la norma [AISI S200-07](#) y sus estándares referenciales mostrados a continuación:

- General Provisions
- Floor and Roof system Design
- Wall Stud Design
- Header Design
- Lateral Design
- Truss Design

También se puede usar como referencia el Manual de Ingeniería de Steel Framing del ILAFA

(Instituto Latinoamericano del Fierro y Acero) de Chile cuya base son las referencias antes mencionadas.

Las geometrías de perfiles utilizados para la elaboración de estos sistemas de diafragmas se encuentran establecidas en la norma [NTE INEN 2526](#) Perfiles especiales abiertos livianos pre galvanizados y conformados en frío para uso en estructuras portantes.

## 7. Diseño estructural de mampostería confinada

---

Los principales elementos que constituyen un sistema estructural basado en mampostería confinada se ilustran en la siguiente figura.

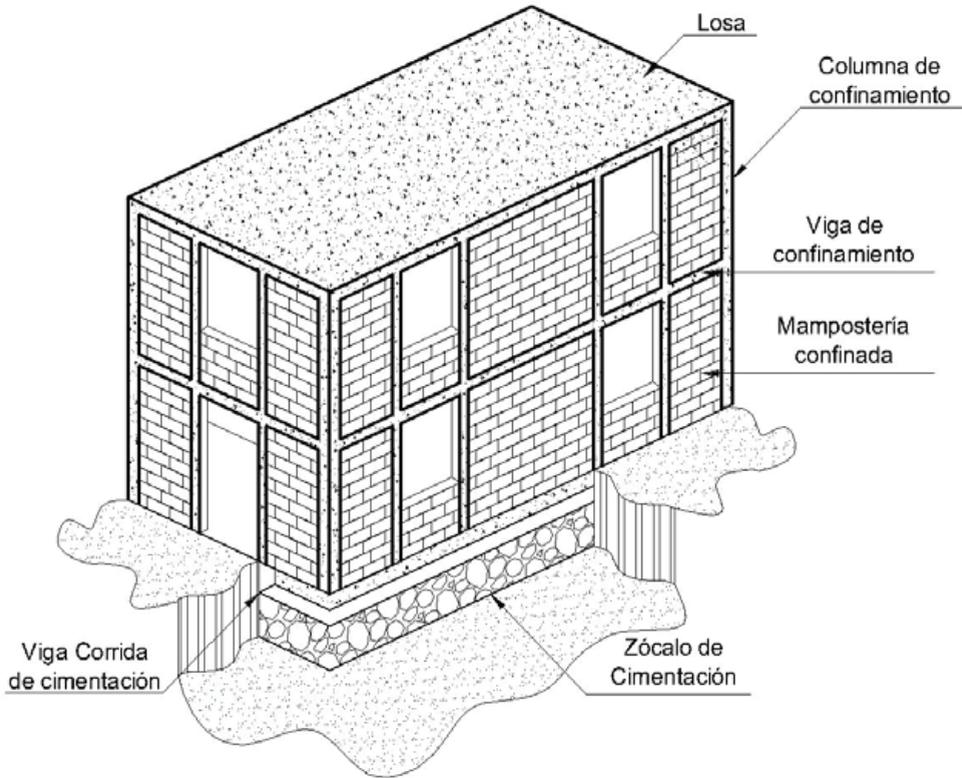


Figura 27: Principales Elementos de Mampostería Confinada

### 7.1. Unidades de mampostería permitidas

---

La mampostería de muros confinados se debe construir utilizando unidades de hormigón ó de arcilla cocida. Las unidades de mampostería pueden ser perforadas (vertical u horizontalmente) ó macizas y deben cumplir las especificaciones establecidas a continuación.

## 7.2. Valores mínimos para la resistencia de las unidades, $f'_{cu}$

Las unidades se empleen en la construcción de muros de mampostería confinada deben tener al menos las resistencias mínimas que se proporcionan en la [Tabla 7](#). La resistencia especificada corresponde a la fuerza de rotura dividida entre el área bruta de bloque ó ladrillo.

Tipo de Unidad	$f'_{cu}$ (MPa)
Ladrillo macizo	2
Bloque de perforación horizontal de arcilla	3
Bloque de perforación vertical de hormigón ó de arcilla	3

Tabla 7: Resistencia mínima de las unidades para muros de mampostería confinada

Dónde:

$f'_{cu}$  Resistencia especificada a la compresión de la unidad de mampostería medida sobre área neta (MPa)

## 7.3. Dimensiones mínimas del muro para elementos no confinados

Los muros de mampostería confinada en ningún caso pueden tener una longitud no confinada mayor que 25 veces su espesor, además el muro debe quedar constituido por un espesor de al menos 10 cm incluido el revestimiento.

Los muros que no son parte del sistema estructural sismo-resistente pueden construirse con bloque de 7 cm de espesor.

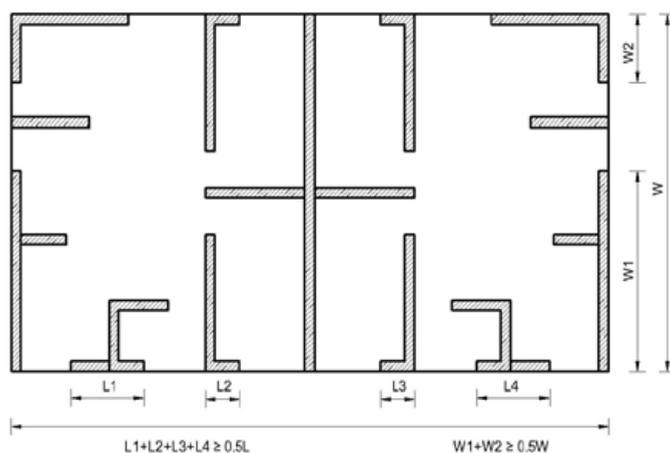


Figura 28: Distribución de muros mampostería confinada en dos direcciones

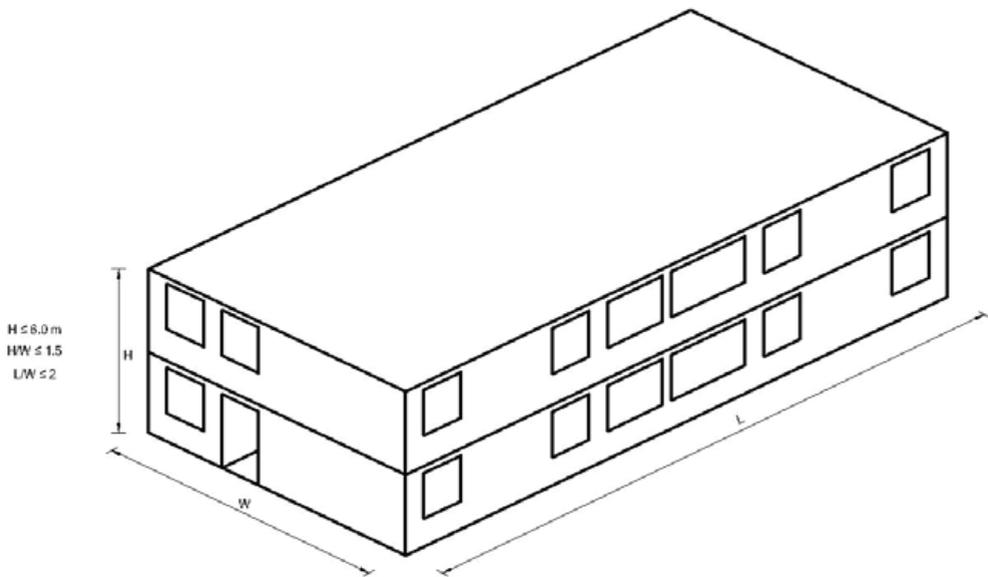


Figura 29: Requerimiento estructuras simples. Proporciones geométricas

#### 7.4. Requisitos generales mínimos para los elementos de confinamiento

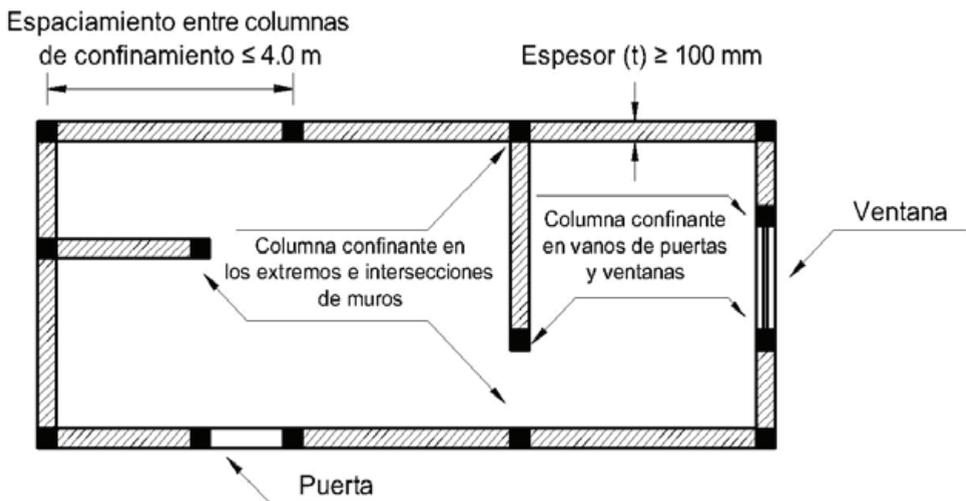


Figura 30: Requisitos fundamentales en viviendas de mampostería confinada

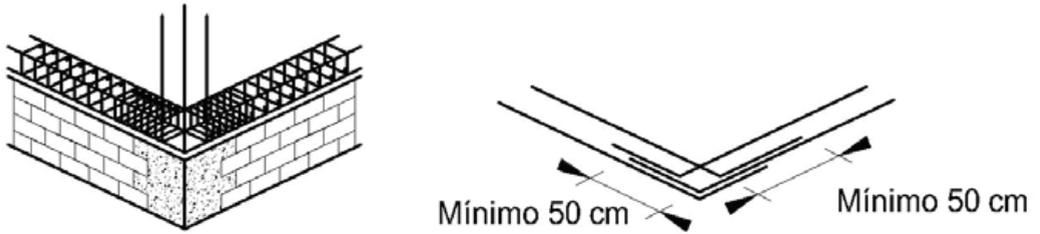


Figura 31: Planta típica con la posición de las columnas de confinamiento (Brzev, 2008)

#### 7.4.1. Materiales

**Hormigón.** Las columnas y vigas de confinamiento se deben construir utilizando hormigón cuya resistencia mínima a la compresión debe ser 21 MPa medida a los 28 días.

**Acero de Refuerzo.** Las columnas y vigas de confinamiento se deben construir utilizando acero de refuerzo longitudinal corrugado y podrán ser también de armadura electro-soldada.

#### 7.4.2. Longitud de desarrollo

Las longitudes de desarrollo, las longitudes de empalme por traslapeo y el anclaje del refuerzo de los elementos de confinamiento son los mismos establecidos en la sección correspondiente del Código [ACI 318](#), con excepción de las dimensiones mínimas y las cantidades de refuerzo mínimas establecidas en la sección [7.4.4c](#)).

#### 7.4.3. Colocación del refuerzo

Todo refuerzo debe ir colocado dentro de las columnas y vigas de confinamiento, no se permite colocar los refuerzos de confinamiento dentro de unidades de perforación vertical.

#### 7.4.4. Columnas de confinamiento

Se consideran columnas de confinamiento los elementos de hormigón reforzado que se colocan en los dos bordes del muro que confinan. Las columnas de confinamiento deben ser continuas desde la cimentación hasta la parte superior del muro y se pueden fundir antes ó después de levantada la pared.

##### a. Dimensiones mínimas

Las dimensiones para los elementos de confinamiento deben ser las siguientes:

- Espesor mínimo: el espesor mínimo de los elementos de confinamiento debe ser el mismo del muro confinado.
- Área mínima: el área mínima de la sección transversal de los elementos de confinamiento es 200 cm<sup>2</sup>.

##### b. Ubicación

Deben colocarse columnas de confinamiento en los siguientes lugares:

- En los extremos de todos los muros portantes.
- En las intersecciones con otros muros portantes.
- En los lugares intermedios a distancias no mayores que 25 veces el espesor del muro, 1.5 veces la distancia vertical entre elementos horizontales de confinamiento ó 4 m.

c. **Refuerzo**

El refuerzo mínimo de la columna de confinamiento debe ser el siguiente y su detallamiento se observa en la [Figura 15](#) y en la [Figura 16](#).

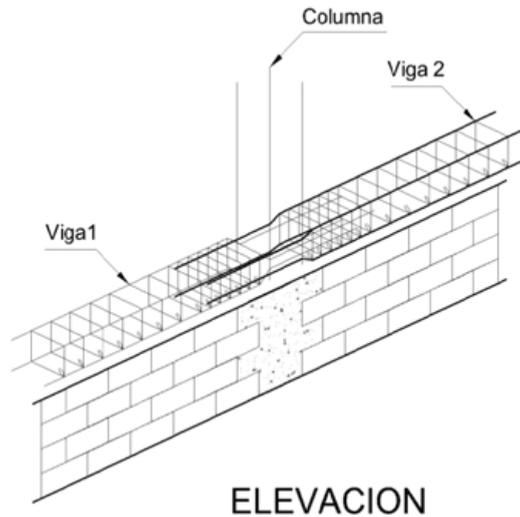
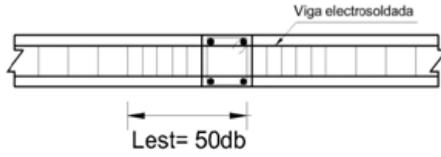


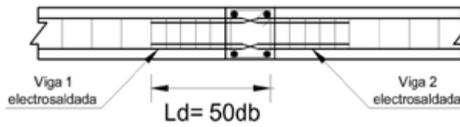
Figura 32: Construcción de la viga de confinamiento ([Brzev, 2008](#))

a) Intersección de muros b) Ganchos de anclaje para reforzamiento longitudinal.

Reforzamiento continuo en vigas con traslape en cabeza de columna



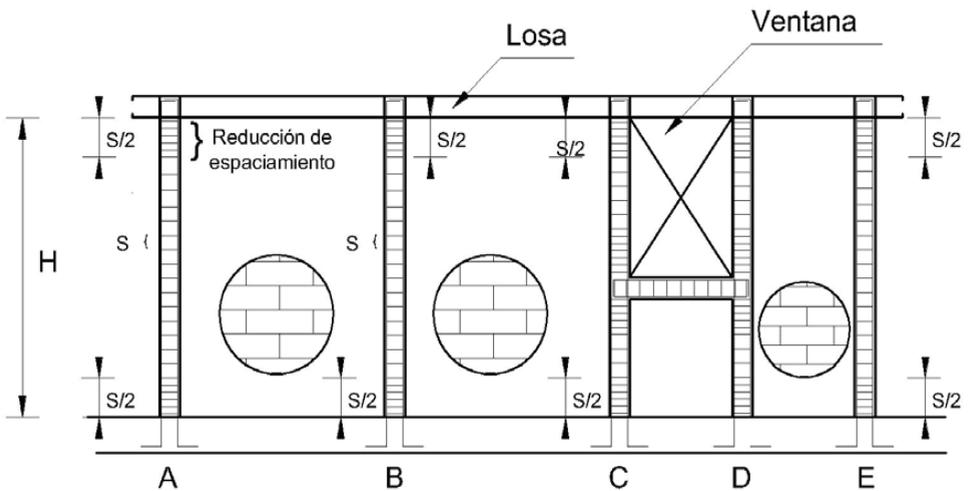
Reforzamiento con traslape en cabeza de columna



PLANTA

Figura 33: Construcción de la viga de confinamiento

- a) Viga de confinamiento continua y reforzamiento adicional de estribos próximos a la columna
- b) Viga de confinamiento discontinua con traslape en cabeza de columna y reforzamiento adicional de estribos



ELEVACION

Figura 34: Detalle de Columnas de confinamiento, reducción del espaciamiento de estribos en los extremos de las columnas

### Refuerzo longitudinal.

- Con losas: Cuando las viviendas tienen losas, incluida la cubierta, el refuerzo no debe ser menor que 4 barras. El área de refuerzo longitudinal debe ser mayor ó igual que 0.0075 veces el área de la sección bruta de elemento.
- Para viviendas de un solo nivel que tienen cubierta liviana, sin losa y luces menores que 3.0m, el refuerzo no debe ser menor que 3 barras. El área de refuerzo longitudinal debe ser mayor ó igual que 0.0075 veces el área de la sección bruta de elemento.

### Refuerzo transversal.

- Diámetro:
  - Debe utilizarse refuerzo transversal consistente en estribos cerrados de al menos 6 mm de diámetro.
  - Cuando se use armadura electro-soldada, el diámetro mínimo de los estribos debe ser 4.2 mm espaciadas a una separación no mayor que 1.5 veces la menor dimensión del elemento ó 200mm.
- Área transversal mínima

Se puede aceptar si cumple con lo expuesto en la sección [6.3.2](#), en ningún caso, el refuerzo transversal puede ser menos que el requerido para atender los esfuerzos de diseño.

# Columna de confinamiento

$$A_s \geq \frac{0.2 f'_c}{f_y} t^2$$
 para cuatro varillas

$A_{sc}$  Area dos ramas estribos

$$A_{sc} \geq \frac{10.000 S}{f_y h_c}$$

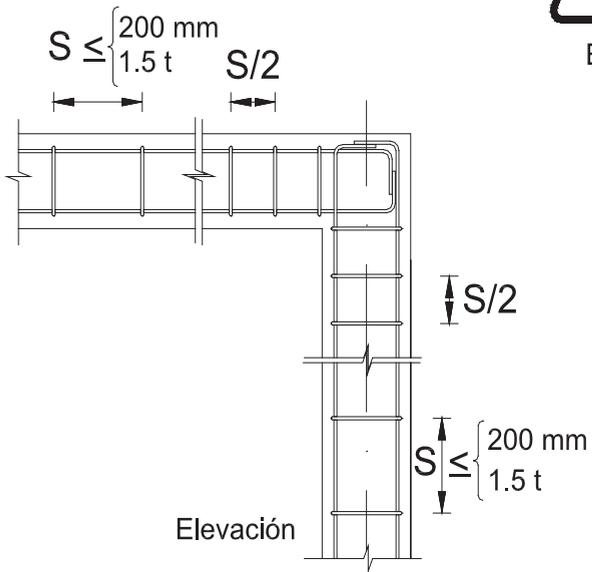
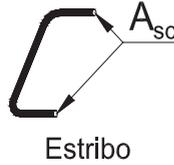
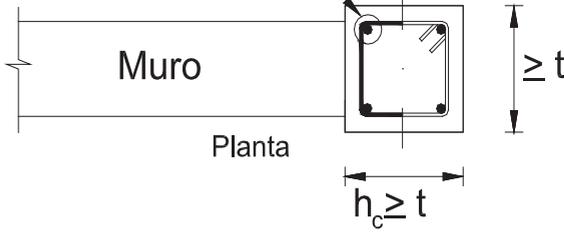


Figura 35: Detallamiento para columnas de confinamiento

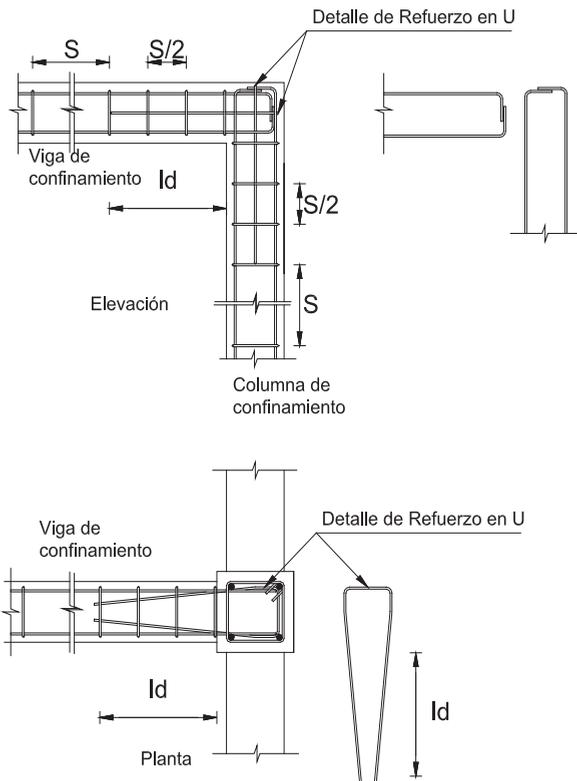


Figura 36: Detallamiento para vigas de confinamiento (riostras)

Cuando se emplee acero de refuerzo (longitudinal ó transversal) con esfuerzo de fluencia especificado mayor que 420 MPa ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ ) las cuantías de acero calculadas se podrán reducir multiplicándolas por  $420 / f_y$ , en MPa ( $4200 / f_y$ , en  $\text{kg/cm}^2$ ).

No obstante, en viviendas de hasta dos pisos, la separación máxima entre los estribos de las vigas y columnas de confinamiento podrán ser 20 cm cuando el esfuerzo de corte solicitante del muro del que forman parte los elementos de confinamiento sea igual ó menor que el 50% del esfuerzo de corte admisible del muro. La [Tabla 7](#) presenta la separación máxima de estribos en elementos de confinamiento.

Elemento Confinamiento	de	Zona de ubicación	Separación
Viga		Crítica	10 cm
		Intermedia	20 cm
Columna		Crítica	10 cm ó $h_c/2$
		Intermedia	20 cm

Tabla 8: Separación máxima de estribos en elementos de confinamiento

#### **d. Anclaje del refuerzo**

El refuerzo vertical de las columnas de confinamiento debe anclarse al sistema de cimentación. Pueden utilizarse barras de empalme ancladas en la cimentación mediante ganchos a 90°. Estas barras deben sobresalir la longitud de empalme por traslapeo desde la cara superior del cimiento. Los empalmes de refuerzo vertical de las columnas de confinamiento deben cumplir los correspondientes requisitos establecidos en el Código [ACI 318](#). En el extremo superior de la columna de confinamiento los refuerzos longitudinales deben anclarse en un elemento de confinamiento transversal a su dirección con un gancho de 90°.

### **7.4.5. Vigas de confinamiento**

Se consideran vigas de confinamiento los elementos de hormigón reforzado que se colocan en la parte inferior y superior de muros confinados. Las vigas de amarre se pueden vaciar antes ó después de que se levanten las paredes

#### **a. Dimensiones mínimas**

Las dimensiones mínimas para las vigas de confinamiento deben ser las siguientes:

- **Espesor mínimo:** el espesor mínimo de las vigas de confinamiento debe ser el mismo del muro confinado.
- **Área mínima:** el área mínima de la sección transversal de los elementos de confinamiento es de 200 cm<sup>2</sup>. En caso de utilizarse una losa de entrepiso maciza de espesor superior ó igual que 100 mm. Se puede prescindir de las vigas de amarre proyectando la losa sobre el muro de mampostería confinada, colocando el refuerzo requerido para la viga dentro de la losa. En vigas que requieran enchaparse, el ancho especificado puede reducirse hasta en 75 mm, siempre y cuando se incremente su altura, de tal manera que el área transversal no sea inferior al mínimo.

#### **b. Ubicación**

Deben colocarse vigas horizontales de confinamiento en el arranque y en el remate del muro, en los entrepisos y a distancias libres verticales no mayores que 25 veces el espesor del muro. Las vigas deben disponerse formando figuras cerradas en un plano horizontal entrelazando los muros portantes en las dos direcciones principales, para conformar diafragmas con ayuda del entrepiso ó la cubierta. Deben ubicarse vigas amarres en los siguientes sitios:

- A nivel de cimentación. El sistema de cimentación constituye el primer nivel de amarre horizontal.
- A nivel del sistema de entrepiso. Las vigas de amarre deben ser parte del sistema de entrepiso.
- A nivel del enrase de cubierta. Se presentan dos opciones para la ubicación de las vigas de amarre y la configuración del diafragma.
  - Vigas horizontales al nivel de dinteles más cintas de amarre como remate de las culatas.
  - Vigas de amarre horizontales en los muros sin culatas, combinadas con vigas de amarre inclinadas, configurando los remates de las culatas.

### c. Refuerzo mínimo

El refuerzo mínimo de las vigas de confinamiento debe ser el siguiente:

#### Refuerzo longitudinal

- Con losas: Cuando las viviendas tienen losas, incluida la cubierta, el refuerzo no debe ser menor que 4 barras. El área de refuerzo longitudinal debe ser mayor ó igual que 0.0075 veces el área de la sección bruta de elemento. En ningún caso, el refuerzo longitudinal no puede ser menor al requerido para atender a los esfuerzos de diseño.
- Para viviendas de un solo nivel que tienen cubierta liviana, sin losa y luces menores que 3.0 m, el refuerzo no debe ser menor que 2 barras. El área de refuerzo longitudinal debe ser mayor o igual que 0.0075 veces el área de la sección bruta de elemento.

#### Refuerzo transversal

Debe utilizarse refuerzo transversal consistente en estribos cerrados de al menos 6 mm de diámetro. Cuando se use armadura electro-soldada, el diámetro mínimo de los estribos debe ser 4.2 mm. Espaciadas a 100 mm en los primeros 500 mm de cada extremo de la luz y espaciados a 200 mm en el resto de la luz. O a su vez, espaciados con una separación no mayor que 1.5 veces la menor dimensión del elemento ó 200 mm. En ningún caso, el refuerzo transversal puede ser menor que el requerido para atender los esfuerzos de diseño.

Cuando se emplee acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia especificado mayor que 420 MPa ( $4200 \text{ kg/cm}^2$ ) las cuantías de acero calculadas se podrán reducir multiplicándolas por  $420 / f_y$ , en MPa ( $4200 / f_y$ , en  $\text{kg/cm}^2$ )

### d. Anclaje del refuerzo

El refuerzo de las vigas de confinamiento debe anclarse en los extremos terminales con ganchos de 90° dentro de un elemento de confinamiento transversal a su dirección.

### e. Cintas de amarre

Se consideran las cintas de amarre como elementos suplementarios a las vigas de amarre, utilizables en antepechos de ventanas, en remates de culatas, en remates de parapetos, etc. Las cintas de amarre deben construirse de tal manera que se garantice el trabajo monolítico con el elemento que remata. El refuerzo longitudinal de las cintas de amarre se debe anclar en los extremos terminales. Indistintamente, se puede utilizar como cinta de amarre cualquiera de los siguientes elementos:

- Un elemento de hormigón reforzado de altura superior ó igual a 100mm, con ancho igual al espesor del elemento que remata y reforzada mínimo con dos barras longitudinales de 10mm. El refuerzo transversal debe ser el necesario para mantener en la posición deseada las barras longitudinales.
- Un elemento construido con piezas de mampostería tipo "U", reforzado longitudinalmente mínimo con dos barras de 10 mm ó una barra de 12 mm e inyectado con mortero de inyección de resistencia a la compresión no inferior a 7.5 MPa.