

NEC

NORMA ECUATORIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m

Ministerio
de **Desarrollo**
Urbano y Vivienda



CÓDIGO
NEC - SE - VIVIENDA

Econ. Diego Aulestia Valencia
Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda

Econ. Luis Felipe Guevara Urquiza
Subsecretario de Hábitat y Asentamientos Humanos

Arq. Rubén Darío Paredes Cortez
Subsecretario de Vivienda

Arq. Jose Antonio Toral Valdivieso
Director de Hábitat y Asentamientos Humanos

Arq. Jose Antonio Martín Erquicia
Coordinador de proyecto

Textos:

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)

Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)

Producción Editorial:

Dirección de Comunicación Social, MIDUVI

Diciembre 2014

ISBN:0000000000

■ Prólogo

Al Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, ente rector de las políticas de hábitat y vivienda a nivel nacional, le corresponde formular la normativa que propicie el desarrollo ordenado y seguro de los Asentamientos Humanos, la densificación de las ciudades y el acceso a la vivienda digna.



Bajo ese marco, y considerando además que nuestro país está localizado en una zona calificada de alto riesgo sísmico, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda llevó a cabo un proceso de actualización de la Normativa Técnica referente a la Seguridad Estructural de las Edificaciones (Código Ecuatoriano de la Construcción de 2001). Esta labor fue realizada en conjunto con la Cámara de la Industria de la Construcción, entidad que coordinó el desarrollo de varios documentos normativos a través de comités de expertos de entidades públicas, del sector privado y representantes de instituciones académicas. Se realizaron talleres de trabajo con los profesionales del sector y se aplicaron las mejores prácticas internacionales en el ámbito de la edificación.

El objetivo fue determinar nuevas normas de construcción de acuerdo a los avances tecnológicos a fin de mejorar los mecanismos de control en los procesos constructivos, definir principios mínimos de diseño y montaje en obra, velar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad, y fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados en los procesos de edificación.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible

A large, stylized handwritten signature in black ink.

Econ. Diego Aulestia Valencia
Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda

TABLA DE DATOS

NOMBRE DEL DOCUMENTO HABILITANTE	FECHA
Actualización mediante Acuerdo Ministerial Nro. 0047	15 de diciembre de 2014
MIDUVI, Registro Oficial, Año II, Nro. 413	10 de enero de 2015

LISTADO DE PERSONAS Y ENTIDADES PARTICIPANTES

INSTITUCIÓN	NOMBRE
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Ing. José Vicente Chiluisa Ochoa
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Arq. Francesca Blanc
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Ab. Jonathan Santiago Gómez Pumagualle
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Arq. Jose David Saura Gonzalez
Cámara de la Industria de la Construcción	Ing. Hermel Flores Maldonado
Cámara de la Industria de la Construcción	Ing. Ginno Manciatì Jaramillo
Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha	Ing. Carlos Baldeón Valencia
Escuela Politécnica Nacional	Ing. Sigifredo Décimo Díaz Mendoza
Escuela Politécnica Nacional	Ing. Patricio Honorato Placencia Andrade
Escuela Politécnica Nacional	Arq. Félix Policarpo Vaca Moncayo
Escuela Politécnica Nacional	Ing. Hugo Alfonso Yépes Arosteguí
Universidad San Francisco de Quito	Ing. Telmo Andrés Sánchez Graunauer
Universidad San Francisco de Quito	Dr. Fabricio Oswaldo Yépez Moya
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	Ing. Oswaldo Marcelo Guerra Avendaño
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	Ing. Guillermo Ricardo Realpe Rivadeneira
Universidad Central del Ecuador	Msc. Ing. Hernán Estupiñan Maldonado
American Concrete Institute	Ing. Juan Carlos Garcés P.
FRACTALES Cia. Ltda.	Dr. Vinicio Andrés Suárez Chacón
GEOESTUDIOS S.A.	Dr. Xavier Fernando Vera Graunauer
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Ing. José Andrés Vallejo Bermeo
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Ing. Michael Joseph Maks Davis
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Ing. Mathieu Lamour
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Dr. Mauro Pompeyo Niño Lázaro
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Dr. Miguel Angel Jaimes Téllez
Consultor Particular	Dr. Pedro Pablo Rojas Cruz
Consultor Particular	Ing. Jaime Enrique García Alvear
Consultor Particular	Ing. Fabián Enrique Espinosa Sarzosa
Consultor Particular	Ing. Jorge Luis Palacios Riofrío
Consultor Particular	Ing. Jorge Enrique Orbe Velalcázar
Consultor Particular	Msc. Ing. Alex Francisco Albuja Espinosa

NEC

NORMA ECUATORIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m

CONTENIDO

Índice de tablas	7
Índice de figuras	8
1. Generalidades	10
1.1. Definiciones	10
1.2. Marco normativo.....	17
1.2.1. Normas ecuatorianas de la construcción.....	17
1.2.2. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-VIVIENDA.....	17
1.3. Simbología.....	18
1.3.1. Unidades	18
1.3.2. Simbología	18
2. Alcances y requisitos generales	22
2.1. Objetivos y alcances	22
2.2. Importancia de la construcción sismo resistente	22
2.3. Requisitos de diseño	22
2.4. Cargas y combinaciones de cargas	23
3. Acciones sísmicas, sistemas y configuraciones sismoresistentes.....	24
3.1. Acciones sísmicas.....	24
3.1.1. Acciones sísmicas de diseño.....	24
3.1.2. Zonificación sísmica y factor de zona Z.....	25
3.1.3. Determinación del cortante basal	26
3.1.4. Sistemas estructurales y coeficiente R de reducción de respuesta estructural	26
3.1.5. Diseño sísmico: marco general.....	27
3.2. Requisitos de resistencia sísmica del sistema estructural.....	28
3.3. Configuración estructural	28
3.3.1. Continuidad vertical.....	28
3.3.2. Regularidad en planta.....	29
3.3.3. Regularidad en elevación	29
3.4. Simetría	30
3.5. Disposición de muros portantes	30
3.6. Juntas constructivas	32
3.7. Peso de los elementos de construcción.....	34
3.8. Adiciones y modificaciones	34
4. Cimentaciones	35
4.1. Requisitos generales.....	35
4.2. Estudio geotécnico	35
4.2.1. Exploración mínima.....	35

4.2.3.	Estudio geotécnico.....	36
4.3.	Requisitos mínimos para cimentación de muros portantes	36
4.4.	Requisitos mínimos para zapatas aisladas	38
5.	Pórticos resistentes a momento	39
5.1.	Pórticos de hormigón armado	39
5.2.	Pórticos de hormigón armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM	39
5.3.	Proceso constructivo y calidad de los encofrados	41
5.4.	Acero formado en frío.....	41
6.	Muros portantes sismo resistentes	42
6.1.	Definición.....	42
6.2.	Muros portantes de mampostería no reforzada	43
6.3.	Muros portantes de mampostería reforzada	44
6.3.1.	Cuantías de acero de refuerzo horizontal y vertical	44
6.3.2.	Tamaño, colocación y separación del refuerzo	45
6.4.	Muros portantes de mampostería confinada.....	49
6.5.	Muros portantes de hormigón armado	51
6.5.1.	Descripción	51
6.5.2.	Requisitos mínimos.....	51
6.5.3.	Cuantía del refuerzo de acero en muros portantes de hormigón	51
6.5.4.	Factor de reducción por los efectos de excentricidad y esbeltez	52
6.6.	Otros tipos de muros portantes de hormigón o mortero armado	53
6.6.1.	Alcance	53
6.6.2.	Para alma de poliestireno	53
6.6.3.	Para alma de mampostería.....	54
6.6.4.	Sistemas de losas	55
6.6.5.	Enchape con malla electro soldada y mortero en estructuras existentes	55
6.6.6.	Enchape con malla electro soldada y mortero en estructuras nuevas	57
6.7.	Muros portantes de tierra	58
6.7.1.	Muro Portante de adobe	59
6.7.2.	Muro Portante de tapial.....	59
6.7.3.	Muro portante de bahareque o quinchá.....	60
6.8.	Muros portantes livianos de acero (steel framing)	61
7.	Diseño estructural de mampostería confinada	63
7.1.	Unidades de mampostería permitidas	63
7.2.	Valores mínimos para la resistencia de las unidades, f'_{cu}	64
7.3.	Dimensiones mínimas del muro para elementos no confinados	64
7.4.	Requisitos generales mínimos para los elementos de confinamiento	65
7.4.1.	Materiales.....	66
7.4.2.	Longitud de desarrollo	66

7.4.3.	Colocación del refuerzo	66
7.4.4.	Columnas de confinamiento	66
7.4.5.	Vigas de confinamiento.....	72
7.5.	Método simplificado de análisis sísmico para mampostería confinada	74
7.5.1.	Alcance	74
7.5.2.	Descripción	74
7.5.3.	Requisitos mínimos para la aplicación del método simplificado.....	74
7.5.4.	Procedimiento para la aplicación del método simplificado de análisis sísmico.....	76
7.6.	Diseño detallado de análisis sísmico de mampostería confinada	78
7.6.1.	Alcance	78
7.6.2.	Valores de $\emptyset$	78
7.6.3.	Hipótesis de diseño.....	78
7.6.4.	Diseño para carga axial de compresión	78
7.6.5.	Diseño del muro en la dirección perpendicular a su plano	79
7.6.6.	Diseño a cortante del muro en la dirección paralela a su plano.....	82
7.6.7.	Verificación por aplastamiento del alma del muro	83
7.6.8.	Verificación a cortante en los elementos de confinamiento del muro	84
7.6.9.	Diseño del acero longitudinal de la viga de confinamiento.....	85
7.7.	Disposiciones constructivas	86
7.7.1.	Tuberías y Ductos	86
7.7.2.	Trabado de mampuestos	86
7.7.3.	Colocación del hormigón en los elementos de confinamiento	86
7.7.4.	Protección y curado de los muros.....	87
7.7.5.	Planos y especificaciones.....	87
7.8.	Inspección y control de obras de mampostería confinada.....	88
7.8.1.	Control de Obra.....	88
7.8.2.	Programa de ensayos.....	88
7.8.3.	Mano de Obra Calificada	89
7.8.4.	Inspección de obra.....	89
8.	Diseño de muros portantes y losas de hormigón y mortero armado.....	90
8.1.	Alcance.....	90
8.2.	Hipótesis preliminares	90
8.3.	Límite de aplicabilidad	90
8.4.	Sistemas constructivos típicos	91
8.5.	Diseño de elementos estructurales	93
8.5.1.	Muros portantes	93
8.5.2.	Cimentaciones	93
8.5.3.	Diseño por corte de muros.....	93
8.5.4.	Diseño por flexo-compresión de muros	93
8.5.5.	Análisis de flexión en losas	94

8.6.	Proceso constructivo y de instalación para el sistema de alma de poliestireno	95
8.6.1.	Cimentación	95
8.6.2.	Definición de ejes e instalación de anclajes	97
8.6.3.	Corte y montaje de paneles prefabricados de poliestireno	97
8.6.4.	Aplome de muros y apuntalamiento de muros y losas	98
8.6.5.	Instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y especiales	101
8.6.6.	Diseño, elaboración y proyección de mortero u hormigón, en muros con alma de poliestireno y en cara inferior de losa con alma de poliestireno, primera capa	102
8.6.7.	Diseño, elaboración y vertido de hormigón en losa con alma de poliestireno, capa de compresión	103
8.6.8.	Diseño, elaboración y proyección de mortero en losa con alma de poliestireno, segunda capa inferior	103
8.7.	Detalles constructivos	105
9.	Diseño y construcción con muros portantes livianos de acero	111
9.1.	Requisitos	111
9.2.	Límite de aplicabilidad	111
9.3.	Diseño de los miembros	113
9.3.1.	diseño	113
9.3.2.	Condiciones de los miembros estructurales	113
9.4.	Instalación	113
9.4.1.	Entramado en línea	113
9.4.2.	Muros no estructurales	113
9.4.3.	Tolerancias de instalación	114
10.	Viviendas existentes reforzadas con mallas de alambre electro-soldadas ancladas a la mampostería y revestidas con mortero enchapado	116
10.1.	Enchapado de elementos de concreto y de mampostería	116
10.2.	Adición de elementos confinantes de concreto reforzado	116
10.3.	Adición ó retiro de muros	116
10.4.	Reforzamiento	116
10.5.	Traslapes	118
10.5.1.	Barras sujetas a tensión	118
10.5.2.	Mallas de alambre soldado	118
11.	Referencias	119
12.	Apéndice 1: Sistema muros confinados - planos tipo	121
13.	Apéndice 2: excepciones para vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 4.0 m con cubierta liviana	136
13.1.	Cimentación vivienda 1 planta	136
13.2.	Cimentación vivienda 2 plantas	137
13.3.	Columnas	138
13.4.	Vigas de amarre de cubierta	139
14.	Apéndice: esquema conceptual de análisis de la NEC-SE-VIVIENDA	140

Índice de tablas

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	25
Tabla 2: Coeficiente de Respuesta Sísmica	26
Tabla 3: Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas	27
Tabla 4: Dimensiones y refuerzos mínimos de la cimentación corrida.....	36
Tabla 4: Requisitos mínimos en función del número de pisos de la vivienda con pórticos de hormigón y losas	40
Tabla 5: Índice de Densidad de Muros (d%) en cada dirección de la planta.....	43
Tabla 7: Resistencia mínima de las unidades para muros de mampostería confinada	64
Tabla 7: Separación máxima de estribos en elementos de confinamiento.....	71
Tabla 8: Límites de Aplicabilidad del Steel Framing	112

Índice de figuras

Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.....	25
Figura 2: Continuidad en elevación para edificaciones.....	29
Figura 3: Planeamiento regular en edificaciones	29
Figura 4: Relación de aspecto, Largo/ancho en edificaciones	30
Figura 5: Localización de aberturas	30
Figura 6: Disposición de muros portantes.....	31
Figura 7: Disposición de aberturas en un muro	31
Figura 8: Ubicación esquemática de las juntas sísmicas en unidades habitacionales multifamiliares	33
Figura 9: Ubicación esquemática de las juntas sísmicas en unidades habitacionales multifamiliares	33
Figura 10: Tipos de cimentación en muros portantes	37
Figura 11: Sistema estructural que requiere de análisis de torsión	39
Figura 12: Geometría del gancho Longitud de doblado en estribos de 8mm.....	41
Figura 13: Distribución de las cargas laterales en edificaciones	42
Figura 14: Planta típica de muros reforzados, ubicación del refuerzo vertical	46
Figura 15: Distribución de refuerzo Vertical y Horizontal. Detalles de encuentro de muros, ubicación de estribos y conectores	47
Figura 16: Distribución de refuerzo Vertical y Horizontal. Detalles de encuentro de muros, ubicación de estribos y conectores	48
Figura 17: Detalle del reforzamiento vertical, detalle de reforzamiento en aberturas	48
Figura 18: Detalle de Mampostería Confinada tipo 1)	49
Figura 19: Detalle del Panel de Mampostería Confinada sujeto a acción combinada de carga axial y lateral	50
Figura 20: Restricción a la deformación lateral	53
Figura 21: Acero de anclaje (Chicotes).....	55
Figura 22: Distribución de paredes en planta	58
Figura 23: Elementos de una vivienda de adobe y tapial; precauciones a tomarse para seguridad antisísmica de una edificación de tierra	58
Figura 24: Tapialera típica.....	59
Figura 25: Bahareque, detalles constructivos	60
Figura 26: Elementos típicos de una vivienda de Bahareque.....	61
Figura 27: Principales Elementos de Mampostería Confinada.....	63
Figura 28: Distribución de muros mampostería confinada en dos direcciones	64
Figura 29: Requerimiento estructuras simples. Proporciones geométricas.....	65
Figura 30: Requisitos fundamentales en viviendas de mampostería confinada.....	65

Figura 31: Planta típica con la posición de las columnas de confinamiento (Brzev, 2008).....	66
Figura 32: Construcción de la viga de confinamiento (Brzev, 2008)	67
Figura 33: Construcción de la viga de confinamiento	68
Figura 34: Detalle de Columnas de confinamiento, reducción del espaciamiento de estribos en los extremos de las columnas.....	68
Figura 35: Detallamiento para columnas de confinamiento	70
Figura 36: Detallamiento para vigas de confinamiento (riostros).....	71
Figura 37: Disposición de muros perimetrales.....	75
Figura 38: Requisito de excentricidad torsional para considerar una distribución simétrica de los muros en una dirección	76
Figura 39: Sistema con Malla electro-soldada y pasadores galvanizados y alma de poliestireno, la superficie recubierta con hormigón ó mortero.....	91
Figura 40: Sistema con Malla soldada con núcleo de poliestireno revestido con tol expandido ó malla hexagonal para adherencia y recubierto con hormigón ó mortero.....	92
Figura 41: Sistema con Malla soldada con alma hueca revestido con tol expandido ó malla hexagonal para adherencia y recubierta con hormigón ó mortero	92
Figura 42: Sistema de mampostería revestida con malla electro-soldada y recubierta con hormigón ó mortero	92
Figura 43: Sistema Ferrocemento, alma de malla electro-soldada revestida con malla hexagonal para adherencia y recubierta con hormigón ó mortero, según ACI 549	93
Figura 44: Losa alivianada con nervios en dos direcciones	94
Figura 45: Losa maciza de hormigón	95
Figura 46: Losas alivianadas con bloques de poliestireno	95
Figura 47: Losa alivianada con nervios en una dirección (requiere consideraciones particulares en el cálculo y diseño estructural)	95
Figura 48: Esquema típico de anclaje	96
Figura 49: Definición de ejes.....	97
Figura 50: Proceso de Instalación.....	98
Figura 51: Apuntalamiento típico de muros	99
Figura 52: Instalación de panel de losa sobre muro	100
Figura 53: Instalación de panel de losa lateral al muro.....	100
Figura 54: Apuntalamiento en losas.....	101
Figura 55: Detalles de alineación de los miembros estructurales de los muros portantes del (Steel Framing) Sistema Estructura Livianas, SEL	114
Figura 56: Enchapado de muros con malla electro-soldada, detalles constructivos.....	117
Figura 57: esquema conceptual de análisis de la NEC-SE-VIVIENDA	140

1. Generalidades

1.1. Definiciones

Adobe

Unidad ó elemento sólido de tierra disecada con forma de prisma regular, normalmente reforzado por fibras vegetales ó sintéticas de acuerdo a norma vigente, la tierra deberá cumplir con la granulometría apropiada según norma de construcción con adobe en la sección 10.5.7 de esta norma.

Acero de refuerzo

El refuerzo que se emplee en vigas, columnas, vigas y columnas confinantes, elementos colocados en el interior del muro y/o en el exterior del mismo, estará constituido por barras corrugadas según [NTE INEN 2167](#), por malla de acero según [NTE INEN 2209](#), por alambres corrugados laminados en frío según [NTE INEN 1511](#) ó por armaduras electro-soldadas por resistencia eléctrica de alambre de acero según [NTE INEN 2209](#). Se admitirá el uso de barras lisas únicamente en estribos, en mallas de alambre soldado ó en conectores.

Se podrán utilizar otros tipos de acero siempre y cuando se demuestre a satisfacción su eficiencia como refuerzo estructural. El módulo de elasticidad del acero ordinario, se supone como 2×10^5 MPa (2×10^6 kg/cm²). Para diseño se considerará el esfuerzo de fluencia mínimo, f_y , establecido por el fabricante.

El f_y será medido en mega pascales (MPa) ó su equivalente en kg/cm².

Armadura electro-soldada

Refuerzo de acero para vigas y columnas, fabricadas y destinadas para satisfacer la construcción de viviendas diseñadas como sistema estructural de mampostería confinada, cuyo refuerzo longitudinal principal es corrugado y el transversal (estribos) puede ser liso ó corrugado y electro-soldado. La sección de la armadura electro-soldada se conforma para que la armadura principal quede confinada por los estribos que a su vez delimitan la sección del elemento. Esta armadura tiene la forma de mallas, escalerillas, Armadura electro soldada para Vigas y Columnas de confinamiento según [NTE INEN 2209](#) y [NTE INEN 1511](#).

Bahareque ó Quincha

Sistema pared portante compuesto por un bastidor de madera ó caña, recubierto por tierra, según norma de construcción especificada en la sección 10.5.8 de esta norma.

Bloque

Unidad ó pieza de mampostería, de hormigón ó arcilla cocida caracterizada por huecos que forman celdas verticales en las que puede ser colocado el refuerzo. En aquellas celdas en las que exista refuerzo debe utilizarse hormigón de relleno ó mortero de relleno (grout).

Bloqueador

Consiste en perfiles C, perfiles U ó cintas de acero agregados a miembros estructurales, así como paneles de revestimiento agregados a dichos perfiles para transferir fuerzas de corte entre las partes, debido al viento, sismo ó cualquier otra fuerza horizontal

Bloque de hormigón

Elemento de mampostería que a pesar de no cumplir con la especificación [INEN 640](#), se usa regularmente para edificaciones de interés social y de bajo costo, cuya resistencia bruta no debe ser menor que $f'_m = 3 \text{ MPa}$ (30 kg/cm^2).

Caña ó Caña Guadua

Gramínea gigante que pertenece a la familia del bambú, tiene hasta 30 m de alto y es de tallo hueco con nudillos

Carrizo

Especie vegetal de la familia de las gramíneas, que tienen un tallo hueco con nudillos de aproximadamente 3m de largo.

Cercha

Son las armaduras del techo reticuladas de perfiles de acero.

Cimentación

Conjunto de elementos estructurales destinados a transmitir las cargas de una estructura al suelo ó roca de apoyo.

Cimentación superficial

Aquella en la cual la relación profundidad/ancho (D_f/B) es menor ó igual que 5, donde D_f es la profundidad de la cimentación y B el ancho ó diámetro de la misma.

Cinta

Fleje de acero plano, delgado y de ancho limitado que se emplea típicamente como arriostramiento y como elemento de bloqueo que transfiere cargas por tracción.

Columna de confinamiento

Elemento estructural vertical reforzado con barras, armaduras electro-soldadas, alambres corrugados ó lisos (estribos) de acero, cuya función es contribuir al confinamiento lateral de los muros de la mampostería confinada.

Conexión

Combinación de juntas y elementos estructurales usados para transmitir fuerzas entre dos ó más miembros.

Constructor responsable

Es la persona natural (ingeniero civil ó arquitecto) ó jurídica (que nombra a un ingeniero civil ó arquitecto responsable de la obra) que se hace responsable de la observancia y cumplimiento de esta norma, de un reglamento u ordenanza, relacionadas con la ejecución del proyecto de construcción.

Cuantía de refuerzo

Relación entre el área transversal del acero de refuerzo y el área bruta de la sección considerada.

Cuantía mínima de acero de refuerzo en paneles

Es la relación entre las áreas transversales de acero y mortero, que tiene un panel prefabricado recubierto con 3 cm de mortero por lado y que está establecida por el [capítulo 7](#) del [ACI 318](#).

Diafragma rígido

Elemento estructural (tal como las losas de entrepiso ó de techo) que, debido a su elevada rigidez en su plano tiene la capacidad de transmitir las fuerzas inerciales a los elementos de resistencia sísmica, en proporción a la rigidez de dichos elementos y siempre y cuando la conexión entre el diafragma y dichos elementos garantice la transmisión de fuerzas. Este tipo de diafragma se desplaza como un elemento rígido, cuyas deflexiones están controladas por la rigidez de los elementos de resistencia sísmica.

Diafragma flexible

Elemento estructural como cubiertas livianas ó entrepisos de madera, que transmiten las fuerzas inerciales a los elementos de resistencia sísmica en proporción al área tributaria de dichos elementos.

Escalerilla Electro-soldada

Armadura de refuerzo, formada por dos a más alambres de acero longitudinales unidos entre sí con elementos de acero transversales y electro soldados a las barras longitudinales. La separación entre alambres transversales que forman la escalera debe ser menor ó igual que 40 cm, elaborada según [NTE INEN 2209](#) y [NTE INEN 1511](#).

Junta de mortero

Junta de material ligante, debe ser de espesor constante y formar una línea continua horizontal y discontinua vertical, excepto cuando se utiliza el mampuesto en pila.

Junta sísmica

Junta que permite una independencia entre cuerpos estructurales, de forma que el comportamiento estructural de uno de ellos se produce de manera independiente de los otros.

Ladrillo

Unidad ó pieza de mampostería sólida de arcilla cocida con forma de prisma rectangular.

Ladrillo artesanal

Elemento de mampostería que a pesar de no cumplir con la especificación [INEN 294](#), se usa regularmente para edificaciones de interés social y de bajo costo, cuya resistencia bruta no debe ser menor que $f'_m = 2 \text{ MPa}$ (20 kg/cm^2).

Línea de muro arriostrado

Consiste en un muro que está diseñado para resistir la fuerza del corte del sismo ó del viento y está formado por paneles arriostrados.

Losa de entrepiso ó de cubierta

Elemento estructural horizontal ó aproximadamente horizontal, maciza ó con nervaduras, que trabaja en una ó dos direcciones, de espesor pequeño en relación con sus otras dos dimensiones.

Losa de entepiso y/o cubierta de Mortero armado u Hormigón armado

Es el panel prefabricado conformado por una capa superior a compresión de hormigón vertido y una capa inferior de mortero proyectado, que tiene la capacidad de soportar cargas perpendiculares y paralelas a su plano y esfuerzos de flexión fuera de su plano, se considera un elemento no deformable en su plano.

Malla de Continuidad Galvanizada

Malla electro-soldada que garantiza la continuidad de dos ó más elementos perpendiculares a su plano y/o coplanares. Esta malla transmite adecuadamente los esfuerzos manteniendo la continuidad del acero de la malla. Se la utiliza en unión entre muros y unión losa-muro.

Malla Electro-soldada Galvanizada

Es el refuerzo de acero galvanizado básico, que corresponde a la cuantía mínima de acero, según el [capítulo 7](#) del [ACI 318](#), conformando el tramado de la malla electro-soldada, según [ASTM 185](#).

Malla Galvanizada de refuerzo para mortero en Boquetes

Es aquella malla que refuerza las uniones de dinteles y antepechos con muros y distribuye la concentración de esfuerzos para evitar el agrietamiento en esquinas.

Montante

Perfil componente del entramado estructural de muros, generalmente en posición vertical y que se conecta en sus extremos con perfiles solera.

Mortero de pega

Mezcla plástica de materiales cementantes, agregados finos (arena) y agua utilizado para unir las piezas de mampostería.

Mortero Proyectado

Mortero que por la conformación de su granulometría, permite una proyección mediante mecanismos neumáticos, diseñado de acuerdo a [ACI 506](#).

Multilaminado Fenólico

Placas formadas por láminas delgadas de madera adheridas entre sí por cola fenólica, también llamado terciado que se emplean para revestimientos exteriores de muros y para entrepisos.

Muro de mampostería

Elemento de colocación manual, de características pétreas y estabilidad dimensional que, unido con mortero configura la pared de mampostería.

Muro de mampostería confinada

Muro reforzado con vigas y columnas de confinamiento de hormigón que cumplen con los requisitos geométricos definidos en este capítulo y reforzadas con barras, armadura electro-soldada ó alambres corrugados ó lisos de acero, incluidos en la definición de Acero de Refuerzo.

Muros arriostrados

Son muros, paredes y tabiques de acero conformados por perfiles del *Steel Framing* que poseen revestimientos estructurales y/o diagonales de cintas de acero que le confieren capacidad de

resistir fuerzas de corte en el plano del muro causadas por las fuerzas del viento, sismo u otras causas.

Muro de mampostería reforzada

Muro construido a base de unidades huecas de hormigón ó arcilla, reforzadas con barras, escalerillas electro-soldadas ó alambres corrugados ó lisos de acero, incluidos en la definición de acero de refuerzo, los cuales van colocados en los huecos ó celdas de las unidades de mampostería ó en las juntas.

Muro no estructural

Elemento dispuesto para separar espacios, que soporta cargas únicamente debido a su propio peso.

Muro portante

Muro diseñado y construido de tal forma que a lo largo de toda su longitud y espesor pueda transmitir cargas horizontales y verticales al nivel inferior o a la cimentación. Elemento estructural cuya longitud es mucho mayor con relación a su espesor y que soporta cargas laterales en su plano, adicionales a las cargas gravitacionales. Estos muros componen la estructura de la vivienda y deberán tener continuidad vertical. Se entiende por muros portantes a: muros de mampostería no confinada, de mampostería confinada, de mampostería reforzada, muros de hormigón armado y muros livianos de acero.

Muro portante de hormigón armado

Muro portante de hormigón con refuerzo de barras de acero ó mallas electro-soldadas, frecuentemente empleado en sistemas estructurales monolíticos y rígidos tipo caja.

Muro portante de mortero armado u hormigón armado

Es aquel muro que además de soportar su peso propio, soporta cargas que transmite la losa y resiste cargas paralelas y perpendiculares a su plano, se conforma por la proyección del mortero u hormigón sobre el panel prefabricado, obteniéndose un comportamiento monolítico de todos sus componentes.

Nivel Freático

Nivel (en un acuífero libre) en el que se encuentra el agua subterránea. En este nivel la presión de agua del acuífero es igual a la presión atmosférica.

Paneles

Son secciones de paredes ó muros formados por entramados de montantes y soleras, cubiertas en ambas caras por placas estructurales de revestimiento.

Panel prefabricado de poliestireno

Es un elemento fabricado en una planta mediante procesos industriales. Está compuesto por un núcleo de poliestireno expandido (EPS) y dos mallas de acero galvanizado electro-soldadas y conectadas entre sí por conectores de acero igualmente galvanizados y electro-soldados. La unión coplanar de varios paneles prefabricados de poliestireno formará un muro.

Poliestireno Expandido

Espuma rígida suministrada en forma de planchas livianas, de dimensiones volumétricas estables.

Se fabrican en diferentes densidades, según aplicación; es compatible con el medio ambiente, que le proporciona una alta capacidad de aislamiento térmico y acústico, (98% de aire y 2% de material sólido). El poliestireno utilizado es ignífugo de Clase F según norma ASTM E 119 ó DIN 4102.

Estructuralmente, el poliestireno expandido en el interior del panel es incompresible.

Resistencia a la compresión del hormigón (f'_c)

Resistencia a la compresión ó a los 28 días (MPa ó kg/cm²).

Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)

Resistencia nominal de la mampostería a la compresión medida sobre el área transversal neta del prisma (MPa ó kg/cm²).

Revestimiento estructural

Cubiertas que se emplean instalándolas sobre los miembros estructurales, ya sea en posición vertical u horizontal, para distribuir cargas, actuar como arriostramientos y reforzar el conjunto estructural.

Riostra de acero

Perfil estructural de acero complementario de entramados metálicos, generalmente en posición diagonal respecto a los montantes y/o vigas que tienen por objetivo rigidizar los planos del entramado.

Solera de acero

Perfil de acero, componente del entramado estructural de muros, generalmente en posición horizontal y que se conecta con los extremos de los montantes.

Suelos expansivos

Suelos que al ser humedecidos sufren tal expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Tierra de cultivo

Suelo sometido a labores de labranza para propósitos agrícolas.

Viga de confinamiento (riostra)

Elemento estructural horizontal reforzado con barras, armadura electro-soldada, alambres corrugados ó lisos (estribos) de acero, cuya función es contribuir al confinamiento superior e inferior de los muros de la mampostería confinada.

Vigueta

Elemento estructural que forma parte de una losa nervada en una dirección, la cual trabaja principalmente por flexión.

Viviendas

Unidades ó grupos de unidades habitacionales que conforman un solo cuerpo estructural, sean independientes ó separadas entre sí mediante juntas sísmicas de las otras unidades habitacionales.

Yeso cartón

Placas de yeso revestidas de delgadas capas de cartón que se emplean para revestimientos interiores de tabiques y muros.

Tapial

Sistema constructivo tipo pared portante consistente en adobones de tierra apisonada con el procedimiento establecido en la sección 10.5.7 de esta norma.

Tapialera

Encofrado en el que se apisona la tierra para construir los adobones de tapial.

1.2. Marco normativo

1.2.1. Normas ecuatorianas de la construcción

- [NEC-SE-CG](#): Cargas (no sísmicas)
- [NEC-SE-DS](#): Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente
- [NEC-SE-RE](#): Riesgo sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras
- [NEC-SE-GM](#): Geotecnia y Diseño de Cimentaciones
- [NEC-SE-HM](#): Estructuras de Hormigón Armado
- [NEC-SE-AC](#): Estructuras de Acero
- [NEC-SE-MP](#): Estructuras de Mampostería Estructural
- [NEC-SE-MD](#): Estructuras de Madera
- [NEC-SE-VIVIENDA](#): Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m

1.2.2. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-VIVIENDA

Los códigos y especificaciones referenciados en este capítulo se listan a continuación:

- [ACI 318](#): Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario
- [ACI 506R-90](#): Guía de Hormigón Lanzado "Guide to Shotcrete".
- [AISI-2004b](#): General Provisions - Standard for Cold-Formed Steel Framing
- [AISI S200-07](#): North American Standard for Cold Formed Steel Framing - General Provisions
- [ASTM C109/C109M-99](#): Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars.
- [ASTM C87-83 \(1995\)](#): Standard Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar
- [NSR-10](#): Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (2010)
- [Norma E.080](#) : Norma de diseño sismoresistente de adobe (para construcción con adobe, con tapial y con quinchá)
- [NTC 2004](#): NORMA TECNICA COMPLEMENTARIA (2004). Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de México. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería.

Las normas referentes a materiales de construcción se encuentran señaladas en las [NEC-SE-HM](#), [NEC-SE-AC](#), [NEC-SE-MP](#), [NEC-SE-MD](#).

1.3. Simbología

1.3.1. Unidades

Se emplearán las unidades del sistema internacional (S.I.) de acuerdo con la [Norma ISO 1000](#).

Para el cálculo se utilizarán las siguientes unidades:

- Aceleraciones: m^2/s
- Alturas, longitudes: m
- Áreas: m^2
- Fuerzas y cargas: kN o kN/m^2
- Masas: kg
- Momentos: KN.m
- Periodos: s
- Peso específico: kg/m^3
- Presión: Pa o N/m^2
- Resistencias: kPa
- Velocidad: m/s

1.3.2. Simbología

Símbolo	Definición
A_{ci}	Área de la sección de la columna de confinamiento i (mm^2)
A_{ct}	Área total de las columnas de confinamiento del muro (mm^2)
A_e	Área efectiva de la sección de mampostería
A_m	Áreas transversales de los muros
A_{md}	Área de la sección de mampostería (mm^2)
A_{mv}	Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm^2)
A_p	Área total en planta de la vivienda
A_s	Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción (mm^2)
A_{sh}	Área de acero de refuerzo horizontal que se colocará a una separación horizontal S_h

Símbolo	Definición
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 (mm^2)
A_{sv}	Área de acero de refuerzo vertical que se colocará a una separación vertical S_v
A_T	Área total del muro
A_w	Sumatoria de las secciones transversales de los muros confinados en la dirección de análisis
b	Ancho efectivo del muro
C	Coeficiente de respuesta sísmica obtenido
d	Índice de densidad de muros (Área de muros resistente / Área total de la edificación), en %
d_b	Diámetro de la barra más gruesa del traslape
e'	Excentricidad calculada para la carga vertical más una excentricidad accidental
e_s	Excentricidad torsional
f_a	Esfuerzo ocasionado por la carga axial mínima probable en el entrepiso, igual a la carga total dividida entre las áreas de los muros
f'_c	Resistencia especificada a la compresión del concreto (MPa)
f'_{cu}	Resistencia especificada a la compresión de la unidad de mampostería medida sobre área neta (MPa)
f'_m	resistencia especificada a la compresión de la mampostería (MPa)
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)
F_{AE}	Factor de modulación de A_T
F_E	Factor de reducción efectos de excentricidad y esbeltez
F_R	Factor de reducción de resistencia
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)
H	Altura libre del muro
h_c	Dimensión de la altura de la viga en el plano del muro
h_p	Altura del piso localizado por encima del elemento bajo estudio, medida centro a centro entre vigas de confinamiento (mm)
I_{ct}	Momento de inercia de las columnas de confinamiento del muro, con respecto a su centroide (mm^4)
K	Factor de altura efectiva del muro

Símbolo	Definición
L	Longitud del muro
L_d	Longitud de desarrollo
l_c	Distancia horizontal entre columnas de confinamiento, medida centro a centro, para el paño de muro confinado bajo estudio (mm)
l_w	Longitud horizontal del muro (mm), o longitud horizontal total del muro, medida centro a centro entre columnas de confinamiento de borde
L_p	Longitud de perforación
M	Momento actuante que ocurre simultáneamente con V (N.mm)
M_n	Resistencia nominal a flexión (N.mm)
M_u	Momento mayorado solicitado de diseño del muro (N.mm)
P_{nc}	Resistencia nominal a compresión axial (N)
P_{nd}	Resistencia nominal a compresión de la mampostería sola (N)
P_{nt}	Resistencia nominal a tracción axial (N)
P_u	Carga axial (N)
P_{uc}	Fuerzas axiales máximas solicitadas de compresión (N)
P_{ud}	Fuerza axial que actúa sobre la biela diagonal del muro (N)
P_{ut}	Fuerzas axiales máximas solicitadas de tracción (N)
R	Factor de reducción de resistencia sísmica
R_e	Coefficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión
S	Separación de los estribos (mm)
SENESCYT	Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
S_e	Desviación normal estimada de los resultados de las tres muestras de mampostería
S_h	Separación horizontal
S_v	Separación vertical
T	Espesor del muro
V	Fuerza cortante actuante que ocurre simultáneamente con M
V_n	Fuerza cortante resistente nominal del muro (N)

Símbolo	Definición
V_{nc}	Fuerza cortante resistente nominal para una sección de concreto reforzado (N)
V_u	Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N)
V_{uc}	Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño que actúa sobre las columnas de confinamiento cerca a la intersección con la viga de confinamiento (N)
V_m	Resistencia a cortante de la mampostería
V_m^*	Resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería
V_{mR}	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por la mampostería (N)
V_{MR}	Resistencia lateral de la estructura
V_R	Fuerza cortante resistente.
V_{base}	Cortante basal sísmico (demandada por el sismo de diseño)
V_{sR}	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo de cortante (N)
x_i	Distancia de la columna de confinamiento i al borde del muro (mm)
$\bar{x}$	Distancia al borde del muro del centroide de las áreas de todas las columnas de confinamiento del muro (mm)
$\bar{X}$	Valor promedio de los resultados de las tres muestras de mampostería
W	Peso sísmico efectivo de la estructura, igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso
Z	Factor de zona que depende de la posición geográfica del proyecto y su correspondiente zona sísmica
$\emptyset$	Factor de reducción de resistencia
ρ_h	Cuantía de acero de refuerzo horizontal
ρ_v	Cuantía de acero de refuerzo vertical

2. Alcances y requisitos generales

2.1. Objetivos y alcances

Este capítulo tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción de viviendas sismo resistentes de hasta 2 pisos con luces de hasta 5.0 m, inclusive conjuntos de viviendas adosadas que conforman un cuerpo estructural con dimensión máxima en planta de 30 m.

Se entenderá por vivienda, para alcance de este capítulo de las NEC, a aquellas edificaciones con luces (distancia libre entre apoyos verticales ó elementos de confinamiento):

- que no excedan 5.0 m y que no superen 2 niveles en altura en ninguna de sus fachadas,
- ó 6 metros en altura desde el suelo en cubierta plana y hasta 8 metros a la cumbrera en caso de cubierta inclinada, hasta el nivel más alto de su cubierta y cuyo uso sea exclusivamente residencial.

La altura de entrepisos no debe exceder 3 m. Para edificaciones que estén fuera del alcance de este capítulo refiérase a los correspondientes de esta norma para su diseño y construcción.

Además, se indica la importancia de los criterios a tomar en consideración para un buen planeamiento estructural y así reducir la pérdida de vidas humanas y materiales, reducir el daño y el costo económico en futuros eventos naturales.

Estos requisitos son de índole general y están dirigidos a todos los profesionales de la ingeniería y la arquitectura que trabajan en el diseño, construcción y supervisión de viviendas, sean ó no especialistas en diseño estructural, con procedimientos simplificados de análisis, diseño y construcción de viviendas resistentes a cargas sísmicas que permitan un funcionamiento adecuado de la estructura ante cargas laterales y verticales en las diferentes zonas de amenaza sísmica del Ecuador.

2.2. Importancia de la construcción sismo resistente

Ecuador se encuentra en una zona de actividad sísmica alta, es por ello que establecer requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción de viviendas sismo-resistentes, permitirá que las edificaciones tengan un comportamiento adecuado para resistir la acción de fuerzas causadas por sismos, protegiendo la vida y los bienes de las personas que las ocupan.

Tanto el sistema estructural como la altura de diseño de las viviendas que se definen en este capítulo se especifican en la [Tabla 3](#).

2.3. Requisitos de diseño

Toda vivienda deberá ser diseñada en base a la selección de un sistema sismo resistente apropiado:

- Si el sistema es de pórtico de hormigón armado resistente a momentos, se diseña de acuerdo a la [sección 5](#).
- Si el sistema está basado en muros portantes se diseña de acuerdo a la [sección 6](#).
- Si el sistema es un pórtico de acero, se diseña de acuerdo a la [sección 5.2](#).

- Si el sistema es diferente a los descritos deberá diseñarse con un método racional que garantice seguridad de vida de los ocupantes frente a la ocurrencia del sismo de diseño.

Los proyectos de vivienda, requieren la ejecución de estudios de arquitectura, ingeniería y geotecnia, con al menos los siguientes productos:

- Planos arquitectónicos, estructurales, sanitarios y eléctricos, estudio de suelos, presupuestos y especificaciones técnicas.
- Memoria técnica que incluya: descripción completa del sistema constructivo, proceso constructivo, materiales empleados y sus propiedades, descripción de los procesos de control y aseguramiento de calidad necesarios para garantizar las condiciones de diseño.

En los planos arquitectónicos y estructurales debe constar nombre del proyecto, fecha del diseño, nombre del profesional responsable, con título registrado en la SENESCYT, nombre y versión de la norma utilizada en el diseño, cargas vivas adoptadas, resistencia y especificaciones de los materiales a utilizarse y aclarar que el proyecto es exclusivamente de vivienda.

Si el sistema constructivo permite realizar modificaciones y/o ampliaciones futuras tanto en planta como en elevación, deben especificarse los análisis y métodos para realizar dichas modificaciones, así como el impacto que estas modificaciones puedan producir en la seguridad de la vivienda. Si el sistema permite ampliaciones en altura, el diseño y los análisis de validación del sistema estructural deberán incluir estas ampliaciones.

Para sistemas constructivos diferentes a los descritos en este capítulo, cuyo diseño no pueda ser respaldado por normativa nacional ó internacional ó cuando se trate de un sistema único ó patentado, éstos deberán ser aprobados por el Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y contar con un informe técnico sobre el desempeño del sistema constructivo y el cumplimiento de las disposiciones de la NEC, emitido por el Centro de Investigación de la Vivienda (CIV) de la Escuela Politécnica Nacional u otro centro acreditado por el Comité Ejecutivo NEC.

Para los sistemas tratados en este capítulo de la norma, los requisitos que se indican son considerados como mínimos y solo se los puede modificar siempre y cuando exista una demostración teórica ó experimental y aprobado por los organismos anteriormente citados.

2.4. Cargas y combinaciones de cargas

Las cargas y combinaciones de carga a aplicarse, serán determinadas según lo estipulado en la [NEC-SE-CG](#).

La estabilidad lateral de las viviendas comprendidas en este capítulo, deberá ser revisada ante las acciones sísmicas definidas en la [sección 10.3](#). No será necesario revisar la acción de otras cargas accidentales, excepto los efectos locales de viento en las cubiertas flexibles.

- Cargas generales (cargas vivas, muertas, cargas por viento...): [NEC-SE-CG](#)
- Cargas sísmicas: véase la [sección 3](#) y la [NEC-SE-DS](#)

3. Acciones sísmicas, sistemas y configuraciones sismoresistentes

El buen comportamiento sísmico de una edificación de uno y dos pisos depende, en gran parte, de que en su planeamiento estructural se sigan algunos criterios generales apropiados. Los más relevantes se tratan a continuación.

3.1. Acciones sísmicas

Este capítulo considera a los sistemas estructurales definidos en la [Tabla 3](#) para la aplicación en el diseño y construcción de viviendas sismo resistentes. Cualquier otro sistema estructural que no conste en este listado requerirá de la aprobación del Comité Ejecutivo NEC.

3.1.1. Acciones sísmicas de diseño

Los sistemas constructivos utilizados para la construcción de vivienda, son redundantes pero carecen de ductilidad. Por tal razón, el diseño sismo-resistente está basado en fuerzas y consiste en verificar que la resistencia lateral de la estructura, V_{MR} , es mayor ó igual a la demandada por el sismo de diseño, V_{base} . El análisis de las derivas de piso no es mandatorio.

$$V_{base} \leq V_{MR}$$

Dónde:

V_{base} Demandada por el sismo de diseño

V_{MR} Resistencia lateral de la estructura

3.1.2. Zonificación sísmica y factor de zona Z

Se encontrarán informaciones al respecto en la sección 3.1.1 de la NEC-SE-DS.

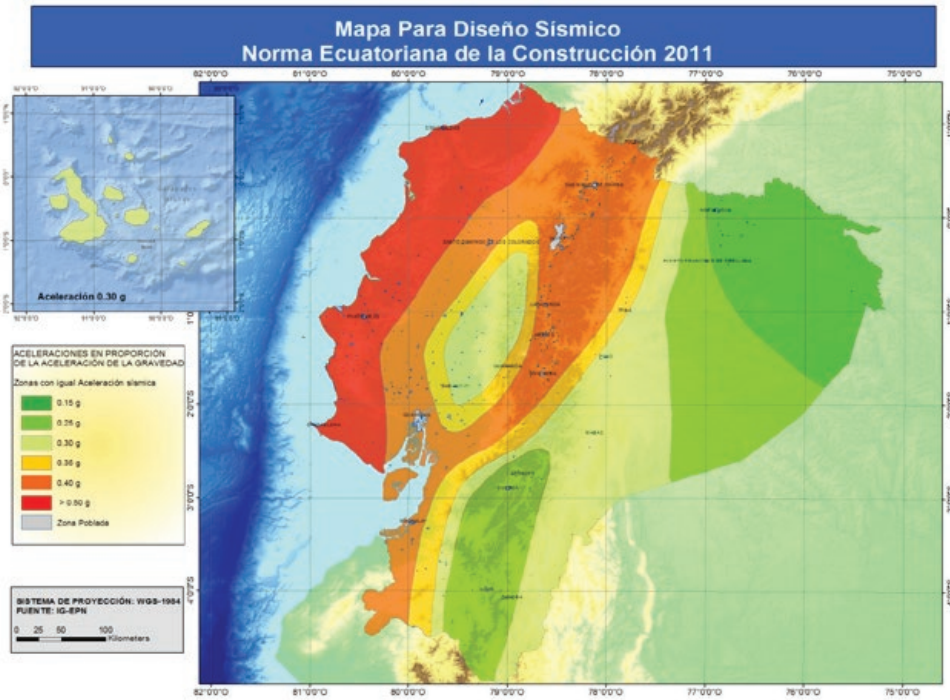


Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z

El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del:

- Nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia,
- Litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.

3.1.3. Determinación del cortante basal

El cortante basal sísmico se debe determinar mediante la siguiente expresión:

$V_{base} = Z C W / R$	
Dónde:	
Z	Factor de zona que depende de la posición geográfica del proyecto y su correspondiente zona sísmica definida en la sección 3.1.1 de la NEC-SE-DS .
C	Coefficiente de respuesta sísmica obtenido según Tabla 2
W	Peso sísmico efectivo de la estructura, igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso (véase la NEC-SE-CG). En el caso de estructuras de bodegas ó de almacenaje, W se calcula como la carga muerta más un 50% de la carga viva de piso.
R	Factor de reducción de resistencia sísmica; se debe adoptar de los valores establecidos en la Tabla 3 , según el sistema estructural adoptado.

Zona geográfica	C
Costa y Galápagos	2.4
Sierra y Oriente	3

Tabla 2: Coeficiente de Respuesta Sísmica

3.1.4. Sistemas estructurales y coeficiente R de reducción de respuesta estructural

Los coeficientes de reducción **R** son expuestos, según los sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas, en la siguiente tabla:

Sistema Estructural	Materiales	Coeficiente R	Limitación en altura (número de pisos)
Pórticos resistentes a Momento	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , reforzado con acero laminado en caliente.	3	2(b)
	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , con armadura electro-soldada de alta resistencia.	2.5	2
	Acero Doblado en Frío	1.5	2 (b)

Sistema Estructural	Materiales	Coefficiente R	Limitación en altura (número de pisos)
Muros Portantes	Mampostería No Reforzada y no confinada (c)	1	1
	Mampostería enchapada con malla de acero (a)	1.5	2(b)
	Adobe y Tapial reforzado	1.5	2
	Bahareque	1.5	2
	Mampostería Reforzada	3	2(b)
	Mampostería Confinada	3	2(b)
	Muro de hormigón reforzado	3	2(b)
	Muros livianos de acero	1.5	2
	Muro de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno(a)	1.5	2(b)

Tabla 3: Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas

Se destaca que:

- (a) El espesor mínimo del mortero deberá ser 3 cm por cada lado de enchape.
- (b) Cuando estos sistemas tengan más de 2 pisos y luces mayores a 3.50m, el diseño estará regido por las [NEC-SE-DS](#), [NEC-SE-HM](#), [NEC-SE-AC](#), [NEC-SE-MP](#).
- (c) La mampostería no reforzada y no confinada está limitada a una planta con cubierta liviana y no será construida en zona de mediana ó alta sismicidad

3.1.5. Diseño sísmico: marco general

Se obtendrán informaciones completas sobre el diseño sísmico en los siguientes capítulos de las NEC:

- Construcción nueva: [NEC-SE-DS](#)
- Rehabilitación: [NEC-SE-RE](#)

3.2. Requisitos de resistencia sísmica del sistema estructural

Los sistemas estructurales resistentes a cargas sísmicas estipulados en este capítulo, deben garantizar en las viviendas un comportamiento adecuado, tanto individual como en conjunto, que provea estabilidad y resistencia ante la acción de cargas gravitacionales, sísmicas y viento ó lluvia de ser el caso (véase la [NEC-SE-CG](#)).

Para el cumplimiento de este criterio el sistema estructural a aplicarse debe cumplir con las siguientes características:

- a) Los pórticos resistentes a momentos y muros portantes deben estar dispuestos de tal manera que provean suficiente resistencia ante los efectos sísmicos en las dos direcciones principales en planta. En el caso de muros portantes solo se debe tomar en cuenta la rigidez longitudinal de cada muro. Los muros portantes sirven para resistir las fuerzas laterales paralelas a su propio plano, desde el nivel donde se generan hasta la cimentación, las cargas verticales debidas a la cubierta y a los entresijos si los hay y su propio peso.
- b) En estructuras de más de dos pisos, deberá existir un sistema de muros portantes que obligue al trabajo conjunto de los pórticos y muros mediante uniones que transmitan la fuerza lateral. Los elementos de amarre para la acción de diafragma se deben ubicar dentro de la cubierta y en los entresijos.
- c) Un sistema de cimentación que transmita al suelo las cargas derivadas de la función estructural de cada pórtico y muro portante. El sistema de cimentación debe tener una rigidez apropiada, de manera que se prevengan asentamientos diferenciales.
- d) Asegurar que las conexiones entre la cimentación, vigas, columnas, muros portantes, entresijo y cubierta transmitan en forma efectiva las cargas desde la cubierta hasta la cimentación.

3.3. Configuración estructural

Tanto la efectividad de las uniones en los diafragmas como el trabajo en conjunto de los sistemas estructurales, dependen de la continuidad vertical y de la regularidad de la estructura, tanto en planta como en altura; por esta razón se debe tener en cuenta lo siguiente:

3.3.1. Continuidad vertical

Para considerar que los pórticos y muros son resistentes a momento, éstos deben estar anclados a la cimentación. Cada pórtico y muro portante debe ser continuo entre la cimentación y el muro inmediatamente superior, sea el entresijo ó la cubierta.

En casas de dos pisos, los pórticos y muros portantes que continúen a través del entresijo deben, a su vez, ser continuos hasta la cubierta para poder considerarse estructurales en el segundo nivel, siempre y cuando para el caso de los muros no se reduzca su longitud en más de la mitad de la longitud que posee en el primer nivel. Columnas y muros del segundo piso que no tengan continuidad hasta la cimentación no podrán considerarse como elementos estructurales resistentes a fuerzas horizontales. Si los muros anclados a la cimentación continúan a través del entresijo y llegan hasta la cubierta, donde su longitud mayor está en el segundo piso, se considerará como elemento estructural en el segundo piso, sólo la longitud que tiene el muro en el primer piso. Finalmente, para que un muro individual sea considerado como muro portante, se debe cumplir que la relación entre la altura y su longitud no puede ser mayor que 4.

La [Figura 2](#) muestra ejemplos sobre la continuidad en elevación.

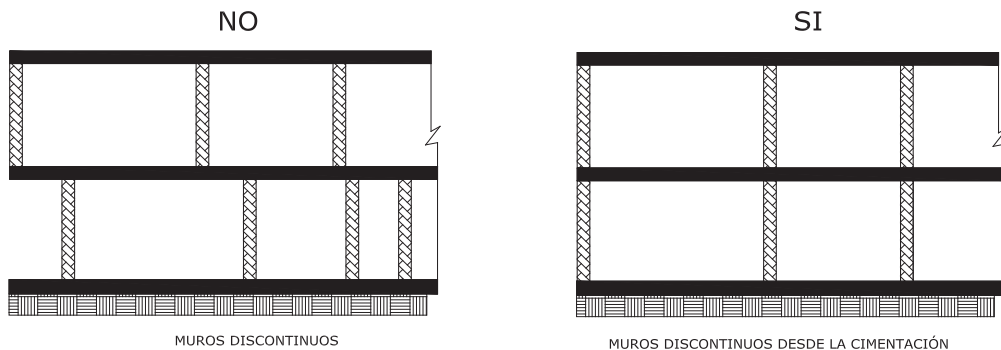


Figura 2: Continuidad en elevación para edificaciones

3.3.2. Regularidad en planta

La forma del sistema de piso en planta debe ser tan regular y simétrica como sea posible, prefiriéndose formas cuadrangulares ó rectangulares, siempre que la relación largo/ancho no supere el valor de 4 y que ninguna dimensión exceda de 30 m. Caso contrario deberán utilizarse juntas constructivas, de acuerdo a lo estipulado en la sección [3.6](#).

Las aberturas de piso no deben exceder el 50% del área total del piso y ninguna de ellas debe superar el 25% del área total de piso. La posición de los muros estructurales resistentes a sismo, deben estar balanceados en las 2 direcciones y espaciados en paralelos.

La [Figura 3](#) muestra ejemplos de regularidad en planta.

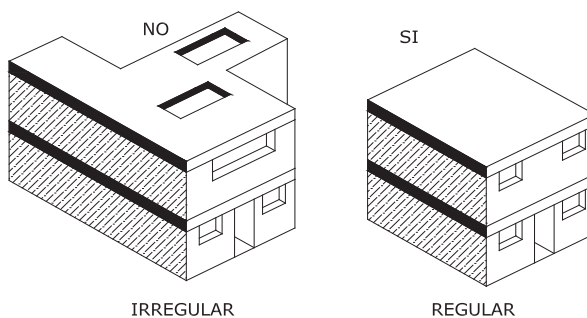


Figura 3: Planeamiento regular en edificaciones

3.3.3. Regularidad en elevación

Deben evitarse las irregularidades geométricas en alzado. Cuando la estructura tenga forma irregular en elevación, podrá descomponerse en formas regulares aisladas, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en la sección [3.6](#).

Las siguientes figuras muestran ejemplos de regularidad en elevación.

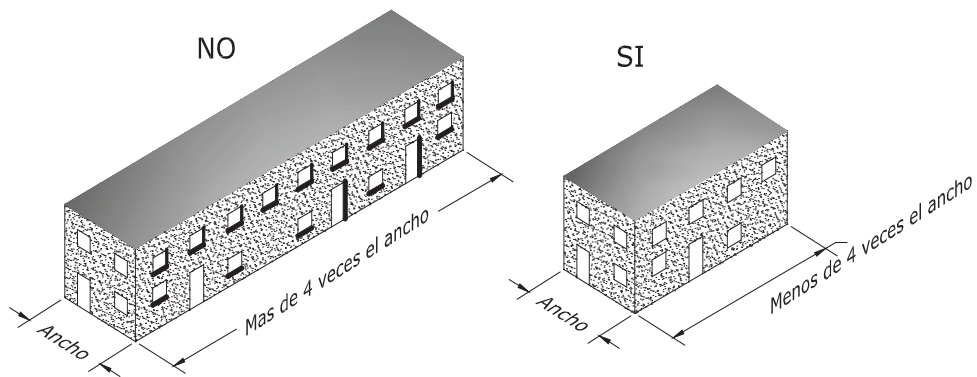


Figura 4: Relación de aspecto, Largo/ancho en edificaciones

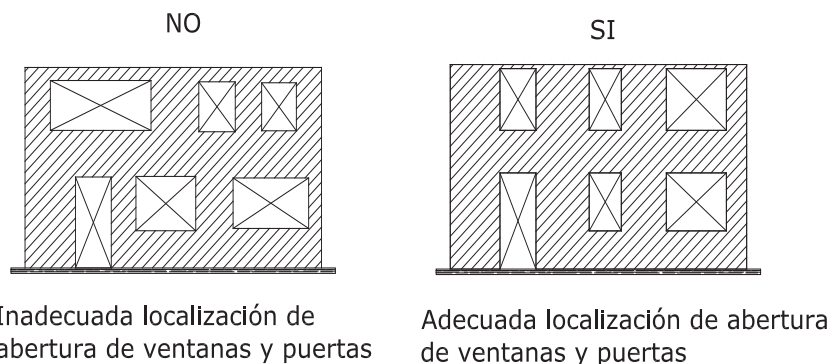


Figura 5: Localización de aberturas

3.4. Simetría

Con el fin de evitar torsiones de toda la edificación, ésta debe tener una planta lo más simétrica posible. La edificación y los módulos que la conforman, deben ser simétricos con respecto a sus ejes, por lo que, es conveniente que la localización de puertas y ventanas sea lo más simétrica posible.

Cuando la planta asimétrica sea inevitable, la edificación debe dividirse en módulos independientes por medio de juntas, de tal manera que los módulos individuales sean simétricos. Deben evitarse módulos largos y angostos en planta, con longitudes mayores a tres veces su ancho.

3.5. Disposición de muros portantes

En las viviendas cuyo diseño esté basado en muros portantes, debido a que los muros individualmente resisten principalmente las cargas laterales paralelas a su plano, es conveniente la colocación en planta de muros en dos direcciones ortogonales ó aproximadamente ortogonales. La longitud de los muros en las dos direcciones debe ser aproximadamente igual.

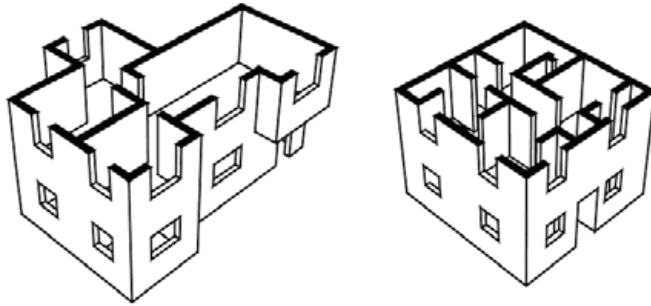


Figura 6: Disposición de muros portantes

En sistemas con muros portantes de hormigón armado, con ó sin alma de poliestireno ó mampostería (véase la sección 6.5), se pueden admitir aberturas cumpliendo con los siguientes requerimientos:

- El área total de las aberturas dispuestas en los muros para la colocación de puertas y ventanas no debe sobrepasar el 35% del área total del muro.
- La distancia mínima entre dos aberturas y entre una abertura y el extremo del muro debe ser al menos de 50 cm y en todo caso debe ser mayor que la mitad de la dimensión menor de la abertura.

La [Figura 7](#) presenta esquemáticamente la disposición de las aberturas en un muro, donde t es el espesor del muro.

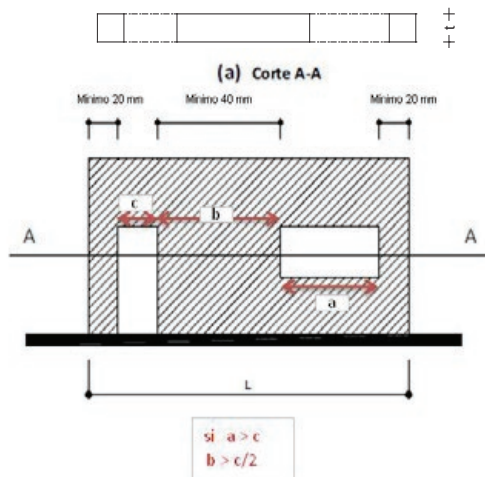


Figura 7: Disposición de aberturas en un muro

Área Total, $A_T = L \cdot t$	
Área de Pared $> 65\% A_T$	Área de Aberturas $< 35\% A_T$

Dónde:

A_T Área del muro

L longitud del muro

t Espesor del muro

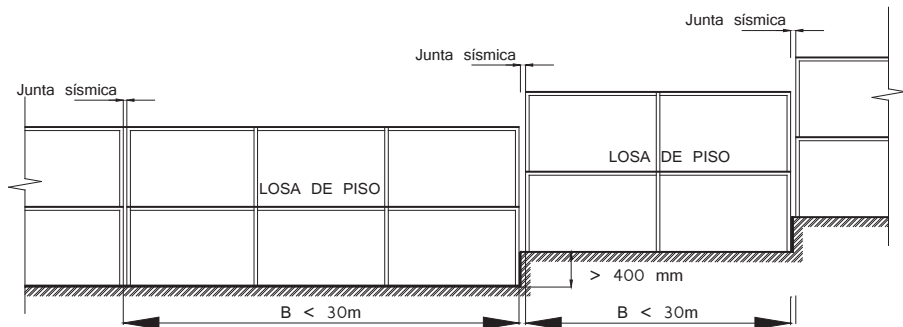
3.6. Juntas constructivas

Se requieren juntas constructivas en los siguientes casos:

- Cuando en planta, la relación de la longitud con respecto al ancho, excede 4:1.
- Cuando el terreno tiene pendientes superiores al 30%, la junta debe colocarse de manera que separe cada una de las viviendas sin que hayan muros medianeros entre dos viviendas contiguas.
- Viviendas construidas independientemente.

El espesor mínimo de la junta debe ser 2.5 cm.

Las edificaciones separadas por juntas constructivas pueden compartir su cimentación, sin embargo, deben separarse desde el nivel del sobre-cimiento de manera que las estructuras actúen independientemente.



ELEVACIÓN
(a)

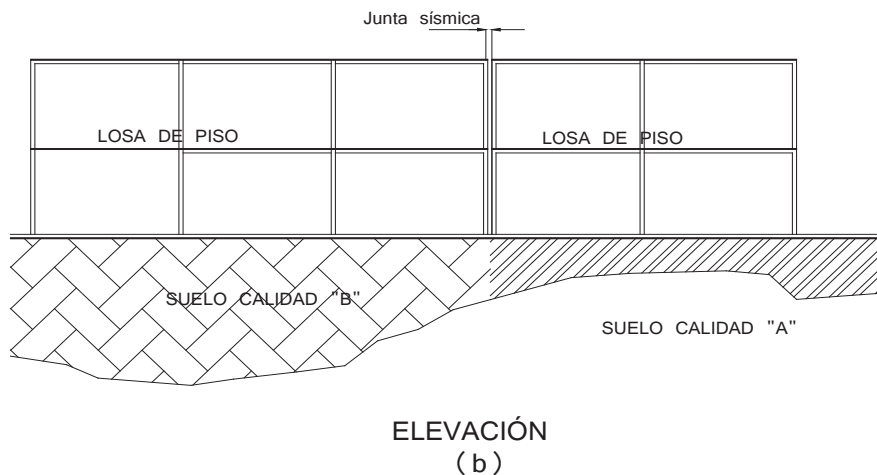


Figura 8: Ubicación esquemática de las juntas sísmicas en unidades habitacionales multifamiliares

- (a) dimensión mayor excede los 30 m y desnivel superior a 400mm,
- (b) cambios significativos en la calidad del suelo,
- (c) diferencia de niveles entre edificaciones contiguas

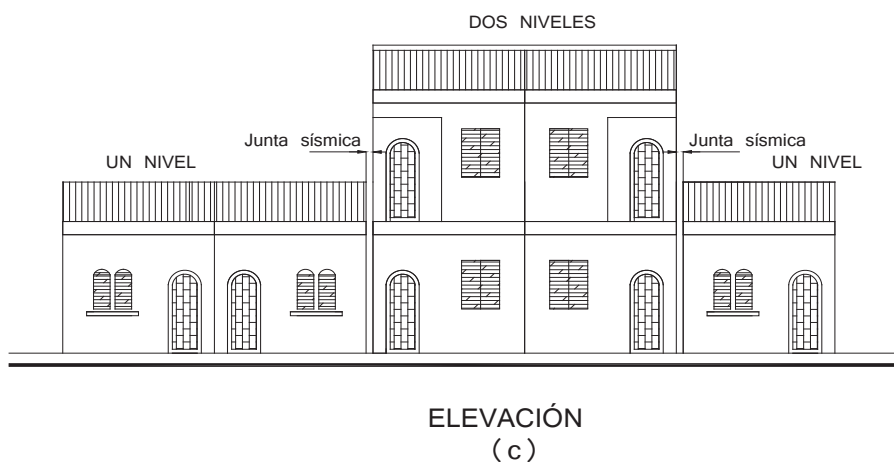


Figura 9: Ubicación esquemática de las juntas sísmicas en unidades habitacionales multifamiliares

- (a) dimensión mayor excede los 30 m y desnivel superior a 400 mm,
- (b) cambios significativos en la calidad del suelo,
- (c) diferencia de niveles entre edificaciones contiguas

En el caso de unidades habitacionales compuestas de varias viviendas, se requiere de juntas constructivas cuando se presente cualquiera de los casos listados a continuación:

- Cuando la dimensión mayor de la unidad estructural exceda de 30 m.

- 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 m³ 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 300m² 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:

- a) Suelos que presenten inestabilidad lateral.
- b) Suelos con pendientes superiores al 30%.
- c) Suelos con compresibilidad excesiva.
- d) Suelos con expansibilidad de intermedia a alta.
- e) 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 espigos 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 de Refuerzo	Hormigón
			f_y (MPa)	f'_c (MPa)
Ancho	250 mm	300 mm	* 420 (barra corrugada)	18
Altura	200 mm	300 mm		
Acero longitudinal	4 ϕ 10* mm	4 ϕ 12* mm		
Estribos	ϕ 8* mm @ 200mm	ϕ 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/cm²) las cuantías de acero calculadas se podrán reducir multiplicándolas por 420 / f_y , en MPa (4200 / f_y , en kg/cm²).

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.

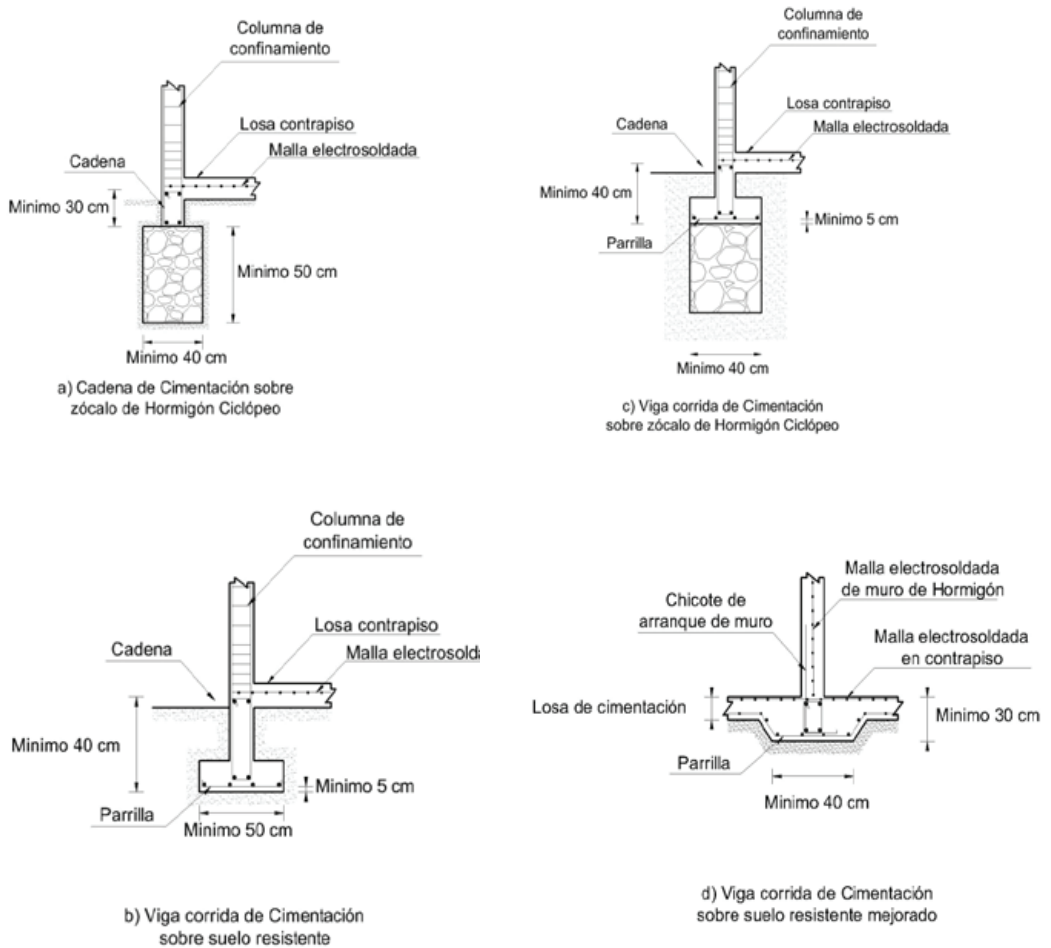


Figura 10: Tipos de cimentación en muros portantes

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.

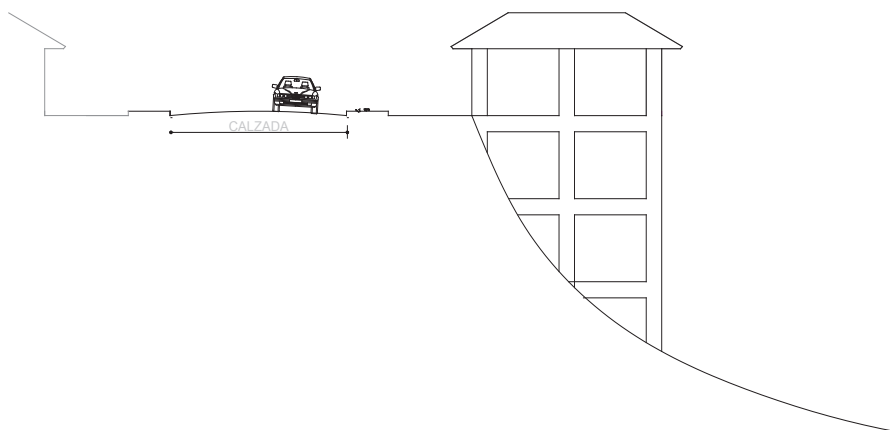


Figura 11: Sistema estructural que requiere de análisis de torsión

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 doblez deberán estar regidos por los requisitos del [ACI 318](#), capítulo 7 y 12.

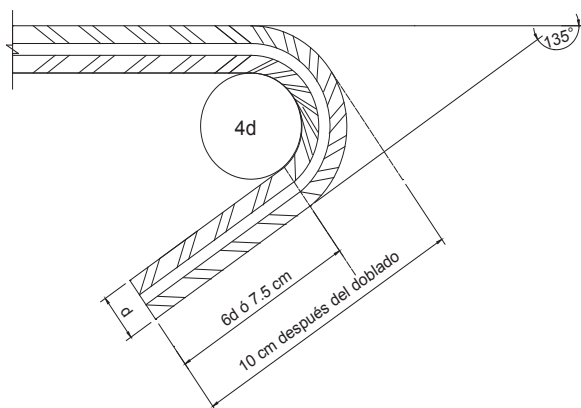


Figura 12: Geometría del gancho Longitud de doblado en estribos de 8mm

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 empernadas 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](#).

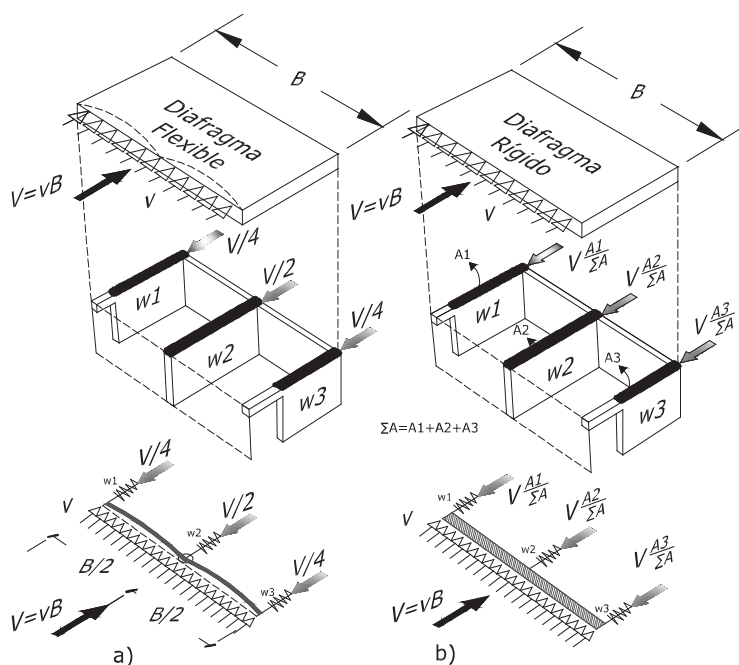


Figura 13: Distribución de las cargas laterales en edificaciones

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 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_w	Sumatoria de las secciones transversales de los muros confinados en la dirección de análisis.
A_p	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/cm²) 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/cm²).

6.3.1. Cuantías de acero de refuerzo horizontal y vertical

La suma de la cuantía de acero de refuerzo horizontal, ρ_h y vertical, ρ_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:

$$\rho_h \geq 0.0007$$

$$\rho_v \geq 0.0007$$

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

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

ρ_h Cuantía de acero de refuerzo horizontal

ρ_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 (mm²)

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 (mm²)

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

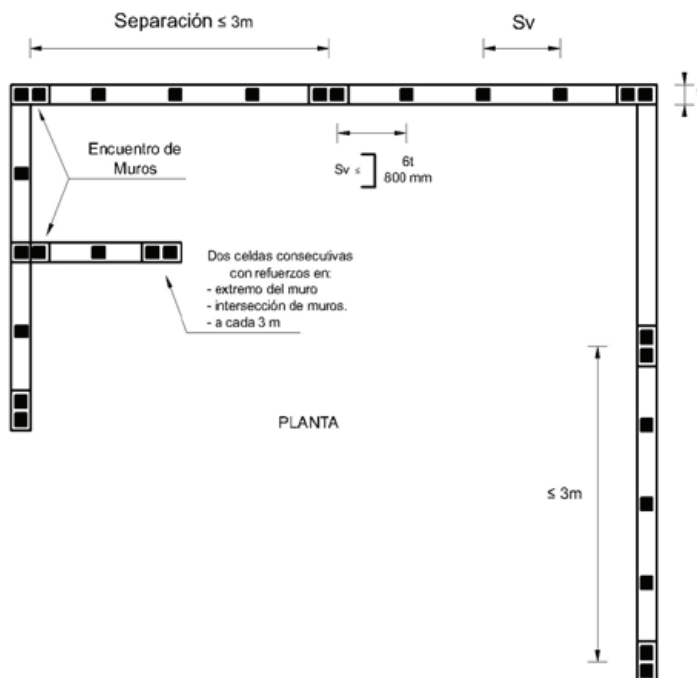


Figura 14: Planta típica de muros reforzados, ubicación del refuerzo vertical

Deberá colocarse por lo menos una barra de 9.5 mm de diámetro con esfuerzo especificado de fluencia de 412 MPa (4 200 kg/cm²) 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 (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

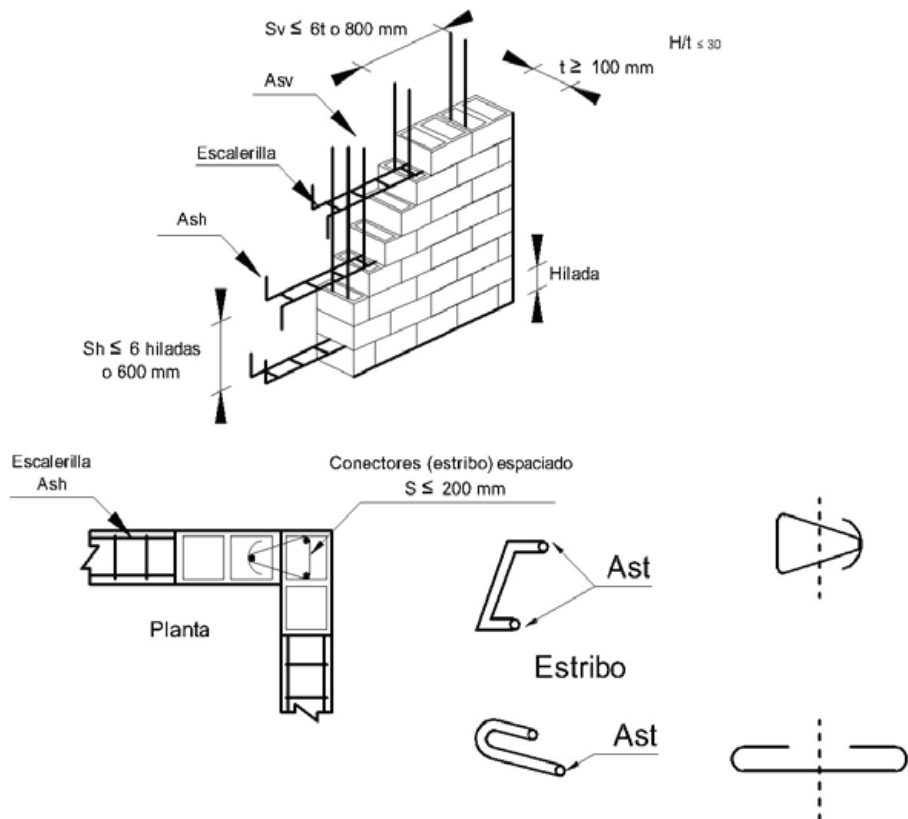


Figura 15: Distribución de refuerzo Vertical y Horizontal. Detalles de encuentro de muros, ubicación de estribos y conectores

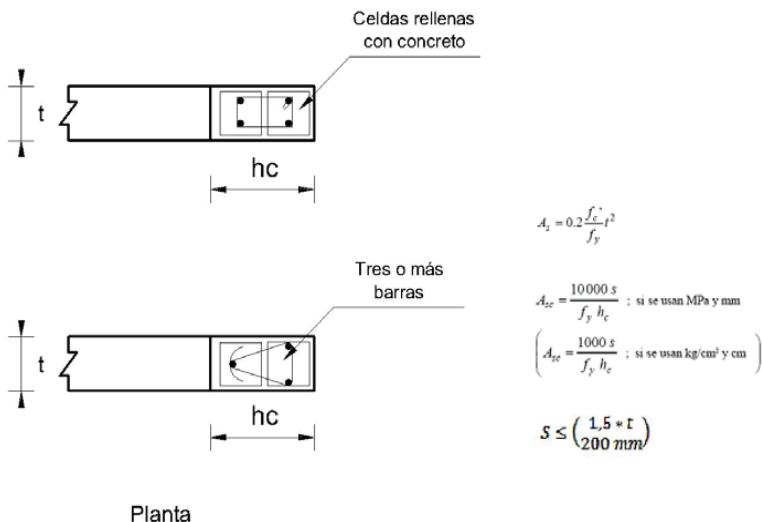


Figura 16: Distribución de refuerzo Vertical y Horizontal. Detalles de encuentro de muros, ubicación de estribos y conectores

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.

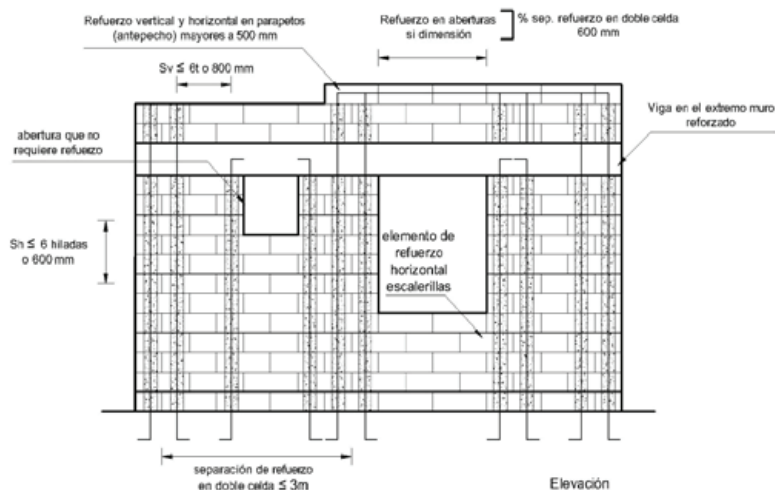


Figura 17: Detalle del reforzamiento vertical, detalle de reforzamiento en aberturas

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.

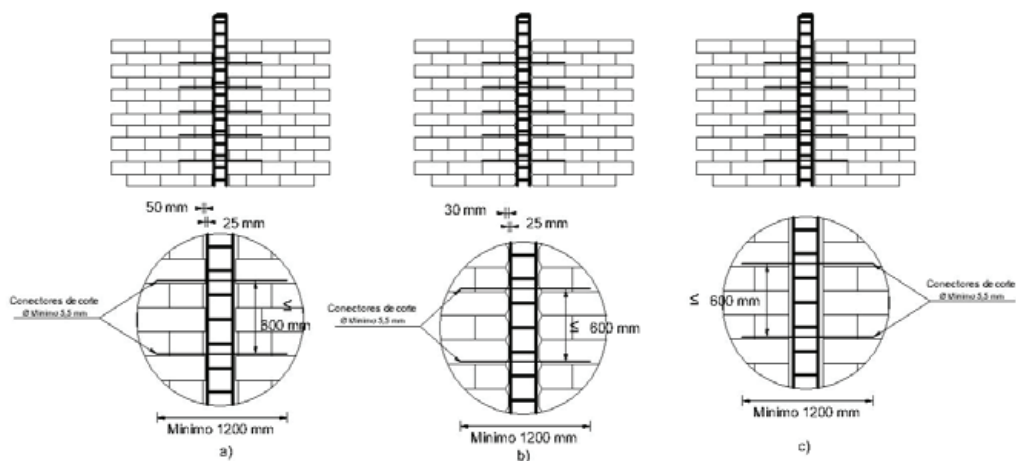


Figura 18: Detalle de Mampostería Confinada tipo 1)

- (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.

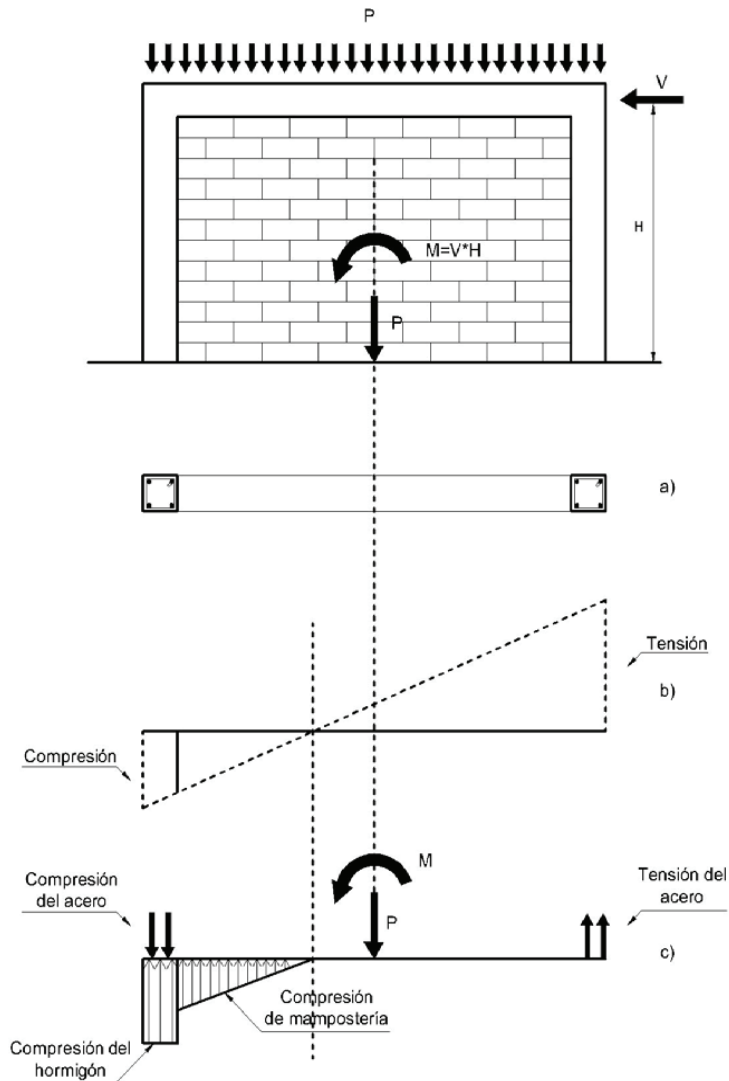


Figura 19: Detalle del Panel de Mampostería Confinada sujeto a acción combinada de carga axial y lateral

- (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](#))

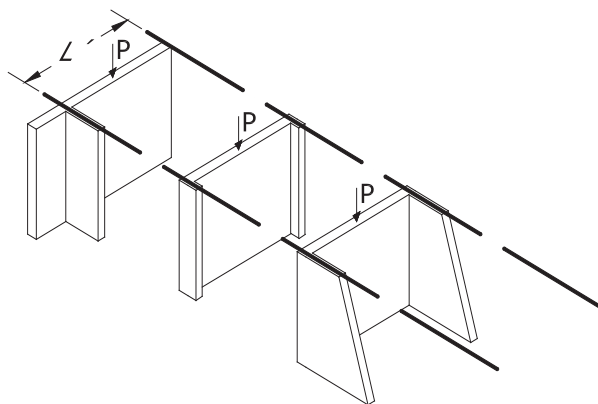


Figura 20: Restricción a la deformación lateral

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.

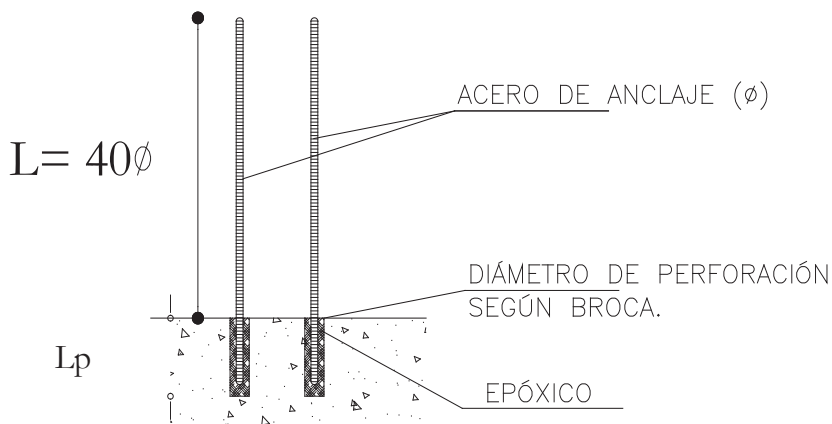


Figura 21: Acero de anclaje (Chicotes)

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 alivianada 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:

m² 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 doblez 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:

m² 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](#)).

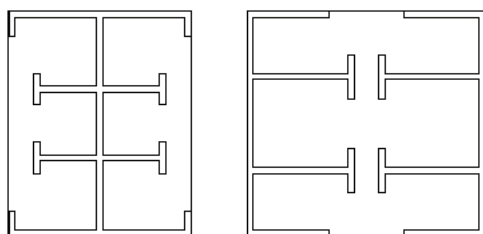


Figura 22: Distribución de paredes en planta

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.

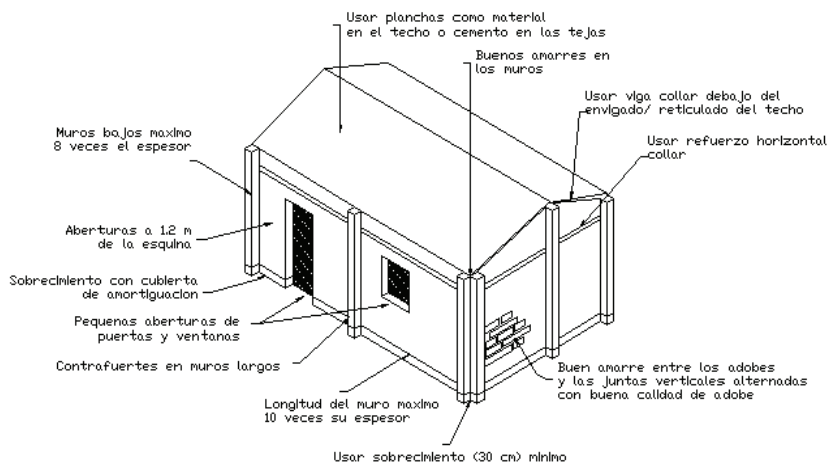


Figura 23: Elementos de una vivienda de adobe y tapial; precauciones a tomarse para seguridad antisísmica de una edificación de tierra

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](#)).

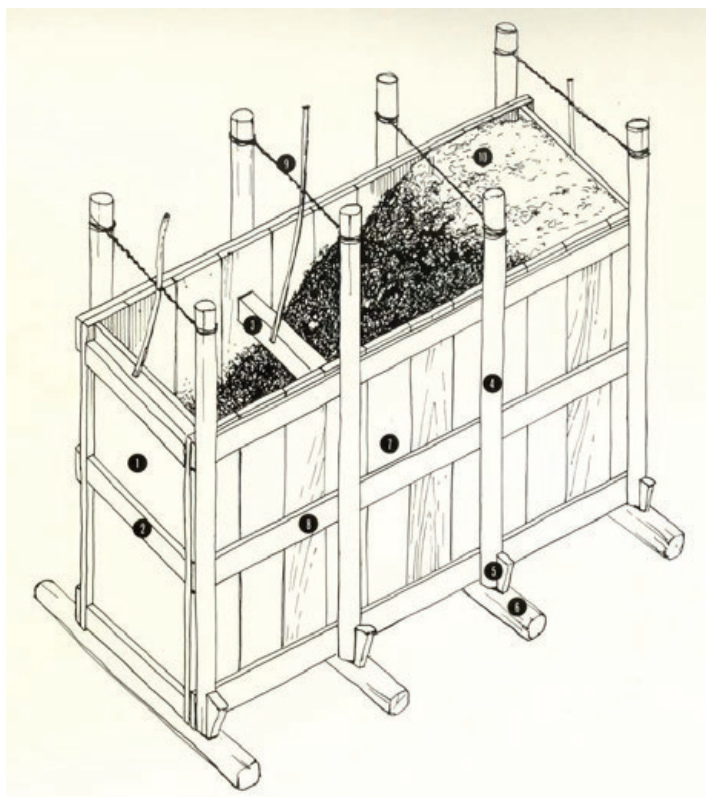


Figura 24: Tapialera típica

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 quinchá

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](#)).

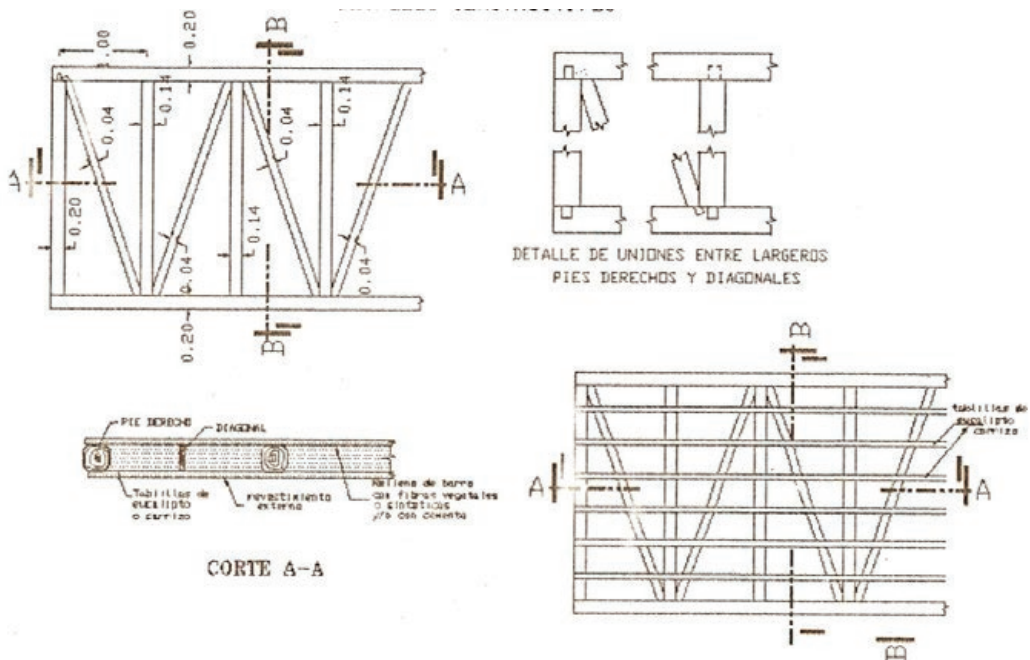


Figura 25: Bahareque, detalles constructivos

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.

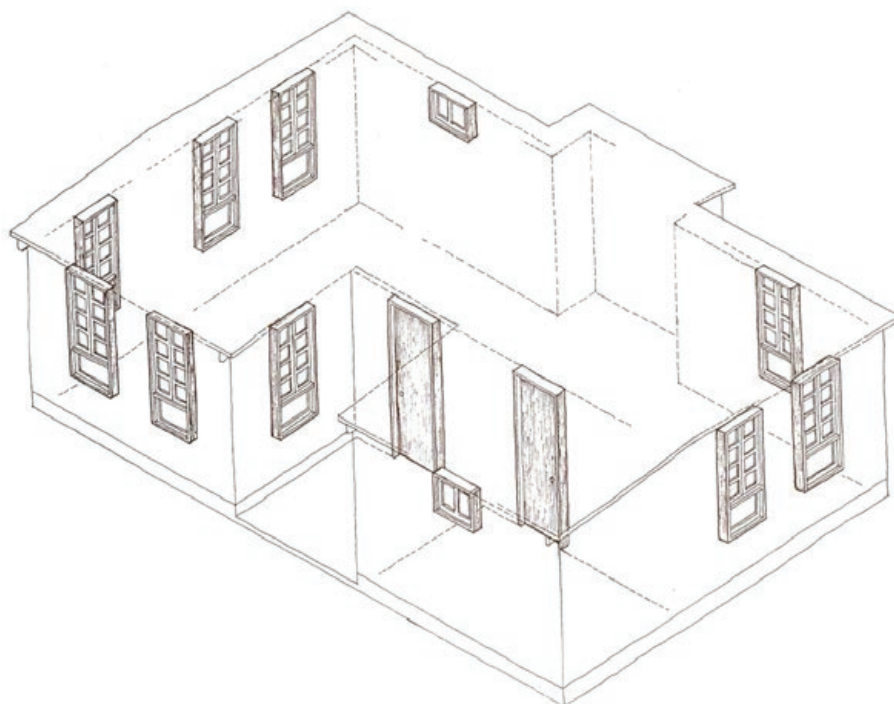


Figura 26: Elementos típicos de una vivienda de Bahareque

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.

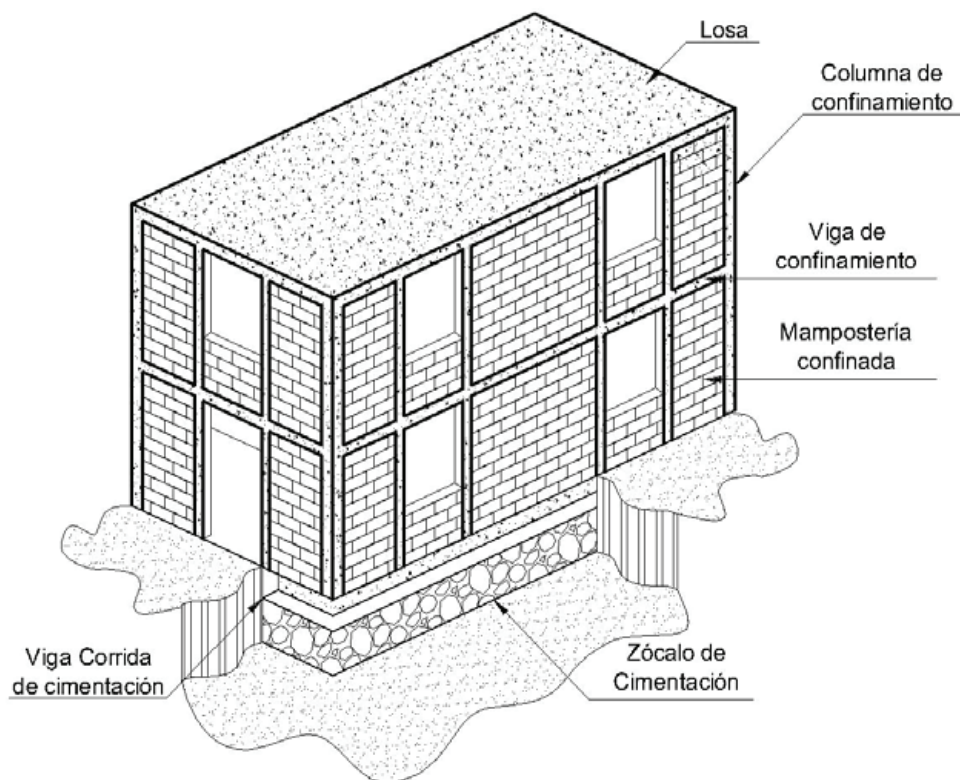


Figura 27: Principales Elementos de Mampostería Confinada

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.

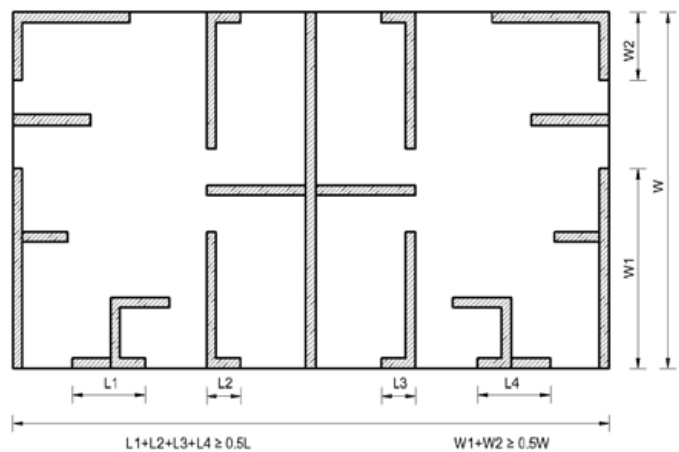


Figura 28: Distribución de muros mampostería confinada en dos direcciones

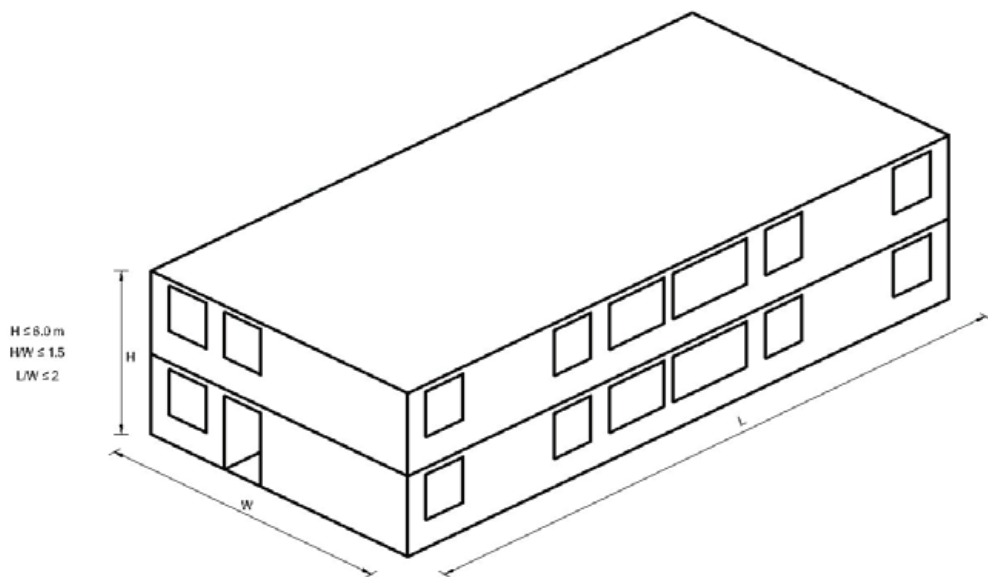


Figura 29: Requerimiento estructuras simples. Proporciones geométricas

7.4. Requisitos generales mínimos para los elementos de confinamiento

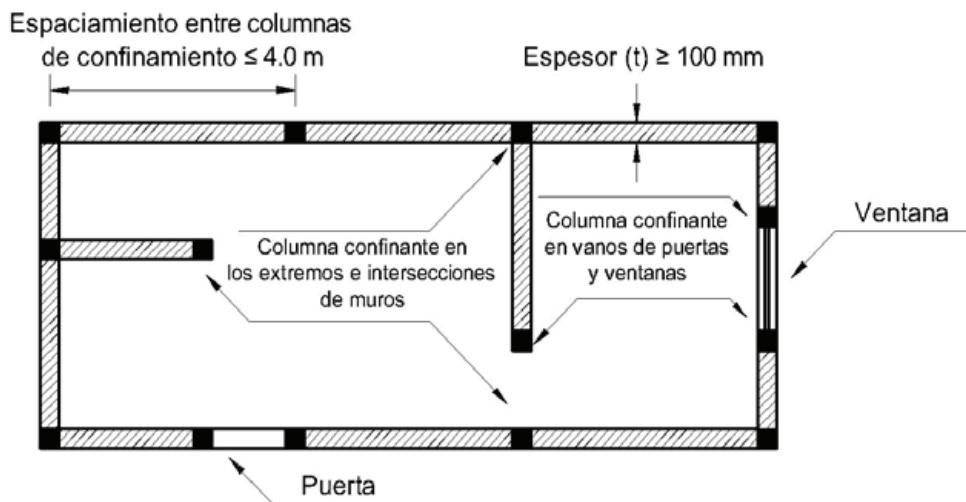


Figura 30: Requisitos fundamentales en viviendas de mampostería confinada

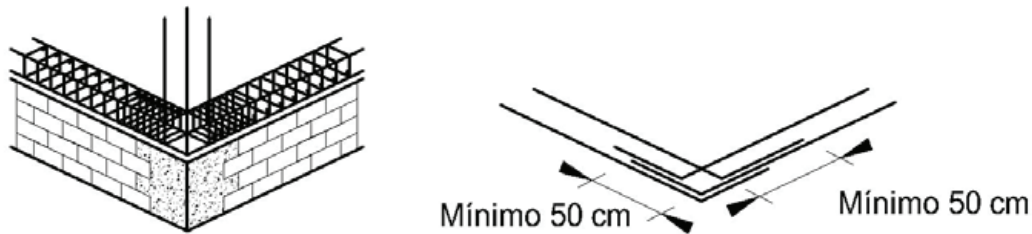


Figura 31: Planta típica con la posición de las columnas de confinamiento (Brzev, 2008)

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 traslapo 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 cm².

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](#).

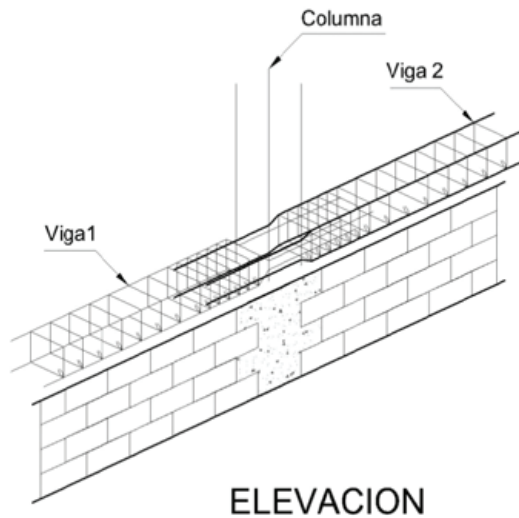
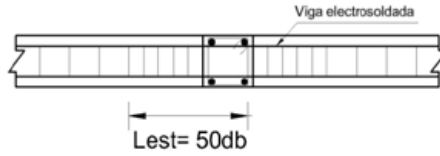


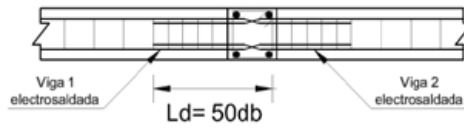
Figura 32: Construcción de la viga de confinamiento ([Brzev, 2008](#))

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

Reforzamiento continuo en vigas
con traslape en cabeza de columna



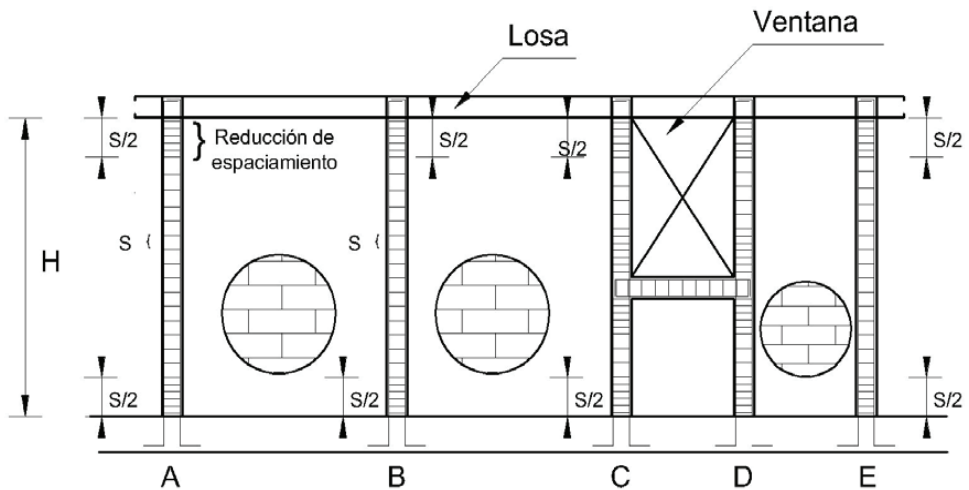
Reforzamiento con traslape en
cabeza de columna



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

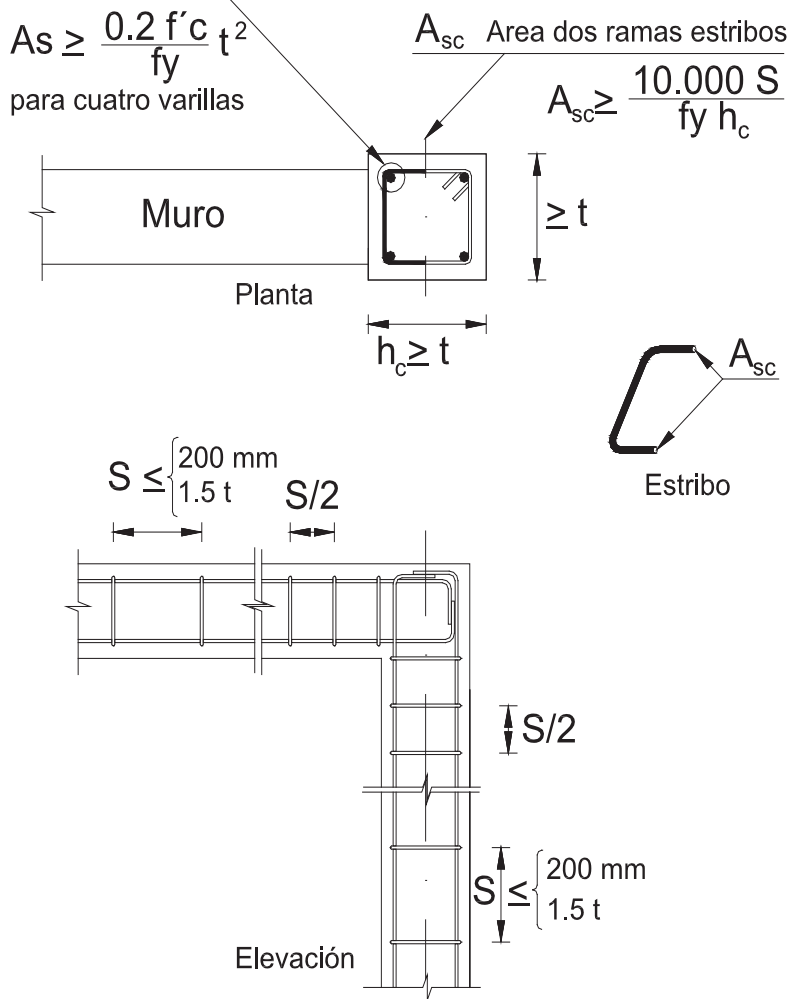


Figura 35: Detallamiento para columnas de confinamiento

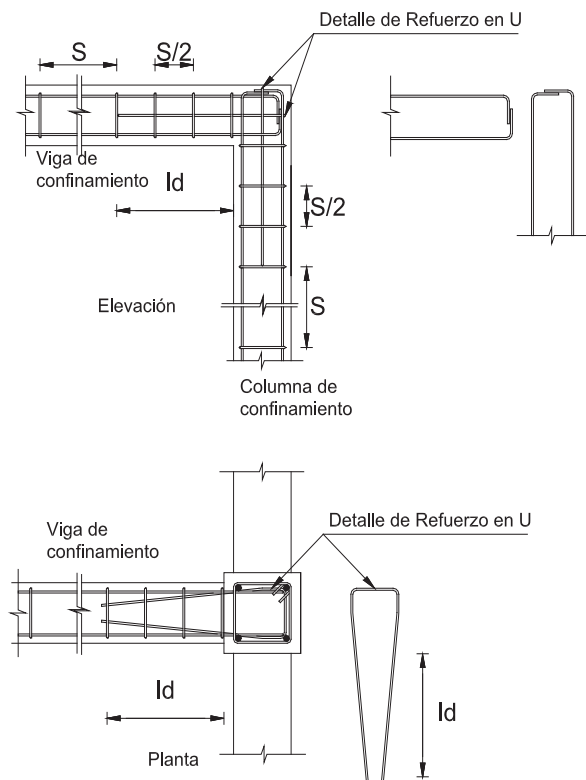


Figura 36: Detallamiento para vigas de confinamiento (riostros)

Cuando se emplee acero de refuerzo (longitudinal ó transversal) con esfuerzo de fluencia especificado mayor que 420 MPa (4200 kg/cm^2) las cuantías de acero calculadas se podrán reducir multiplicándolas por $420 / f_y$, en MPa ($4200 / f_y$, en 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 cm². 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 kg/cm^2) las cuantías de acero calculadas se podrán reducir multiplicándolas por $420 / f_y$, en MPa ($4200 / f_y$, en 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.

7.5. Método simplificado de análisis sísmico para mampostería confinada

7.5.1. Alcance

Este método también puede ser utilizado también para sistemas estructurales basados en mampostería armada y para estructuras con muros de hormigón armado, con limitación de hasta 2 pisos.

7.5.2. Descripción

El método de análisis simplificado que permite verificar que en cada entrepiso, la suma de las resistencias al corte de los muros de carga en la dirección de análisis, sea igual ó mayor que la fuerza cortante sísmica que actúa sobre dicho entrepiso.

Es decir, éste método permite comparar la demanda sísmica expresada como cortante en la base de la estructura y la capacidad a corte de los muros, sin considerar la participación de los elementos de confinamiento.

Limitación: la aplicación de este método está limitada a edificaciones con una distribución uniforme de masas y rigidez, regularidad en elevación, así como a aquellas en que se garantice la acción de diafragma rígido del sistema de piso.

Edificaciones de mampostería confinada que no cumplan con los requisitos de la sección [7.5.3](#) deberán cumplir con los requisitos de la sección [7.6](#).

7.5.3. Requisitos mínimos para la aplicación del método simplificado

La aplicación del método simplificado de análisis sísmico para viviendas exige que se cumpla con los siguientes requisitos:

- En la primera planta, al menos el 75% de las cargas gravitacionales deben estar soportadas por los muros, las que deberán encontrarse ligadas entre sí mediante la losa de entrepiso lo suficientemente resistentes y rígidos al corte.
- La relación entre la longitud y ancho de la planta de la vivienda no excederá de 1:3.
- En todos los pisos y en ambas direcciones, al menos se colocarán dos muros perimetrales de carga paralelos entre sí. Cada uno de estos muros deberá tener una longitud mayor ó igual que el 50% de la dimensión de la planta de la edificación en la dirección de análisis. (véase la [Figura 37](#))

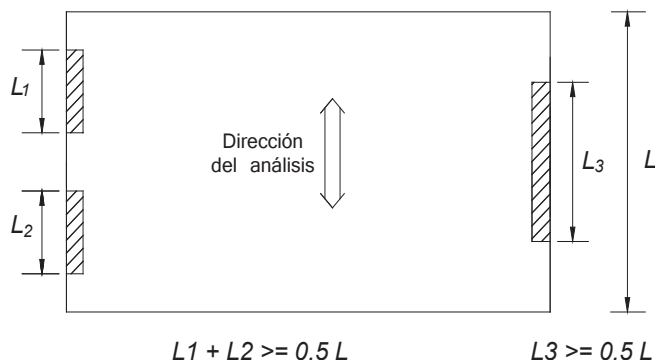


Figura 37: Disposición de muros perimetrales

Los muros deberán tener una distribución sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales; para ello, la excentricidad torsional calculada estáticamente (e_s) no debe exceder del 10% de la dimensión en planta (**B**) de la vivienda en la dirección paralela a dicha excentricidad (véase la [Figura 38](#)). La excentricidad torsional e_s puede ser calculada como el cociente del valor absoluto de la suma algebraica del momento de las áreas efectivas de los muros, con respecto al centro de cortante del entrepiso, dividida por el área efectiva total de los muros orientados en la dirección de análisis. El área efectiva es el producto del área bruta de la sección transversal del muro (A_T) y el factor F_{AE} definido como:

$$F_{AE} = 1 ; \quad \text{si } \frac{H}{L} \leq 1.33$$

$$F_{AE} = \left(1.33 \frac{L}{H}\right)^2 \quad \text{si } \frac{H}{L} > 1.33$$

Dónde:

H Altura libre de la pared

L Longitud efectiva del muro.

F_{AE} Factor de modulación de A_T

A_T Área efectiva es el producto del área bruta de la sección transversal del muro

Si la excentricidad torsional (e_s) excede del 10% de la dimensión en planta (**B**) de la vivienda en cualquiera de las dos direcciones de análisis, el profesional no debe llevar a cabo el análisis simplificado.

$$e_{s,j} = \frac{|\sum_{i=1}^n X_i \cdot F_{AEi} \cdot A_{Ti}|}{\sum_{i=1}^n F_{AEi} \cdot A_{Ti}} \leq 0.1 B_j$$

Dónde:

A_T Área bruta de la sección transversal del muro ó segmento de muro, en m^2 .

B Dimensión en planta del entrepiso, medida paralelamente a la excentricidad torsional estática (m)

F_{AE}	Factor de área efectiva de los muros portantes
X	Distancia entre el centro de cortante del entrepiso y el muro de interés, con signo, ortogonal a la dirección de análisis, usada para calcular la excentricidad torsional estática, en metros.

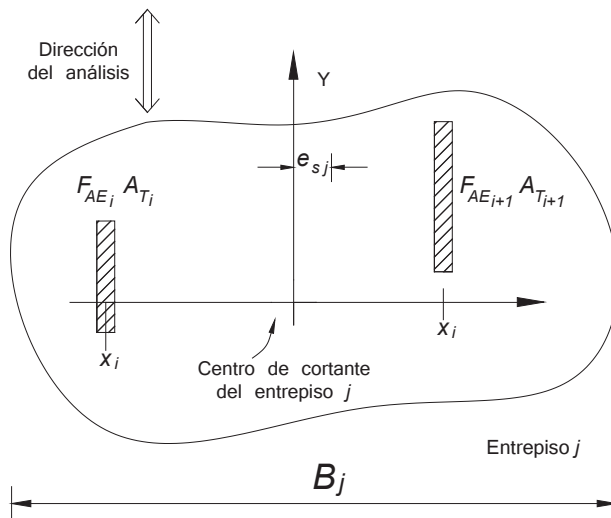


Figura 38: Requisito de excentricidad torsional para considerar una distribución simétrica de los muros en una dirección

7.5.4. Procedimiento para la aplicación del método simplificado de análisis sísmico

Este método se basa en el diseño por resistencia, por lo que las fuerzas actuantes, deberán ser menores que la resistencia disponible del sistema estructural sismo resistente, calculado como se indica a continuación.

a. Determinación del cortante resistente

Este método se basa en suponer que la fuerza que se genera por efecto del sismo, en cada entrepiso y en cada dirección, se distribuye entre los muros alineados en dicha dirección, en forma proporcional al área de cada muro. De esta manera el esfuerzo cortante medio sobre cada muro es el mismo y la fuerza cortante resistente del entrepiso se puede determinar así:

$$V_R = (\sum A_m) v_m$$

Dónde:

V_R Fuerza cortante resistente.

$\sum A_m$ Suma de las áreas transversales de los muros en la dirección considerada

v_m Resistencia a cortante de la mampostería.

Para tomar en cuenta la menor rigidez de los muros cortos, en los que la relación entre la altura H y la longitud L , excede de 1.33, la contribución de estos se reduce multiplicándola por el factor:

$$F_{AE} = \left(1.33 \frac{L}{H}\right)^2$$

Esta reducción puede efectuarse afectando el área de los muros por el coeficiente F_{AE} , de manera de obtener un área efectiva de muros para propósito de su contribución a la resistencia sísmica.

El esfuerzo cortante resistente de la mampostería v_m^* calculado sobre el área neta, no debe exceder de 1.5kg/cm² (0.20MPa) ó 0.30 f'_m .

De acuerdo con este método la resistencia a cortante de la estructura puede ser revisada determinando la resistencia a cortante global de la estructura por medio de la ecuación:

$$V_{MR} = F_R(\sum A_t)(0.5v_m^* + 0.3f_a) \leq 1.5F_Rv_m^*(\sum A_T)$$

Dónde:

F_R Factor de reducción de resistencia, igual a 0.7;

v_m^* Resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería;

A_T Área bruta de la sección transversal del muro que incluye a los elementos de confinamiento;

$\sum A_T$ Sumatoria de las áreas brutas de las secciones transversales de los muros;

f_a Esfuerzo ocasionado por la carga axial mínima probable en el entrepiso, igual a la carga total dividida entre las áreas de los muros;

V_{MR} Resistencia lateral de la estructura.

No se considerará incremento alguno de la fuerza cortante resistente por efecto de los elementos confinados. La resistencia a cargas laterales será proporcionada por la mampostería.

Por medio de este método se permite ignorar:

- los efectos de flexión en los muros, lo que implica que los elementos de confinamiento pueden ser reforzados con el acero mínimo.
- los efectos de torsión.

7.6. Diseño detallado de análisis sísmico de mampostería confinada

7.6.1. Alcance

Las estructuras de mampostería de muros confinados de más de 2 pisos, ó aquellas que no cumplen las condiciones para la aplicación del método simplificado se deben analizar y diseñar en base a un método de análisis racional de acuerdo a los requisitos de dados en esta sección:

7.6.2. Valores de ϕ

Deben emplearse los siguientes valores:

Solicitaciones	Factores de reducción de resistencia ϕ
Carga axial de compresión, con ó sin flexión	0.70
Carga axial de tracción	0.90
Flexión sin carga axial	0.90
Cortante	0.60

7.6.3. Hipótesis de diseño

Deben tenerse en cuenta las siguientes suposiciones en el diseño de muros de mampostería confinada:

- Debe considerarse en el caso de mampostería de muros confinados, que el muro es un elemento homogéneo que incluye la porción de mampostería y los elementos de confinamiento.
- Para efectos de aplicar las características dimensionales efectivas indicadas en la sección [7.5.3](#) debe considerarse que los elementos de confinamiento son equivalentes a celdas inyectadas con mortero de relleno.

7.6.4. Diseño para carga axial de compresión

El muro, globalmente, debe verificarse para las cargas axiales de compresión, de acuerdo con lo indicado en la sección [7.5.4](#). El área de refuerzo a emplear allí, corresponde a la del acero longitudinal de las columnas de confinamiento.

Cuando los procedimientos de diseño requieren que se verifiquen las resistencias axiales de los elementos de confinamiento, pueden emplearse las siguientes resistencias:

- Resistencia nominal a compresión axial, P_{nc}

$$P_{nc} = 0.80 \left[0.85 f'_c (A_{ci} - A_{st}) + f_y A_{st} \right]$$

Dónde

A_{ci}	Área de la sección de la columna de confinamiento i (mm ²)
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 (mm ²)
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)
f'_c	Resistencia especificada a la compresión del concreto (MPa)

- Resistencia nominal a tracción axial, P_{nt}

$$P_{nt} = -f_y A_{st}$$

Dónde:

P_{nt}	Resistencia nominal a tracción axial (N)
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)
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 (mm ²)

- La resistencia nominal a compresión de la mampostería solo, P_{nd} , sin contribución de los elementos de confinamiento, está definida por:

$$P_{nd} = 0.80(0.85 f'_m A_{md}) R_e$$

Dónde:

P_{nd}	Resistencia nominal a compresión de la mampostería sola
f'_m	Resistencia especificada a la compresión de la mampostería (MPa)
A_{md}	Área de la sección de mampostería (mm ²)
R_e	Coefficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión. Se obtiene por medio de: $R_e = 1 - [h^3/40t]^3$

7.6.5. Diseño del muro en la dirección perpendicular a su plano

Los requisitos de esta sección se emplean para el diseño por el método del estado límite de resistencia, de muros de mampostería confinada para el efecto de las cargas horizontales perpendiculares al plano del muro, además de las fuerzas verticales que actúan sobre el muro.

a. Resistencia a flexo-compresión

La resistencia a flexión del muro producida por fuerzas horizontales perpendiculares a su propio plano, debe evaluarse con base a los siguientes requisitos:

- La resistencia a flexo-compresión es contribuida únicamente por las columnas de

confinamiento.

- Como ancho efectivo, **b**, debe tomarse únicamente el de las columnas de confinamiento, medido en la dirección del muro.
- El diseño se realiza en su totalidad de acuerdo con los requisitos de hormigón reforzado del [ACI 318](#).
- La carga axial, **P_u**, sobre el elemento de confinamiento debe considerarse como el doble de la que se obtiene proporcionalmente a las áreas de mampostería y de columnas de confinamiento, a menos que se realice un análisis más detallado, teniendo en cuenta las relaciones modulares y la posición de las cargas que la inducen.

b. Diseño a flexo-compresión del muro en la dirección paralela a su plano

Los requisitos de esta sección se emplean para el diseño a flexo-compresión por el método del estado límite de resistencia de muros de mampostería confinada, para el efecto de las cargas horizontales paralelas al plano del muro, además de las fuerzas verticales que actúan sobre él. El diseño puede realizarse por uno de los dos procedimientos dados a continuación.

Resistencia a flexo-compresión despreciando la contribución de la mampostería

En este procedimiento se desprecia la contribución de la mampostería a la resistencia a flexo-compresión del muro.

En cada una de las columnas de confinamiento del muro deben cumplirse las siguientes condiciones:

$$P_{uc} \leq \phi P_{nc}$$

$$P_{ut} \geq \phi P_{nt}$$

Dónde:

P_u Carga axial

P_{uc} Fuerzas axiales máximas solicitadas de compresión

P_{ut} Fuerzas axiales máximas solicitadas de tracción

P_{nc} Resistencia nominal a compresión axial

P_{nt} Resistencia nominal a tracción axial

Ø Factor de reducción de resistencia

Cuando se trata de un muro confinado que únicamente tiene dos columnas de confinamiento iguales en sus bordes, las ecuaciones se simplifican a:

$$P_{uc} = \frac{P_u}{2} + \Delta P_u$$

$$P_{ut} = \frac{P_u}{2} - \Delta P_u \leq 0$$

Dónde:

P_u y ΔP_u son siempre positivas y ΔP_u se obtiene por medio de la siguiente ecuación

$$\Delta P_u = \frac{M}{l_w}$$

M Momento actuante que ocurre simultáneamente con **V**

V Fuerza cortante actuante que ocurre simultáneamente con **M**

l_w Longitud horizontal del muro (mm), o longitud horizontal total del muro, medida centro a centro entre columnas de confinamiento de borde

Deben calcularse las fuerzas axiales máximas solicitadas, de compresión P_{uc} y de tracción P_{ut} , sobre cada una de las columnas de confinamiento, por medio de las ecuaciones siguientes.

$$P_{uc} = \frac{A_{ci}}{A_{ct}} P_u + \Delta P_{ui}$$

$$P_{ut} = \frac{A_{ci}}{A_{ct}} P_u - \Delta P_{ui} \leq 0$$

Dónde:

A_{ci} Área de la sección de la columna de confinamiento i (mm²)

A_{ct} Área total de las columnas de confinamiento del muro (mm²)

P_u Carga axial

P_{uc} Fuerzas axiales máximas solicitadas de compresión

P_{ut} Fuerzas axiales máximas solicitadas de tracción

ΔP_{ui} se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta P_{ui} = \left| \frac{M_u A_{ci} (x_i - \bar{x})}{I_{ct}} \right|$$

$$A_{ct} = \sum_i A_{ci}$$

A_{ct} Área total de las columnas de confinamiento del muro (mm²)

I_{ct}	Momento de inercia de las columnas de confinamiento del muro, con respecto a su centroide (mm^4)
x_i	Distancia de la columna de confinamiento i al borde del muro (mm)
$\bar{x}$	Distancia al borde del muro del centroide de las áreas de todas las columnas de confinamiento del muro (mm)
$\bar{x} = \frac{\sum_i A_{ci} x_i}{A_{ct}}$	
$I_{ct} = \sum_i A_{ci} (x_i - \bar{x})^2$	

P_u y ΔP_{ui} son siempre positivas

Resistencia a flexo-compresión teniendo en cuenta la contribución de la mampostería

El momento de diseño solicitado M_u que acompaña la carga axial P_u debe cumplir la condición dada por la ecuación siguiente, para el nivel de carga P_u .

$$M_u \leq \Phi M_n$$

Dónde:

M_n Resistencia nominal a flexión

M_u Momento mayorado solicitado de diseño del muro

M_n se obtiene teniendo en cuenta la interacción entre momento y carga axial, los cuales permiten calcular un diagrama de interacción del muro, empleando el coeficiente de reducción de resistencia ϕ

7.6.6. Diseño a cortante del muro en la dirección paralela a su plano

En la mampostería de muros confinados toda la fuerza cortante sobre el muro debe ser tomada por la mampostería y se supone que no hay contribución a la resistencia a cortante por parte de los elementos de confinamiento. La resistencia de diseño solicitada, V_u , debe cumplir la siguiente condición:

$$V_u \leq \phi V_n$$

Dónde:

V_n Fuerza cortante resistente nominal del muro (N)

V_u Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N)

La resistencia normal a cortante por tracción diagonal, se obtiene de:

$$V_n = \left(\frac{1}{12} \sqrt{f'_m} + \frac{P_u}{3A_e} \right) A_{mv} \leq \frac{1}{6} \sqrt{f'_m} A_{mv}$$

Dónde:

A_e	Área efectiva de la sección de mampostería (mm ²)
A_{mv}	Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm ²)
f'_m	Resistencia especificada a la compresión de la mampostería (MPa)
P_u	Carga axial (N)
V_n	Fuerza cortante resistente nominal del muro (N)

P_u en este caso, es la carga axial mayorada que actúa simultáneamente con la máxima fuerza cortante mayorada solicitada.

7.6.7. Verificación por aplastamiento del alma del muro

Debe verificarse que el paño de muro enmarcado por las vigas y columnas de confinamiento, no falle por aplastamiento. Para el efecto se considera una biela de compresión en la diagonal del muro, la cual tiene un ancho efectivo igual que 1/5 de la longitud de la diagonal.

Debe cumplirse la condición:

$$P_{ud} \leq \phi P_{nd}$$

Dónde:

P_{nd}	Resistencia nominal a compresión de la mampostería sola
P_{ud}	Fuerza axial que actúa sobre la biela diagonal del muro (N)
Ø	Factor de reducción de resistencia

La fuerza axial que actúa en la diagonal, P_{ud}, se obtiene por medio de:

$$P_{ud} = \frac{h'}{l_w} V_u$$

Dónde:

h'	Longitud de la diagonal del paño de muro entre elementos de confinamiento
l_w	Longitud total del muro sobre el cual actúa el cortante horizontal de diseño solicitado V _u .
P_{ud}	Fuerza axial que actúa sobre la biela diagonal del muro (N)

V_u	Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N)
-------	--

La resistencia nominal al aplastamiento se obtiene por medio de la ecuación de la sección [7.5.3](#), allí hay que emplear una longitud para evaluación de pandeo h' igual que la dimensión de la diagonal del muro en el paño en estudio y un espesor efectivo para pandeo t , igual al espesor del muro.

El área de la biela de compresión A_{md} es igual al ancho efectivo de la biela, $h'/5$, multiplicada por el espesor efectivo del muro, b , para efectos en la dirección paralela al plano del muro.

7.6.8. Verificación a cortante en los elementos de confinamiento del muro

Los elementos de confinamiento reciben la fuerza de la biela de compresión en la esquina de intersección entre vigas y columnas de confinamiento, por lo tanto hay necesidad de verificar que están en capacidad de resistir como fuerza cortante aplicada, transversal al eje longitudinal del elemento de confinamiento, al menos una fuerza cortante igual a la mitad de la componente correspondiente de la fuerza de compresión que actúa sobre la biela.

Debe cumplirse:

$$V_{uc} \leq \phi V_{nc}$$

Dónde:

V_{nc} Fuerza cortante resistente nominal para una sección de concreto reforzado (N)

V_{uc} Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño que actúa sobre las columnas de confinamiento cerca a la intersección con la viga de confinamiento (N)

ϕ Factor de reducción de resistencia

V_{nc} para elemento de confinamiento debe calcularse de acuerdo con los requisitos del Código [ACI 318](#).

La fuerza cortante actuante, V_{uc} , se calcula mediante las ecuaciones siguientes:

Sobre la columna de confinamiento:

$$V_{uc} = \frac{l_c}{2l_w} V_u$$

Sobre la viga de confinamiento:

$$V_{uc} = \frac{h_p}{2l_w} V_u$$

Dónde:

h_p Altura del piso localizado por encima del elemento bajo estudio, medida centro a centro entre

	vigas de confinamiento (mm)
l_c	Distancia horizontal entre columnas de confinamiento, medida centro a centro, para el paño de muro confinado bajo estudio (mm)
l_w	Longitud total del muro sobre el cual actúa el cortante horizontal de diseño solicitado V_u .
P_{ud}	Fuerza axial que actúa sobre la biela diagonal del muro (N)
V_u	Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N)
V_{uc}	Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño que actúa sobre las columnas de confinamiento cerca a la intersección con la viga de confinamiento (N)

7.6.9. Diseño del acero longitudinal de la viga de confinamiento

La componente horizontal de la biela de compresión que actúa en la diagonal del muro debe ser resistida como fuerza de tracción en la viga de confinamiento que llega a la misma esquina del paño del muro donde actúa la biela de compresión. Esta fuerza de tracción es igual a la fuerza cortante que lleva el paño de muro, por lo tanto:

$$P_{ut} = -\frac{l_c}{l_w} V_u$$

Dónde:

l_c	Distancia horizontal entre columnas de confinamiento, medida centro a centro, para el paño de muro confinado bajo estudio (mm)
l_w	Longitud total del muro sobre el cual actúa el cortante horizontal de diseño solicitado V_u .
P_{ut}	Fuerzas axiales máximas solicitadas de tracción (N)
V_u	Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N)

La fuerza axial de tracción sobre la viga de confinamiento debe ser resistida en su totalidad por el acero de refuerzo longitudinal de la viga:

$$-P_{ut} \leq -\phi P_{nt}$$

Dónde:

P_{nt}	Resistencia nominal a tracción axial (N)
P_{ut}	Fuerzas axiales máximas solicitadas de tracción (N)
ϕ	Factor de reducción de resistencia

7.7. Disposiciones constructivas

7.7.1. Tuberías y Ductos

Los proyectos de instalaciones deben hacerse de tal forma que la colocación y las eventuales reparaciones puedan materializarse sin dañar la mampostería.

Las tuberías y ductos no deben colocarse a lo largo de los huecos de las unidades de mampostería que llevan armaduras.

Los muros solo se pueden picar para alojar la tubería y los ductos, en la medida que se cumpla simultáneamente con lo siguiente:

- Los muros deben estar contruidos con unidades macizas ó unidades huecas verticales con relleno total de estos huecos.
- El recorrido de la instalación es vertical y solo se extiende al 50% ó menos de la altura del muro.
- La profundidad de la perforación es igual ó menor que $1/5$ del espesor del muro.

7.7.2. Trabado de mampuestos

Las fórmulas y procedimientos de cálculo especificados en esta norma se aplican solo si las unidades de mampostería se colocan formando juntas verticales discontinuas, de modo que la longitud de la traba sea igual ó mayor que $1/4$ de la longitud de la unidad de mampostería.

En los muros que forman parte de la estructura resistente del edificio, no se deben colocar las unidades en posición de canto.

7.7.3. Colocación del hormigón en los elementos de confinamiento

Para lograr una buena trabazón entre los paños de mampostería y las columnas y vigas de confinamiento de hormigón armado, se deben construir preferentemente, primero los paños de mampostería y luego se coloca el hormigón en los elementos de confinamiento.

La trabazón debe materializarse mediante un endentado de los bordes verticales del paño de mampostería ó con conectores hechos con barras redondas para hormigón armado ubicados en las juntas horizontales del mortero.

La separación entre los conectores (chicotes) debe ser igual o menor que tres hiladas y/o cada 60 cm, 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.

Los conectores (chicotes) deben anclarse en ambos extremos cumpliendo las longitudes de anclaje establecidas en al [ACI 318](#).

7.7.4. Protección y curado de los muros

Se debe curar el mortero de las juntas de la mampostería con agua.

Durante la construcción de los muros debe evitarse cualquier acción externa que pueda agrietar la mampostería.

7.7.5. Planos y especificaciones

Los planos estructurales deben indicar las especificaciones de la unidad de mampuestos, del mortero, de la unidad de mampostería, del hormigón, de la armadura de refuerzo y de todo material requerido, estableciendo claramente las resistencias básicas de los materiales utilizados.

Los planos deben indicar el detalle de los empalmes de las armaduras; como mínimo deben indicarse los siguientes casos:

- Encuentro de vigas confinantes en dos direcciones.
- Encuentro de viga con losa.
- Encuentro de columnas confinantes con vigas confinantes.

7.8. Inspección y control de obras de mampostería confinada

7.8.1. Control de Obra

Este control se aplica a cada proyecto de una obra y a cada empresa que participa en la ejecución de la obra.

7.8.2. Programa de ensayos

a. Mortero

Para control de la resistencia de compresión deben tomarse como mínimo tres muestras por cada 500 m² ó superficie menor de muro edificada, pero no menos de una muestra por cada piso construido.

Cada muestra debe estar compuesta por tres cubos, las que deben confeccionarse y ensayarse de acuerdo a la norma [ASTM C 109](#); al menos dos de estos dos cubos deben ensayarse a los 28 días.

b. Unidades de mampostería

El control de las unidades debe hacerse de acuerdo con la [NEC-SE-MP](#).

Debe tomarse como mínimo tres muestras de cada 2500 m² de muros o fracción inferior; cada muestra debe estar compuesta por un prisma ó murete, de los que deben ensayarse a los 28 días según lo indicado en la [NEC-SE-MP](#). El valor obtenido de cada uno de estos ensayos constituye el resultado de la muestra.

Se eximen de los controles anteriores las viviendas individuales que cumplan simultáneamente las condiciones siguientes:

- Tener una superficie inferior a 100m²;
- Tener un número de pisos igual o menor que dos;
- Ser construida bajo la supervisión del proyectista, quien certificará la calidad de la ejecución;
- No formar parte de un conjunto de viviendas.

c. Criterio de aceptabilidad

El criterio de aceptabilidad considera el resultado de tres muestras y es el siguiente:

$$\frac{\bar{x}-f}{s_e} \geq 0.958$$

Dónde:

$\bar{X}$

Valor promedio de los resultados de las tres muestras

$$s_e = \sqrt{0,5 * \sum_{j=1}^3 (x_j - \bar{X})^2}$$

Desviación normal estimada de los resultados de las tres muestras

f

Resistencia del proyecto especificada en los planos de cálculo

NOTA: si el lote estuviera formado por otro número de muestras, se aplica la expresión anterior salvo el factor estadístico, el que se debe elegir en NCh1208 norma chilena Control de Calidad – Inspección por Variables – Tablas y Procedimientos de Muestreo para el nivel de calidad aceptable de 4%.

d. Archivo de resultados

Los resultados de antecedentes de los resultados y sus evaluaciones deben estar a disposición de la inspección y/o supervisión de la obra durante la ejecución de los trabajos.

El archivo correspondiente debe permanecer disponible cinco años en el poder del profesional responsable del proyecto.

7.8.3. Mano de Obra Calificada

La mano de obra empleada en las construcciones de mampostería confinada debe ser calificada de acuerdo a las categorías vigentes.

7.8.4. Inspección de obra

Debe supervisarse el cumplimiento de las disposiciones de construcción indicadas en esta norma.

Además se debe supervisar que:

- El contenido de humedad de los bloques de hormigón debe cumplir con lo establecido en la norma respectiva, condición que debe mantenerse hasta el momento en que se usan estas unidades;
- Las juntas, horizontales y verticales, queden completamente llenas de mortero;
- El espesor de las juntas de mortero sea el mínimo que permita una capa uniforme de mortero y la alineación de las unidades de mampostería;
- No se atente contra la integridad del muro recién asentado;
- No se produzca nidos de piedras al colocar el hormigón de los elementos de confinamiento;
- Las juntas de hormigonado entre un pilar y una cadena queden bien ejecutadas;
- Se asegure que las armaduras de refuerzo de los elementos de confinamiento se mantengan en la posición indicada en los planos para que el recubrimiento, la separación y los traslapes sean los especificados.

8. Diseño de muros portantes y losas de hormigón y mortero armado

8.1. Alcance

En esta sección se define la metodología de diseño y construcción con muros portantes y losas de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno, mampostería ó con alma hueca.

8.2. Hipótesis preliminares

Para el diseño, es práctico asimilar las secciones transversales del sistema de muros portantes ó losas, a secciones homogéneas de hormigón armado.

Para la verificación de la resistencia a la compresión centrada ó excéntrica de muros, el espesor de la sección considerada, resulta de la suma de los espesores de cada una de las capas de mortero armado u hormigón armado tomando en cuenta la separación existente entre ellas.

Para el diseño de estos elementos, es apropiado asumir las hipótesis de flexo-compresión, bajo el principio de Navier-Bernoulli.

8.3. Límite de aplicabilidad

El sistema de muros portantes de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno, mampostería ó alma hueca, podrá aplicarse a edificaciones de 2 pisos para alcance de este capítulo de la presente norma y deberá referirse a las [NEC-SE-DS](#) y [NEC-SE-HM](#) para realizar el diseño en edificaciones de mayor altura. Las consideraciones analizadas en dichos capítulos son válidas siempre que se tome en cuenta en el análisis estructural una sección equivalente de mortero u hormigón armado igual a la suma de los espesores de sus capas resistentes exteriores. Y se considerará el espesor del alma más el espesor de las capas resistentes exteriores para su análisis a flexo-compresión.

Para el caso especial, en que sea necesario modificaciones, ampliaciones y/o reducciones de la estructura, éstas serán evaluadas por medio de un análisis estructural.

Toda aplicación adicional de muros portantes de mortero armado u hormigón armado, no considerada en esta norma, deberá someterse a un análisis estructural especializado.

Modificaciones a estructuras existentes

Se permiten las modificaciones en elevación de acuerdo a lo establecido en las secciones [3.3](#), [3.5](#) y [3.6](#). Es necesario un análisis estructural para verificar la resistencia a la acción sísmica en la estructura.

No se debe adicionar una estructura aporticada en los niveles superiores, debido a que la transmisión de cargas a lo largo de los muros es lineal y los sistemas aporticados transmiten cargas puntuales, salvo exista el aval técnico de un ingeniero estructural especializado para hacerlo.

No se recomiendan ampliaciones sobre estructuras aporticadas. En todo caso es importante analizar los cambios de rigideces que se pueden producir, para evitar generar pisos blandos ó rigidizaciones que afecten el comportamiento global de la estructura. Adicionalmente, se deberá garantizar el correcto anclaje de la superestructura.

Se permitirán los cambios en la disposición de los muros, si previo el análisis estructural realizado, se comprueba a satisfacción total, que la densidad de los muros y la distribución final de los mismos en los dos sentidos de análisis de la edificación, no afecta el comportamiento estructural de la misma ante la acción sísmica. Adicionalmente, se deberá garantizar el correcto anclaje entre los elementos de la estructura.

8.4. Sistemas constructivos típicos

Se ilustran a seguir los sistemas constructivos típicos con muros portantes y losas de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno, mampostería ó con alma hueca:

- Sistema con Malla electro-soldada y pasadores galvanizados y alma de poliestireno, la superficie recubierta con hormigón ó mortero
- Sistema con Malla soldada con núcleo de poliestireno revestido con tol expandido ó malla hexagonal para adherencia y recubierto con hormigón ó mortero
- Sistema con Malla soldada con alma hueca revestido con tol expandido ó malla hexagonal para adherencia y recubierto con hormigón ó mortero
- Sistema de mampostería revestida con malla electro-soldada y recubierta con hormigón ó mortero
- Sistema Ferrocemento, alma de malla electro-soldada revestida con malla hexagonal para adherencia y recubierta con hormigón ó mortero, según [ACI 549](#)

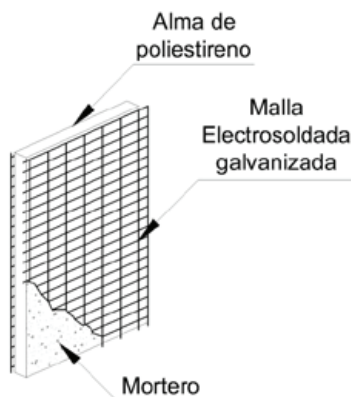


Figura 39: Sistema con Malla electro-soldada y pasadores galvanizados y alma de poliestireno, la superficie recubierta con hormigón ó mortero

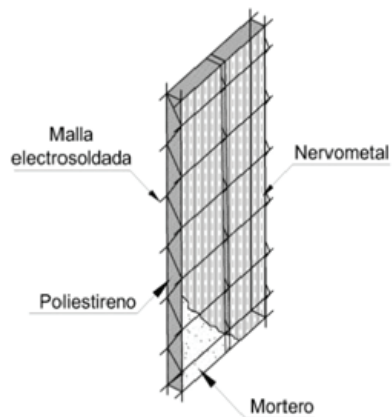


Figura 40: Sistema con Malla soldada con núcleo de poliestireno revestido con tol expandido ó malla hexagonal para adherencia y recubierto con hormigón ó mortero

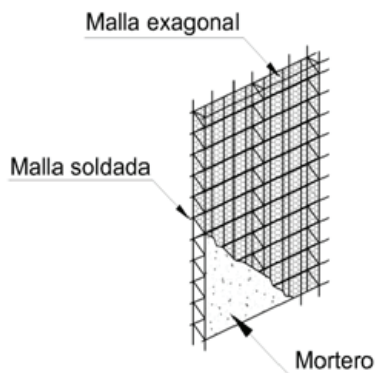


Figura 41: Sistema con Malla soldada con alma hueca revestido con tol expandido ó malla hexagonal para adherencia y recubierta con hormigón ó mortero

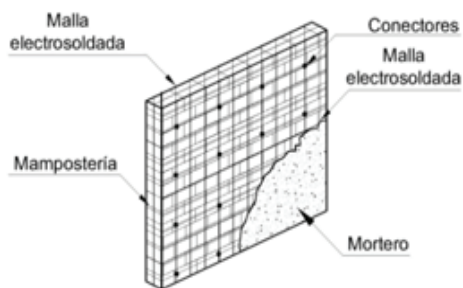


Figura 42: Sistema de mampostería revestida con malla electro-soldada y recubierta con hormigón ó mortero

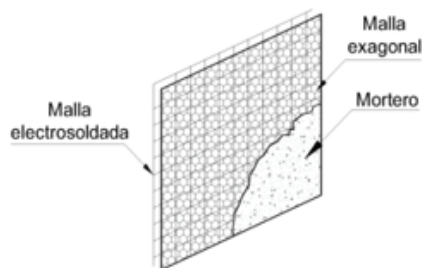


Figura 43: Sistema Ferrocemento, alma de malla electro-soldada revestida con malla hexagonal para adherencia y recubierta con hormigón ó mortero, según [ACI 549](#)

8.5. Diseño de elementos estructurales

8.5.1. Muros portantes

Los muros deben diseñarse para cargas excéntricas y cualquier carga lateral ó de otro tipo a las que estén sometidas.

Estos muros deben tener una cuantía mínima de acero de refuerzo vertical y horizontal, la misma que deberá verificarse si es suficiente para resistir las acciones externas. En caso de que esta cuantía mínima existente no sea suficiente habrá que adicionar refuerzo para absorber el diferencial.

8.5.2. Cimentaciones

El sistema de cimentación considerará el respectivo anclaje y podrán usarse vigas ó losas de cimentación para dicho propósito. Se admiten otros sistemas de cimentación como zapatas corridas ó mallas de cadenas, siempre y cuando se considere anclaje a la misma por medio de acero.

Los requisitos y consideraciones de diseño están especificados en la [NEC-SE-MP](#).

El diseño de estos elementos se rige a lo recomendado por el [ACI 318 Capítulos 8, 10,11 y 13](#).

8.5.3. Diseño por corte de muros

Estos elementos son diseñados bajo los requerimientos [de ACI 318 capítulo 11](#) y [NEC-SE-MP](#).

8.5.4. Diseño por flexo-compresión de muros

Los muros sometidos a carga axial ó combinación de carga axial y de flexión deben diseñarse como elementos en flexo-compresión de acuerdo con las disposiciones de [ACI 318](#) (numerales 10.2, 10.3, 10.10, 10.11, 10.12, 10.13, 10.14, 10.17, 14.2 y 14.3) y [NEC-SE-MP](#).

8.5.5. Análisis de flexión en losas

a. Conceptos de diseño

Para el análisis de losas se toman en cuenta los siguientes conceptos de diseño:

- El eje neutro de la sección solicitada en losas, permanece dentro de la capa de compresión;
- La cuantía de acero que resiste la tracción es tal que el diagrama de deformación de la sección se encuentra comprendido en los dominios de comportamiento dúctil;
- Para losas con alma de poliestireno, se considera que el estado de confinamiento del poliestireno expandido y la densidad de conectores permiten que exista una transferencia adecuada de tensiones.

El cálculo de las secciones compuestas puede realizarse de acuerdo a la teoría de los estados límites, según las hipótesis enunciadas anteriormente y considerando que las tensiones de tracción sean absorbidas por el acero de la capa en tracción.

El diseño de losas de acuerdo a la relación entre sus dos dimensiones principales, se basa en los requerimientos de los [capítulos 10 y 13](#) de [ACI 318](#).

b. Sistemas constructivos típicos con losas de mortero armado u hormigón armado

Se ilustran a seguir los sistemas constructivos con losas de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno, mampostería ó con alma hueca:

- Losa alivianada con nervios en dos direcciones
- Losa maciza de hormigón
- Losas alivianadas con bloques de poliestireno
- Losa alivianada con nervios en una dirección (requiere consideraciones particulares en el cálculo y diseño estructural)

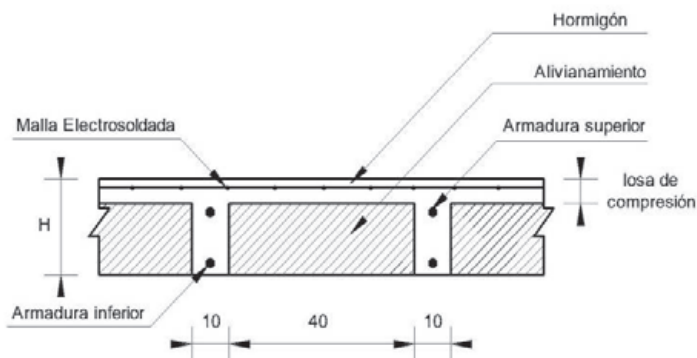


Figura 44: Losa alivianada con nervios en dos direcciones

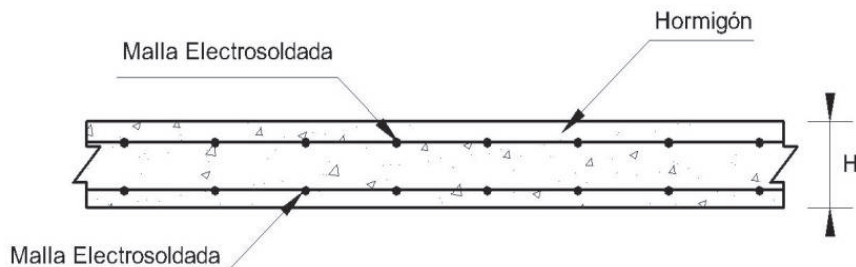


Figura 45: Losa maciza de hormigón

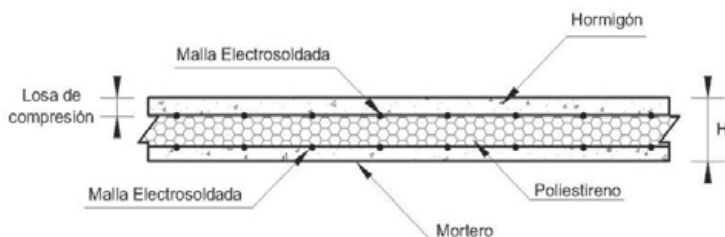


Figura 46: Losas alivianadas con bloques de poliestireno

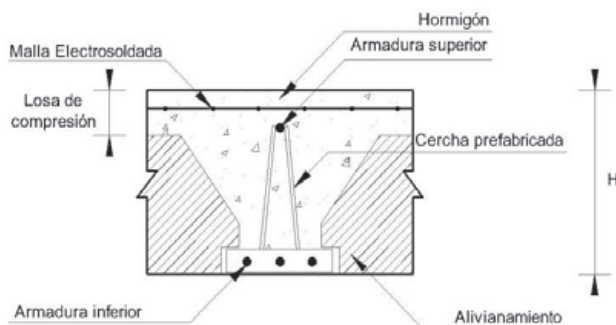


Figura 47: Losa alivianada con nervios en una dirección (requiere consideraciones particulares en el cálculo y diseño estructural)

8.6. Proceso constructivo y de instalación para el sistema de alma de poliestireno

El proceso constructivo y sus controles en obra, se detallan secuencialmente a continuación.

8.6.1. Cimentación

La cimentación del sistema está constituida por una losa de cimentación y/o vigas corridas, este tipo de cimentación puede ser aplicado sobre un mejoramiento del suelo, una vez realizado el estudio del mismo y de haber verificado que es aplicable.

Otros sistemas de cimentación son aplicables si se considera el anclaje de los paneles al sistema de cimentación de acuerdo a lo establecido por [ACI-318](#) donde el anclaje asegurará el panel de

muro prefabricado al sistema de cimentación.

Para anclar los muros elaborados con este sistema a la cimentación, se disponen barras de acero en forma alternada con una longitud de anclajes de 7 cm y 33 cm al muro, sumando un total aproximado de 40 cm en cada cara del panel, ó lo que determine el cálculo de acuerdo al epóxico que se utilice para realizar este anclaje dentro de la cimentación (ver [Figura 48](#) y [Figura 49](#)).

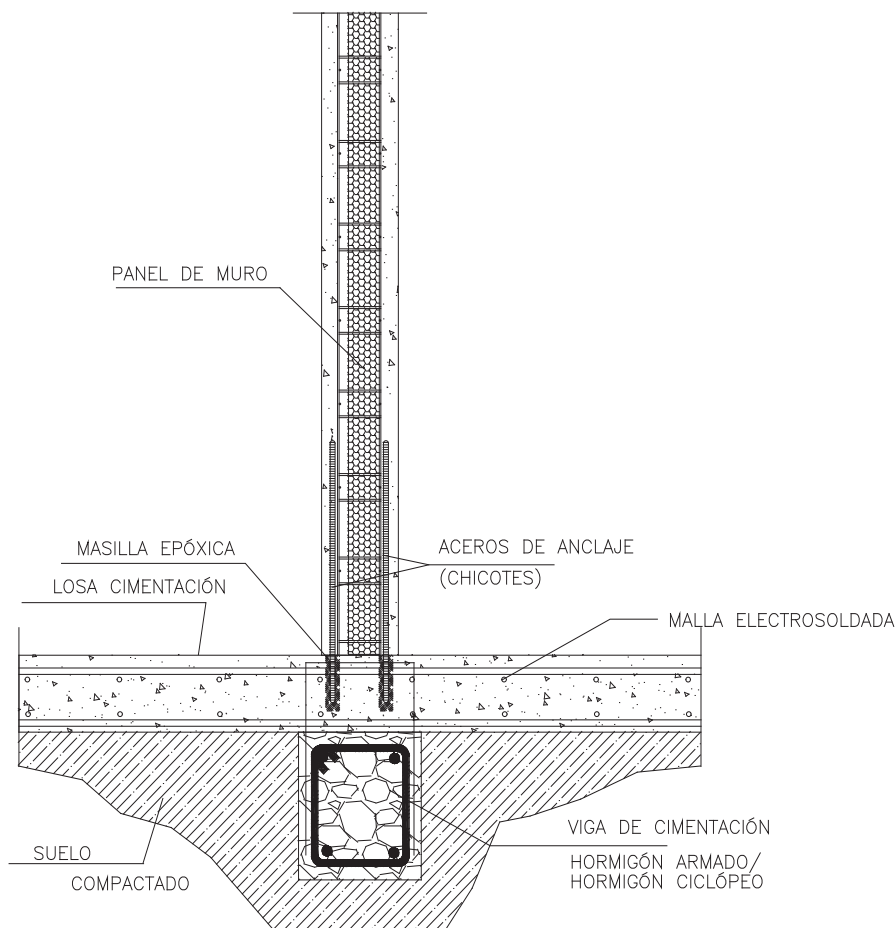


Figura 48: Esquema típico de anclaje

Control en obra:

- El volumen de excavaciones deben cumplir lo requerido por el cálculo estructural.
- Antes de verter el hormigón, se deberá verificar:
 - Cumplimiento de diseño, preparación, vaciado y curado del hormigón.
 - Realizar todas las instalaciones subterráneas y sus respectivas pruebas que garanticen su correcto funcionamiento.

- Verificar armaduras que se encuentren instaladas de acuerdo a los requerimientos estructurales.
- La superficie donde se asentará el panel deberá estar completamente limpia y a nivel.

8.6.2. Definición de ejes e instalación de anclajes

Para definir la línea de anclaje y la ubicación de los muros del sistema, se considera el espesor del panel y el espaciamiento entre los aceros de anclaje, como se observa en la [Figura 49](#).

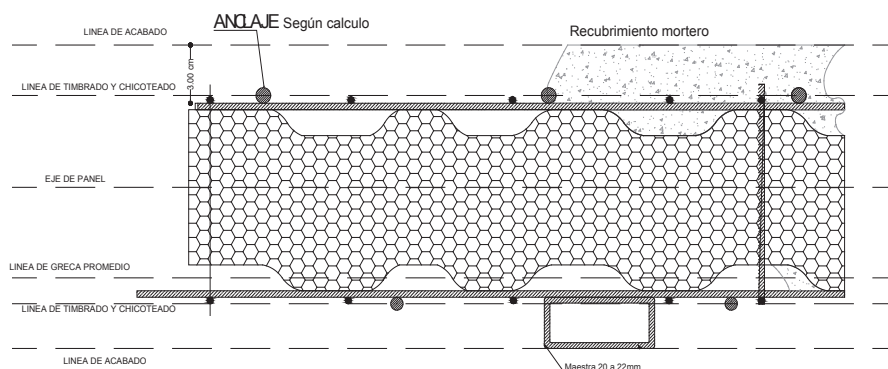


Figura 49: Definición de ejes

El diámetro, longitud de varilla de anclaje y la longitud de perforación y espaciamiento entre anclajes, en la cimentación estarán definidos por un análisis estructural.

El anclaje deberá ir siempre recubierto de mortero.

Control en obra:

- Revisar que se cumpla que el diámetro, longitud, ubicación y separaciones del anclaje, sea el requerido por el cálculo estructural.
- Revisar que se cumpla que el diámetro de la broca sea el correspondiente al diámetro de la varilla.
- Revisar que se cumplan las condiciones técnicas de instalación del epóxico de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- Antes de continuar con la siguiente actividad revisar replanteo.

8.6.3. Corte y montaje de paneles prefabricados de poliestireno

Por el peso ligero de los paneles prefabricados de poliestireno, su instalación es fácil, por lo tanto se la podría realizar manualmente.

Los paneles deben montarse desde una esquina de la edificación, agregándolos sucesivamente en los dos sentidos, buscando su apoyo en el sentido perpendicular a su plano y garantizando que se instalen dentro de las líneas de anclaje (véase la [Figura 50](#)).

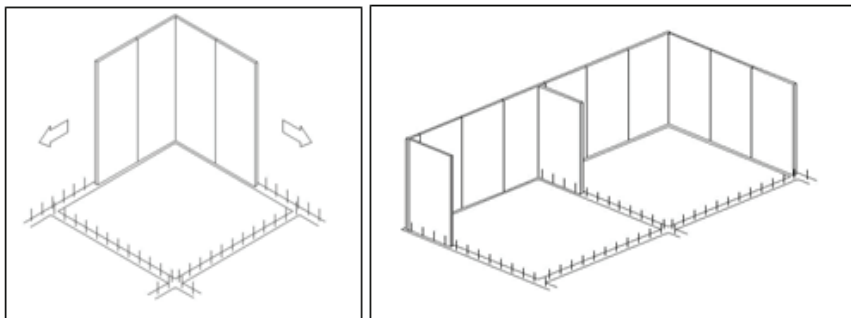


Figura 50: Proceso de Instalación

El corte del panel prefabricado de poliestireno para la conformación de boquetes, en puertas, ventanas y otros se lo realizará de preferencia antes de montarlo, con herramienta menor, incorporando equipo de protección personal como para todas las actividades.

Para fijar el acero de anclaje a la malla de los paneles y la malla de continuidad entre paneles, se deben seguir procedimientos de amarre mecánico o manual mediante entorchado de alambre, antes de la proyección del mortero u hormigón sobre el panel, según [ACI 318 Capítulo 7](#).

Para evitar el resalte del alambre de amarre en el mortero u hormigón proyectado se debe usar una longitud de alambre que permita suprimir extremos sobresalidos del mismo.

Control en obra:

- Revisar que se cumplan los cortes de paneles de acuerdo a lo requerido en los planos estructurales.
- Revisar que se cumpla la instalación de mallas de continuidad.
- Revisar que se cumpla que no existan resaltes y/o excesos de alambre, en el amarre del anclaje a la malla del panel prefabricado y entre paneles.

8.6.4. Aplome de muros y apuntalamiento de muros y losas

La tolerancia al desplome para muros con alineamiento vertical es de $\pm 1.5\%$ de la altura medida desde el nivel de piso terminado hasta el nivel inferior del entrepiso ó en su defecto el nivel donde termina el muro.

El apuntalamiento mínimo deberá ser tal que mantenga correctamente alineado y fijo el conjunto de paneles durante todo el proceso constructivo, con el fin de evitar movimientos de este conjunto durante la proyección del mortero u hormigón colocándose en una sola cara, de preferencia la interior.

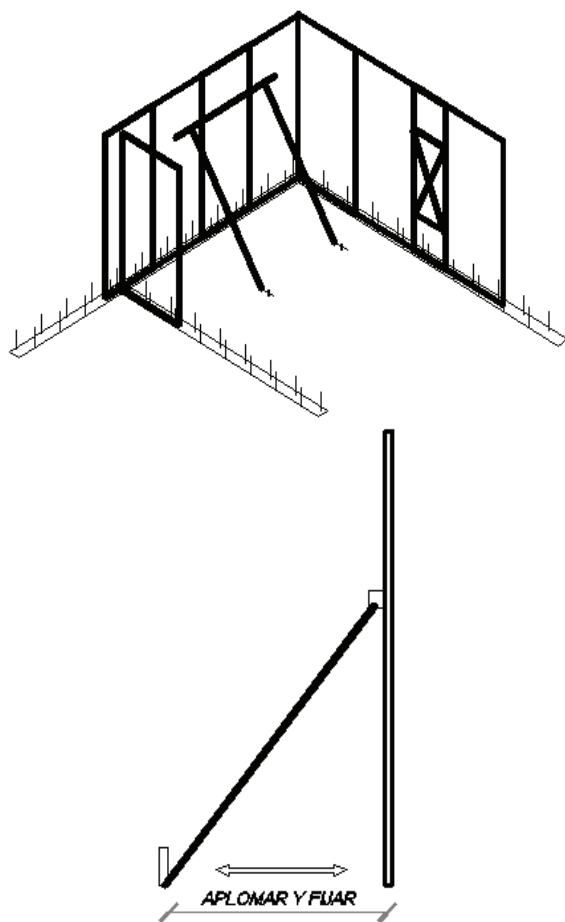


Figura 51: Apuntalamiento típico de muros

Una vez aplomados los muros de paneles prefabricados, se procederá a la colocación de los paneles prefabricados de losa, de acuerdo a lo especificado en los planos estructurales, ya sea sobre el muro (véase [Figura 51](#)), siempre con la utilización de la malla de continuidad.

Los refuerzos adicionales que se especifiquen en planos estructurales deberán ser colocados antes de la proyección del mortero u hormigón en muros y del vertido del hormigón en losas.

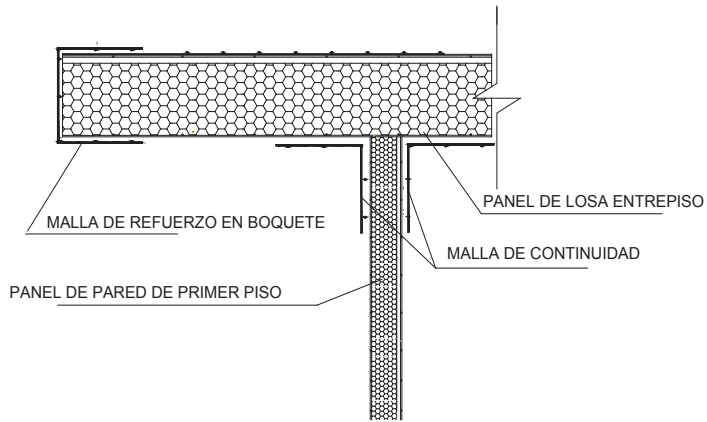


Figura 52: Instalación de panel de losa sobre muro

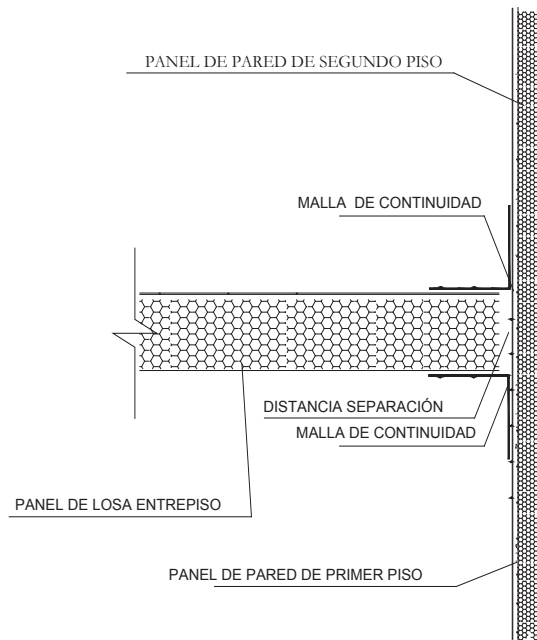


Figura 53: Instalación de panel de losa lateral al muro

Para el apuntalamiento del panel de losas se utilizarán puntales y viguetas cuya parte superior tenga un ancho de contacto con el panel de al menos 20 cm, los mismos que se colocarán máximo a 80 cm entre ejes, como se aprecia en la [Figura 54](#).

Se debe prever una contra flecha del 5‰ de la mayor luz.

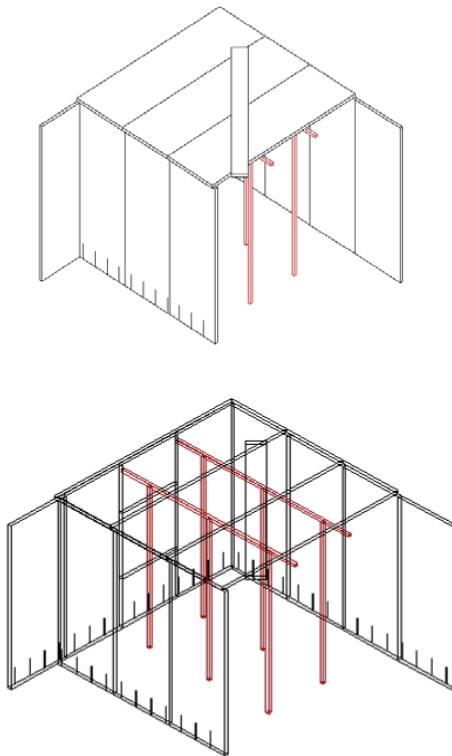


Figura 54: Apuntalamiento en losas

Control en obra:

- Revisar que se cumpla la alineación de muros en sus dos planos.
- Revisar la ubicación del panel prefabricado de losa, que se encuentre de acuerdo a lo requerido en planos estructurales.
- Revisar que se cumpla con la contraflecha indicada en planos estructurales.
- Revisar que se cumpla con el espaciamiento entre panel de losa y panel de muro, requerido en el plano estructural.
- Revisar que se cumpla con la instalación de mallas de continuidad y refuerzos estructurales requeridos en el cálculo.

8.6.5. Instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y especiales

Las instalaciones colocadas dentro del panel prefabricado muro y losa, deberán estar embebidas en el poliestireno antes de la proyección del mortero y vertido del hormigón. Para esto se contrae el poliestireno mediante la aplicación de calor utilizando herramienta como quemadores, pistolas de calor ó cualquier otro método que garantice la canalización de las instalaciones, controlando que el retiro del poliestireno no sea excesivo.

Si al instalar la tubería es necesario retirar la malla básica del panel, esta se deberá reponer mediante la adición de malla de continuidad.

Control en obra:

- Revisar y cumplir con la ubicación de todas las instalaciones, solicitada en planos.
- Revisar que se cumpla que no exista un retiro excesivo de poliestireno y reponerlo en caso de haberlo.
- Revisar y cumplir con la reposición de mallas de continuidad.
- Revisar y cumplir con las pruebas correspondientes de presión y estanqueidad de instalaciones.
- En general, revisar y cumplir con la instalación correcta de accesorios de instalaciones.
- En caso de tener instalaciones metálicas, se debe aislar el punto de contacto con la malla galvanizada, para evitar el par galvánico, en especial en tuberías que conducen agua.

8.6.6. Diseño, elaboración y proyección de mortero u hormigón, en muros con alma de poliestireno y en cara inferior de losa con alma de poliestireno, primera capa

Para cumplir los requerimientos del análisis estructural se debe realizar un diseño de la mezcla en un laboratorio especializado. Para controlar la calidad de los agregados usados en obra se realizarán las pruebas según [ASTM C-87](#). Si se usa mortero u hormigón premezclado se debe contar con las especificaciones técnicas del fabricante.

Para determinar la resistencia a la compresión del mortero se realizarán las pruebas según [ASTM C-109](#).

El proceso de proyección se realizará en dos capas, la primera deberá cubrir la malla básica del panel totalmente en cada una de sus dos caras, incluyendo la primera capa de la cara inferior de la losa de panel prefabricado; y la segunda capa hasta alcanzar el espesor especificado en planos. El tiempo transcurrido entre la aplicación de las dos capas debe ser tal que evite la formación de una junta fría.

Se procede a proyectar la primera capa de mortero u hormigón en la cara inferior de la losa, sin importar la existencia de sus apuntalamientos. Con lo que se logra rigidizar el panel previo al vertido del hormigón en su cara superior (capa de compresión).

Para proyectar el mortero u hormigón, se deberán usar medios neumáticos, iniciando desde la parte inferior con movimientos de derecha a izquierda y viceversa, avanzando hacia la parte superior, llegando a la unión con la losa y controlando el espesor de revocado del mortero u hormigón mediante los procedimientos convencionales.

Posteriormente, mantener hidratados los muros proyectados durante los primeros 4 días siguientes a la proyección del mortero u hormigón, evitando los cambios bruscos de temperatura.

Control en obra:

- Revisar y cumplir con el diseño del mortero u hormigón proyectado, según requerimiento estructural.
- Revisar y cumplir la elaboración y proyecciones del mortero u hormigón, según los requerimientos proporcionados por el [ACI 318](#).
- Revisar y controlar que los espesores de mortero u hormigón mediante los procedimientos convencionales y que sean los especificados en planos.
- Revisar y cumplir con un tiempo mínimo de curado de 4 días mediante hidratación por aspersión y sin que existan cambios bruscos de temperatura.
- Se debe tomar muestras de mortero u hormigón, de manera que se garantice uniformidad en la calidad del producto.

8.6.7. Diseño, elaboración y vertido de hormigón en losa con alma de poliestireno, capa de compresión

El diseño del hormigón vertido en la capa superior del panel está normado según [ACI 318](#).

Este hormigón puede ser preparado en obra ó premezclado, cumpliendo que el agregado grueso sea menor a 15 mm ó lo especificado en planos estructurales.

Para la elaboración, vertido y curado del mismo se atenderá a los procesos de construcción convencionales.

Control en obra:

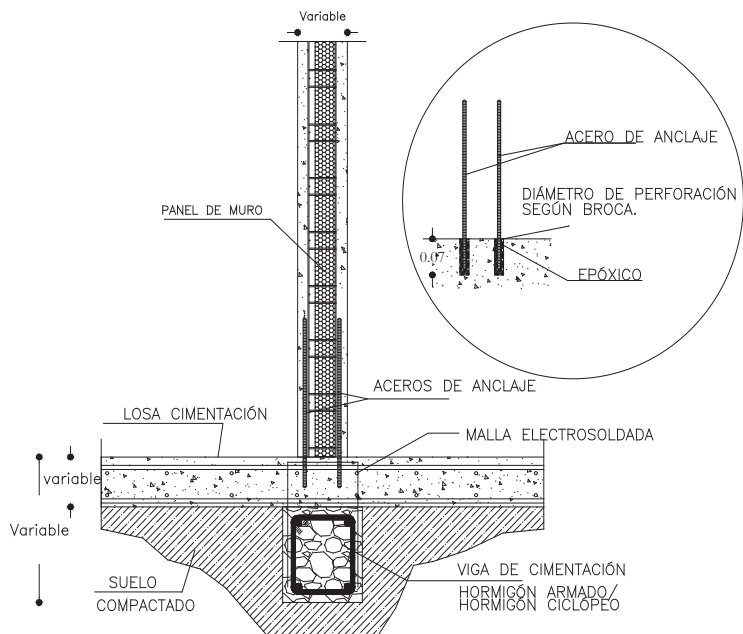
- Revisar que se encuentren correctamente instalados los apuntalamientos.
- Revisar y cumplir con los niveles, contra-flechas y refuerzos de acero adicionales, especificados en planos estructurales.
- Revisar y controlar que las instalaciones se encuentren ubicadas según planos.
- Revisar y controlar los espesores y pendientes, de hormigón solicitados en planos estructurales.
- Revisar y controlar que se cumpla el diseño de hormigón existente.
- Se debe tomar muestras de hormigón, de manera que se garantice uniformidad en la calidad del producto.
- Revisar y cumplir con un tiempo mínimo de curado de 4 días mediante hidratación.

8.6.8. Diseño, elaboración y proyección de mortero en losa con alma de poliestireno, segunda capa inferior.

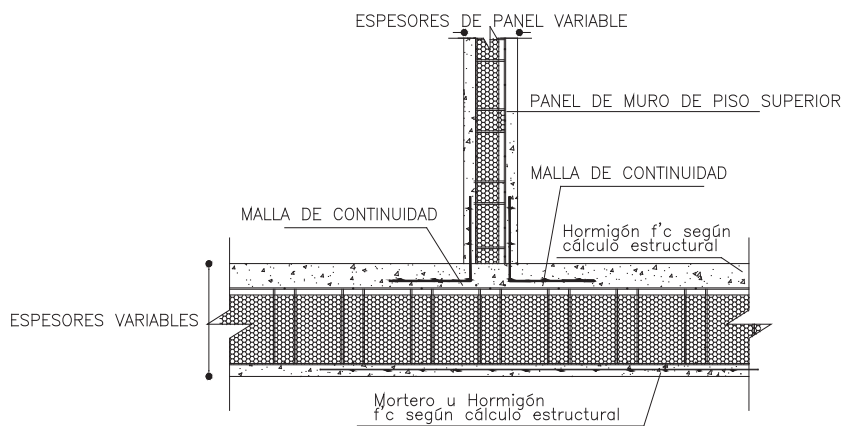
Para el mortero que se proyectará sobre la primera capa inferior de la losa, la capa de compresión deberá tener una resistencia no menor al 80% de la especificada en planos para proceder a retirar

el apuntalamiento.

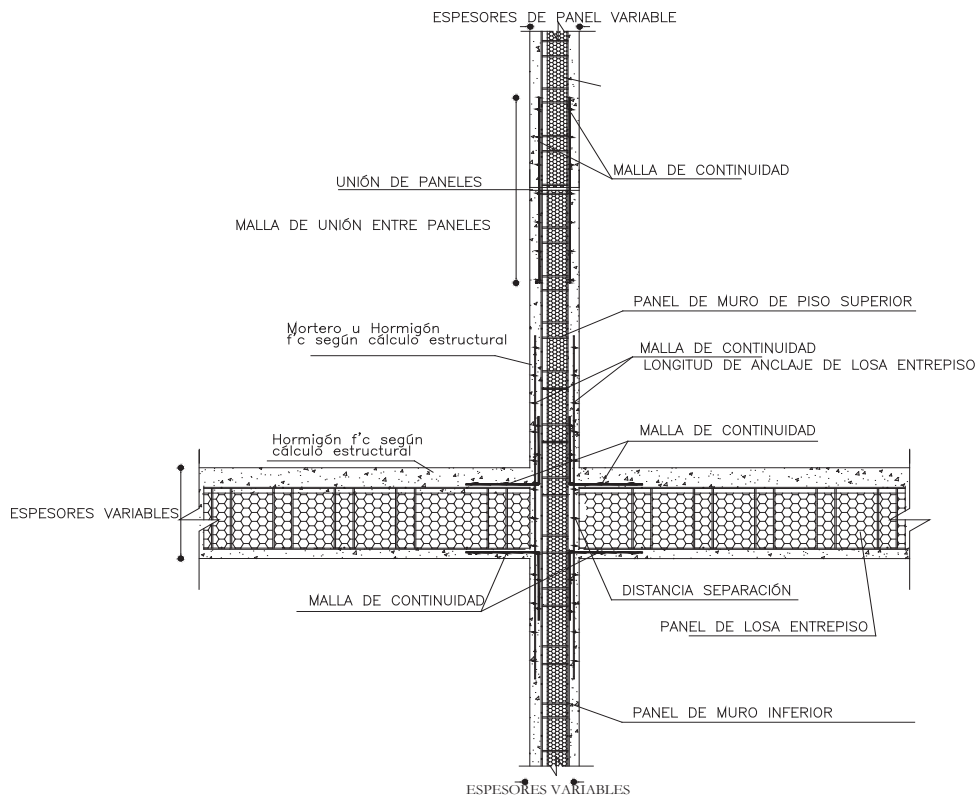
8.7. Detalles constructivos



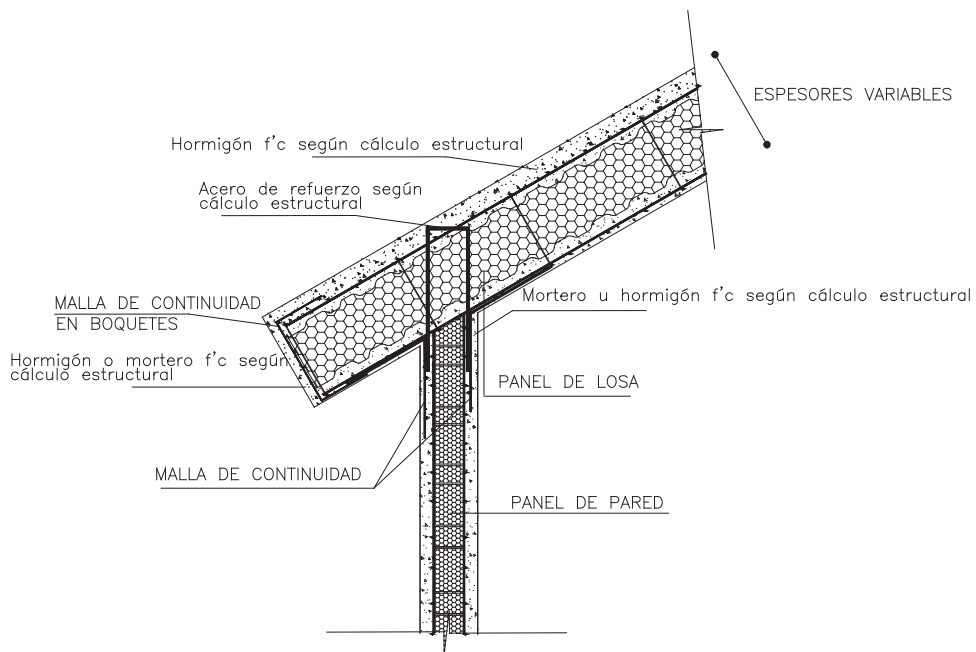
DETALLE ANCLAJE A CIMENTACIÓN



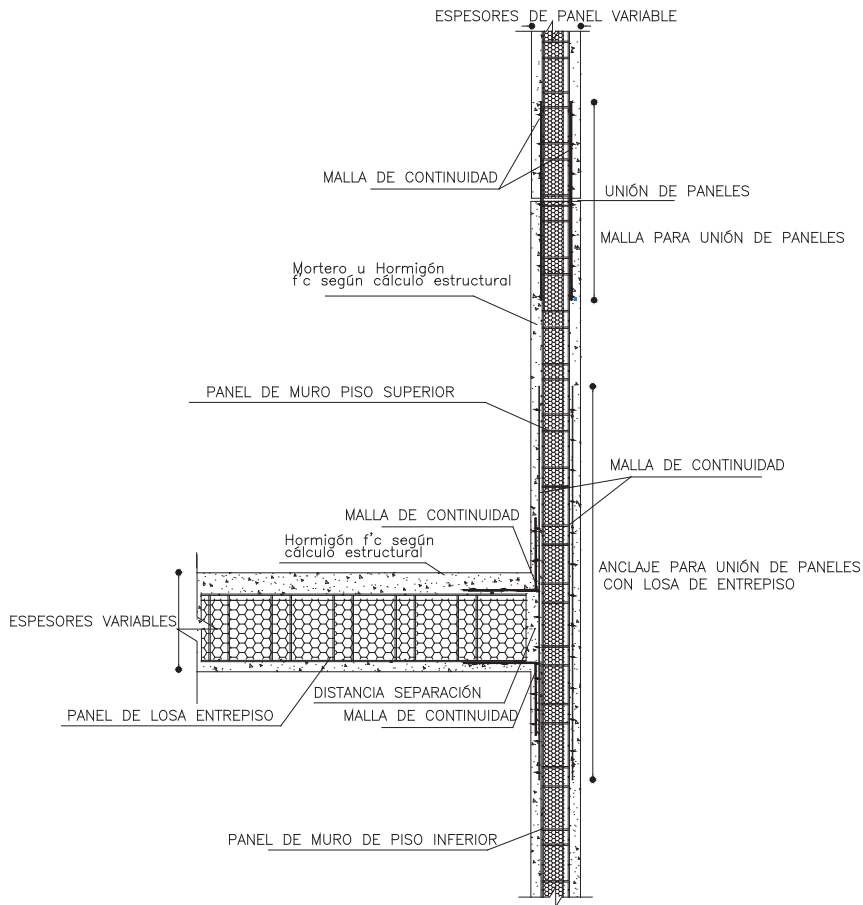
DETALLE UNIÓN LOSA-MURO SUPERIOR



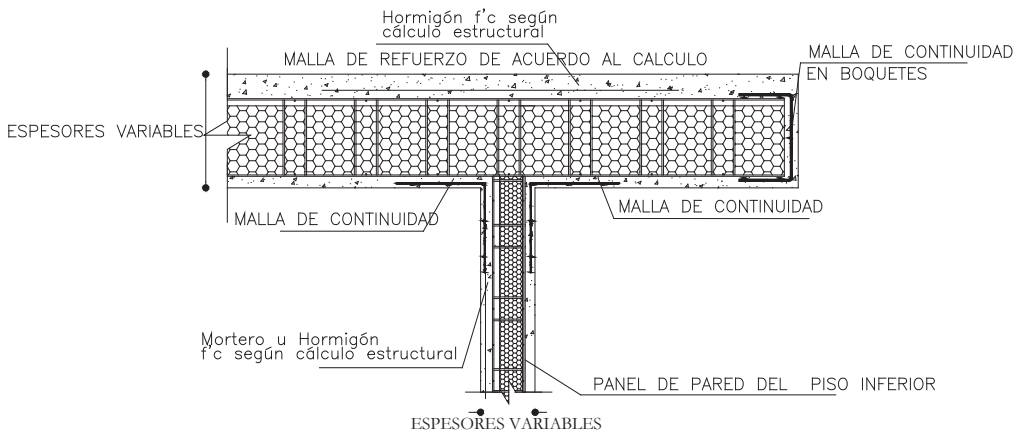
DETALLE UNIÓN MURO CONTINUO-LOSA



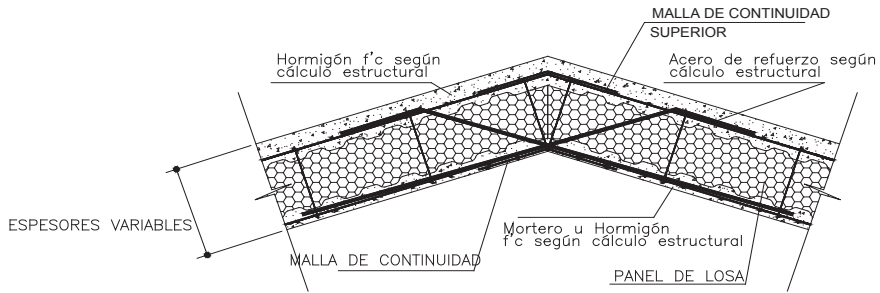
DETALLE UNIÓN MURO-LOSA



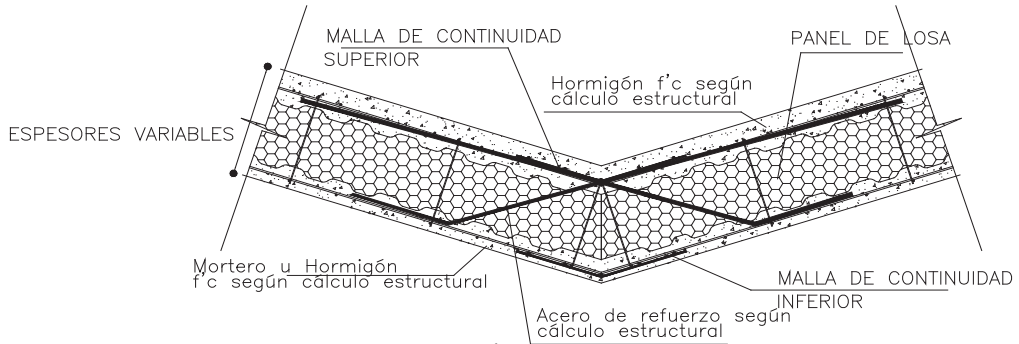
DETALLE UNIÓN MURO CONTINUO-LOSA



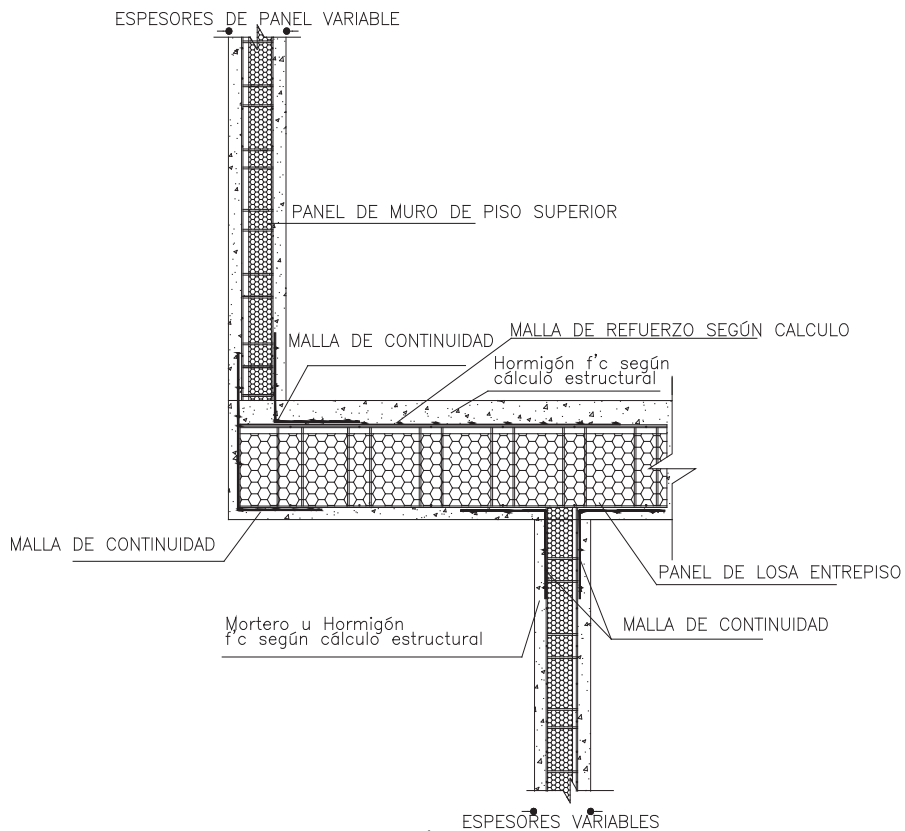
DETALLE UNIÓN MURO-LOSA



DETALLE UNIÓN CUBIERTAS INCLINADAS



DETALLE UNIÓN LOSAS INCLINADAS



DETALLE UNIÓN LOSA-MURO SUPERIOR
E INFERIOR - VOLADOS

9. Diseño y construcción con muros portantes livianos de acero

9.1. Requisitos

Los porcentajes de la fuerza sísmica que actuarán sobre cada muro componente de la edificación se determinan de acuerdo a lo estipulado en el [Anexo X3 del Manual de Ingeniería Steel Framing del ILAFA 2011](#).

Todos los profesionales que vayan a utilizar este Sistema Estructural Liviano SEL (Steel Framing) tienen que cumplir y ajustarse con lo establecido en los documentos referenciados en la sección [6.8](#).

9.2. Límite de aplicabilidad

Los límites de aplicabilidad del Steel Framing (Sistema Estructura Livianas, SEL) se muestran en la [Tabla 8](#).

GENERAL	
Atributo	Limitación
Dimensión de la construcción	Ancho máximo de 12 m Largo máximo de 18 m
Número de niveles	2 niveles con una base
Velocidad del viento	Hasta 210 km/h
Tipo de exposición al viento	Terreno abierto C A, suburbano ó B, zonas boscosas
Carga de nieve	3,35 KN/m ² máximo con cubierta liviana 1,5 KN/m ² máximo para cubierta pesada
Categoría sísmica	PGA <=0.4g
PISOS	
Atributo	Limitación
Peso propio	Máximo de 0,5 KN/m ²
Sobrecarga de uso: • Primer piso (planta baja)	2 KN/m ²

• Segundo piso	1.5 KN/m ²
Voladizos	60 cm
MUROS	
Atributo	Limitación
Peso propio de muros	0,5 KN/m ²
Altura máxima de muros	3 m
CUBIERTAS	
Atributo	Limitación
Peso propio de techos	0,6 KN/m ² de cubierta y cielo 0,34 KN/m ² para recubrimientos de techo
Carga máxima de nieve	3,35 KN/m ² como máximo 0,8 KN/m ² como mínimo
Peso propio de cielo	0,25 KN/m ²
Pendiente de techo	25% a 100% 25% a 50% zona de alta sismicidad
Alero frontal	Máximo de 30 cm
Aleros laterales	Máximo de 60 cm
Sobrecarga de entretecho accesible	1 KN/m ²
Sobrecarga de entretecho inaccesible	0,5 KN/m ²

Tabla 9: Límites de Aplicabilidad del Steel Framing

Si los valores utilizados en un diseño sobrepasaran los valores que aparecen en esta tabla estos tendrían que ser justificado plenamente mediante el cálculo estructural.

9.3. Diseño de los miembros

9.3.1. diseño

Los miembros estructurales de acero del muro deben ser diseñados de acuerdo a [North American Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members \(Specification\)](#) en su edición del 2007.

9.3.2. Condiciones de los miembros estructurales

Los miembros del entramado de los muros deben ser como se especifican en un diseño aprobado ó reorganizado de un diseño normado.

Los miembros deben estar en buenas condiciones.

Los miembros dañados deben ser reemplazados ó reparados de acuerdo a un diseño que se apruebe ó un diseño normado reconocido.

9.4. Instalación

9.4.1. Entramado en línea

Cada junta, viga, montante, armadura y muros estructurales deben ser alineados verticalmente de acuerdo con los límites señalados en la [Figura 55](#).

9.4.2. Muros no estructurales

La instalación de muros no estructurales debe ser de acuerdo con [ASTM C754](#).

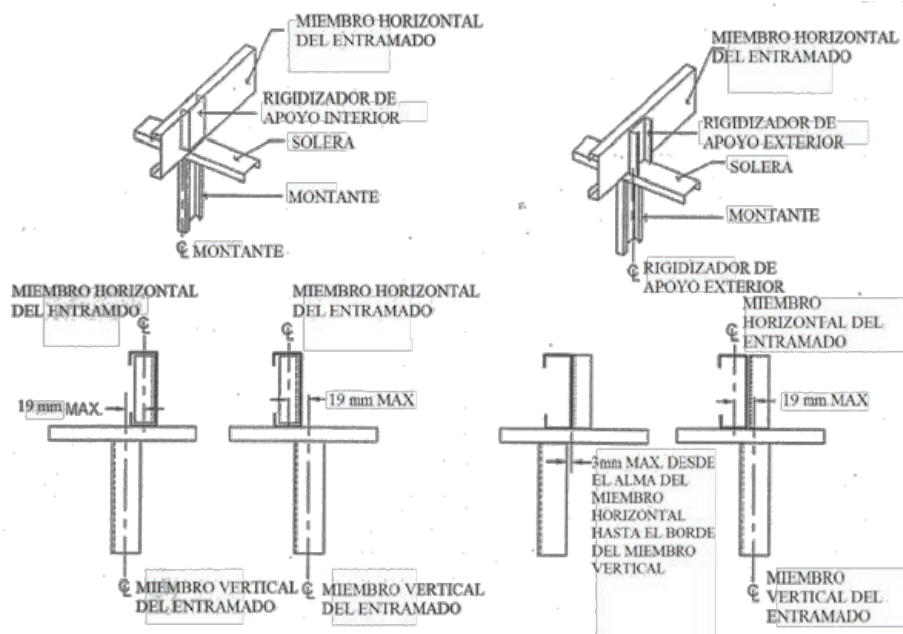


Figura 55: Detalles de alineación de los miembros estructurales de los muros portantes del (Steel Framing) Sistema Estructura Livianas, SEL

9.4.3. Tolerancias de instalación

a. Cimentación

Se debe tener cuidado que la cimentación esté a nivel horizontal y libre de defectos debajo de los muros que estén bajo carga de apoyo. Si el cimiento no está a nivel horizontal se deben tomar medidas para proporcionar una superficie uniforme de apoyo con un máximo de 6.4 mm de separación entre el extremo del muro y la cimentación. Esto se debe lograr mediante el uso de un aditamento de apoyo fino ó proveer con una lechada entre la parte inferior del muro, la espalda de la solera y la parte superior de la cimentación.

b. Contacto con el suelo

Se debe tener cuidado de asegurar que el entramado no esté en contacto directo con el suelo, a menos que se lo especifique por un diseño aprobado. El entramado no debe estar en contacto con el suelo, debe ser instalado a suficiente altura por encima del suelo de acuerdo con los códigos de construcción local.

c. Pisos

Verticalidad

Las vigas de piso y las armaduras deben ser instaladas a nivel y verticales, excepto cuando específicamente se diseñe como un miembro con pendiente.

Separación de los pisos

Los espaciamientos de las vigas de piso y las armaduras no deben exceder el ancho del material con que se recubre el piso.

Alineación

Las vigas de piso y las armaduras deben cumplir con los requerimientos de alineación de la sección [9.4](#).

10. Viviendas existentes reforzadas con mallas de alambre electro-soldadas ancladas a la mampostería y revestidas con mortero enchapado

10.1. Enchapado de elementos de concreto y de mampostería

Los elementos de concreto y de mampostería se pueden rehabilitar colocando mallas metálicas ó plásticas recubiertas con mortero o bien, encamisando o recubriendo a los elementos con ferrocemento ó con materiales plásticos adheridos con resinas.

Cuando el refuerzo de un elemento estructural se realice mediante revestimiento con elementos hechos con fibras de materiales plásticos, deberá prepararse la superficie del elemento para que sea lisa y se deben retirar los recubrimientos que afecten la adherencia de los materiales plásticos y las resinas. Las aristas de los elementos deben redondearse para evitar la rotura de las fibras. Se debe garantizar la compatibilidad entre las resinas y fibras usadas. Se deberán recubrir con un material protector aquellos elementos que estén expuestos directamente a la radiación solar y que en su encamisado se hayan usado resinas degradables con los rayos ultravioleta.

10.2. Adición de elementos confinantes de concreto reforzado

Se pueden construir en aquellas edificaciones que no tengan vigas y columnas, ó bien cuando estos últimos no cumplan con los requisitos mínimos de reforzamiento estructural. En el diseño, detallado y construcción de las nuevas vigas y columnas se deberá anclar el refuerzo longitudinal de manera que alcance su esfuerzo de fluencia especificado.

10.3. Adición ó retiro de muros

Será necesario adicionar o retirar muros cuando se requiera corregir irregularidades o defectos en la estructuración, reforzar la edificación en su conjunto o efectuar una modificación del proyecto original. En el diseño deberá cuidarse que la rigidez de los nuevos elementos sea compatible con la de la estructura original si se desea un trabajo conjunto. Requiere especial atención, el diseño de las conexiones entre los nuevos elementos y la estructura original. Asimismo, deberá revisarse la transmisión de las cargas a la cimentación, lo que frecuentemente puede llevar también a la necesidad de modificarla.

10.4. Reforzamiento

Las mallas de alambre soldado se deberán anclar a la mampostería, así como a columnas y vigas si existen, de manera que pueda alcanzar su esfuerzo especificado de fluencia ([Figura 56](#)).

Se aceptará fundir la malla electro soldada en concreto; para ello, deberá fundirse cuando menos dos alambres perpendiculares a la dirección de análisis, distando el más próximo no menos de 50mm de la sección considerada ([Figura 56](#)). Si para fijar la malla de alambre soldado se usan conectores instalados a través de una carga explosiva de potencia controlada ó clavos de acero, la separación máxima será de 450 mm.

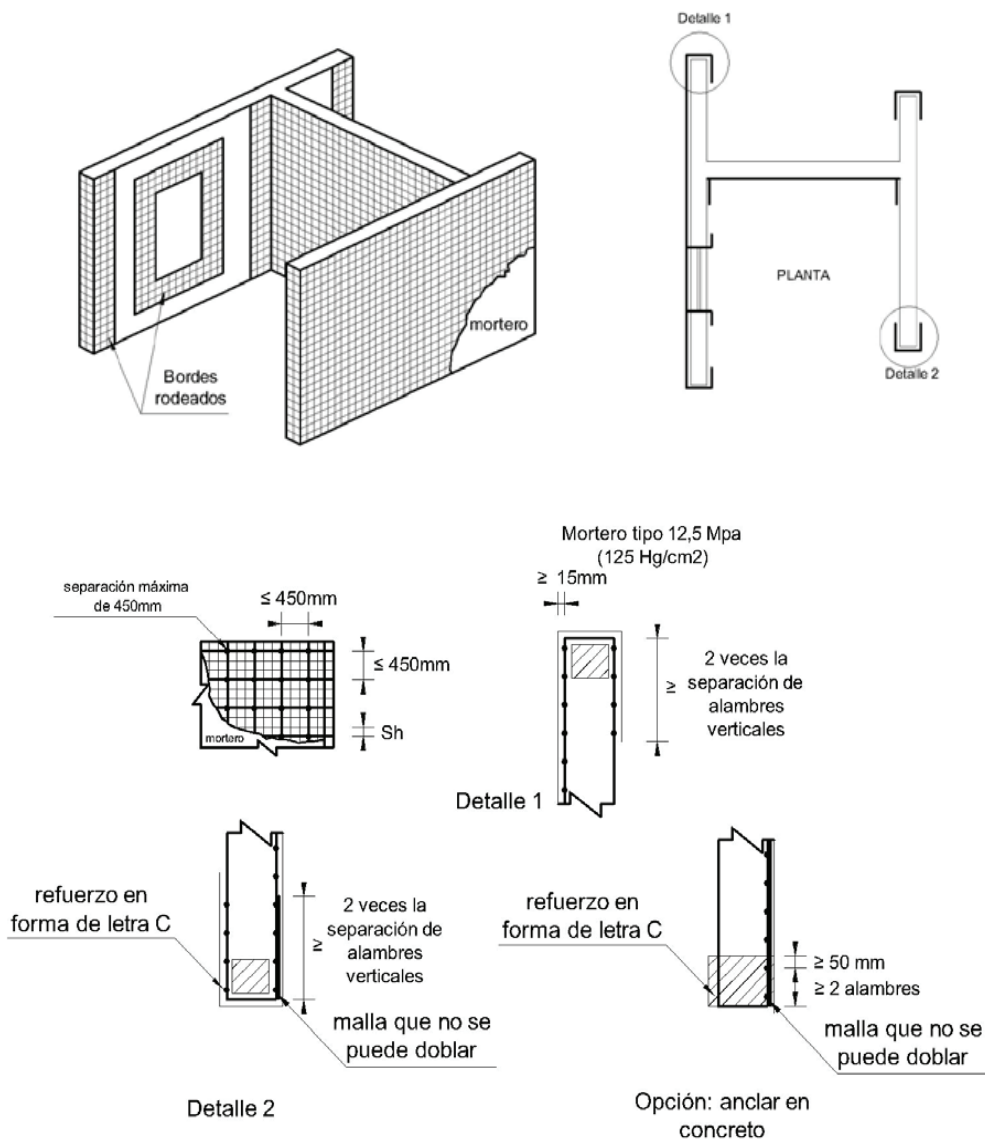


Figura 56: Enchapado de muros con malla electro-soldada, detalles constructivos

Las mallas deberán rodear los bordes verticales de muros y los bordes de las aberturas. Si la malla se coloca sobre una cara del muro, la porción de malla que rodea los bordes se extenderá al menos dos veces la separación entre alambres transversales. Esta porción de malla se anclará de modo que pueda alcanzar su esfuerzo especificado de fluencia.

Si el diámetro de los alambres de la malla no permite doblarla alrededor de bordes verticales de muros y los bordes de aberturas, se aceptará colocar un refuerzo en forma de letra C hecho con malla de calibre no inferior a (3.5 mm de diámetro) que se traslape con la malla principal según lo indicado en la sección siguiente.

Se admitirá que la malla se fije en contacto con la mampostería.

10.5. Traslapes

10.5.1. Barras sujetas a tensión

La longitud de traslapes de barras en concreto se determinará según lo especificado para concreto reforzado. No se aceptan uniones soldadas. Si las barras se traslapan en el interior de piezas huecas, la longitud del traslape será al menos igual que $50 d_b$ en barras con esfuerzo especificado de fluencia de hasta 412 MPa (4 200kg/cm²) y al menos igual que $60 d_b$ en barras ó alambres con esfuerzo especificado de fluencia mayor; d_b es el diámetro de la barra más gruesa del traslape.

El traslape se ubicará en el tercio medio de la altura del muro. No se aceptan traslapes de más del 50% del acero longitudinal del elemento (vigas, columnas, muro) en una misma sección.

No se permitirán traslapes en los extremos de las columnas (ya sean éstos exteriores ó interiores) de planta baja.

No se permitirán traslapes en el refuerzo vertical en la base de muros de mampostería reforzada interiormente a lo largo de la altura calculada de la articulación plástica por flexión.

10.5.2. Mallas de alambre soldado

Las mallas de alambre soldado deberán ser continuas, sin traslape, a lo largo del muro. Si la altura del muro así lo demanda, se aceptará unir las mallas. El traslape se colocará en una zona donde los esfuerzos esperados en los alambres sean bajos. El traslape medido entre los alambres transversales extremos de las hojas que se unen no será menor que dos veces la separación entre alambres transversales más 50 mm.

11. Referencias

- ANGULO ARELLANO, L. y LÓPEZ SORIA, C. (2008). *Reforzamiento de mampostería de ladrillo artesanal*. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero civil. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Director, PLACENCIA, P.
- CHILUISA SAMANIEGO, M. y CARRERA SIMBAÑA, J. (2004). *Comportamiento sismo-resistente de estructuras de paredes de mampostería con marcos de hormigón armado*. Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniero civil. Universidad Central del Ecuador.
- CÓDIGO NACIONAL CHILENO (2003). NCh2123 – 2003: Albañilería Confinada – Requisitos de diseño y cálculo.
- EGAS S., PAZMIÑO E., BOLAÑOS V. H., OCAMPO J. (2008). *Manual Práctico para el Constructor para viviendas con Muros con Alma de Poliestireno*.
- EGAS S., PAZMIÑO E., BOLAÑOS V. H., OCAMPO J. (2008). *Manual de Procesos para la Construcción con de viviendas con Muros con Alma de Poliestireno*.
- MELLI ROBERTO, ASTROZA MAXIMILIANO, ALCOCER SERGIO, CRISAFULLI FRANCISCO, QUIUN DANIEL, YAMIN LUIS, KLINGNER RICHARD. (2011). *Seismic Design Guide for Low-Rise Confined Masonry Buildings*, A project of the World Housing Encyclopedia, EERI & IAEE, Julio.
- NORMA MEXICANA (2004). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*.
- OCHOA CUEVA, S. y SANTORUM MERCHAN, H. (2005). *Recomendaciones generales para la fabricación de ladrillo artesanal y su uso en la construcción de vivienda con mampostería confinada*. Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero civil. Universidad Técnica Particular de Loja.
- VINUEZA ESTRADA, H. (2001). *Análisis y diseño de un edificio de tres plantas con mampostería portante reforzada*. Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniero civil. Universidad Central del Ecuador.
- ZABALA OJEDA, O. y ZABALA OJEDA J. (2006). *Rehabilitación de mamposterías agrietadas de ladrillo artesanal*. Trabajo previo a la obtención del título de ingeniero civil. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- FERNANDEZ, L. PAREDES, P. (2010), *Investigación teórica y Experimental de Sistema Estructural Alternativo. (Mampostería Enchapada)*. Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de ingeniero civil. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Director, PLACENCIA, P.

- JARAMILLO, D. *Análisis comparativo entre Sistema Aportico y Sistema de Paredes Portantes de Hormigón*. (2009). Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de ingeniero civil. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Director, PLACENCIA, P.
- BONILLA, P. *Reforzamiento Sísmico de Adobe*. (2001). Proyecto de Titulación previo a la obtención del título de ingeniero civil. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador. Director, PLACENCIA, P.

12. Apéndice 1: Sistema muros confinados - planos tipo

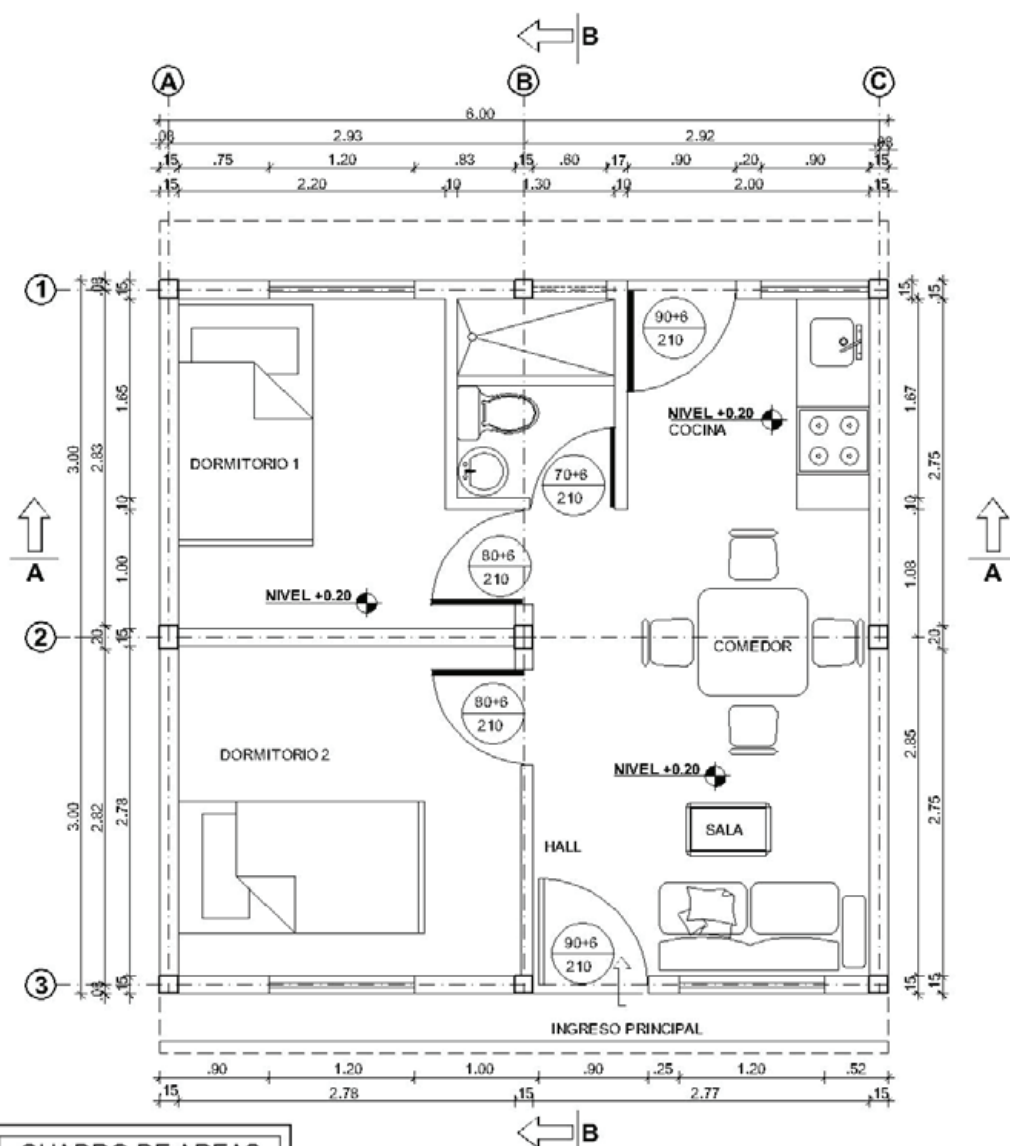
Se presenta a seguir los planos de un ejemplo típico de muros confinados.

CASA 36 m²

- Área de construcción: 36 m².
- Tipo: Una planta con cubierta inclinada.
- Estructura Sismoresistente: Paredes confinadas.
- Crecimiento modular: No.



ARQUITECTURA VIVIENDA TIPO 36 m2
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA



CUADRO DE AREAS

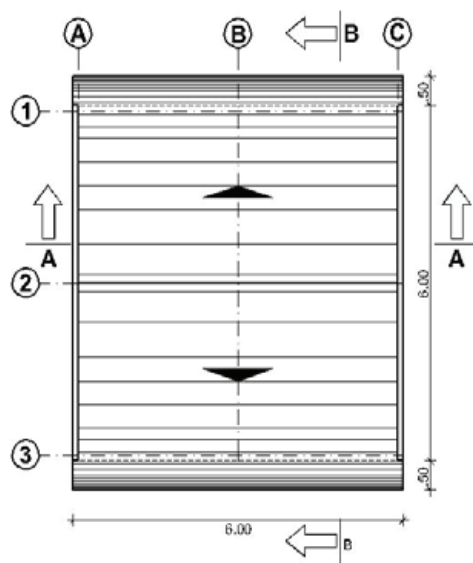
AMBIENTE	AREA m2
SALA- COMEDOR	12.25 m2
COCINA	4.25 m2
DORMITORIO 1	7.85 m2
DORMITORIO 2	9.00 m2
BAÑO	2.65 m2
TOTAL :	36.00 m2

PLANTA AREA 36m2

ESCALA 1 : 50

90+6
210 ANCHO PUERTA + MARCO
ALTURA PUERTA + MARCO

ARQUITECTURA VIVIENDA TIPO 36 m²
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA



PLANTA DE CUBIERTA

ESCALA

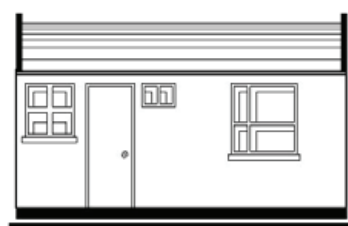
1:100



FACHADA FRONTAL

ESCALA

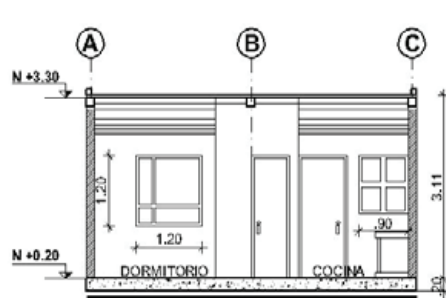
1:100



FACHADA POSTERIOR

ESCALA

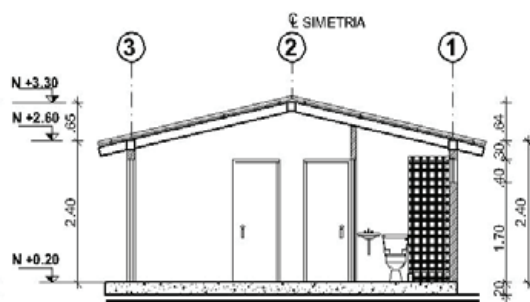
1:100



CORTE A - A

ESCALA

1:100



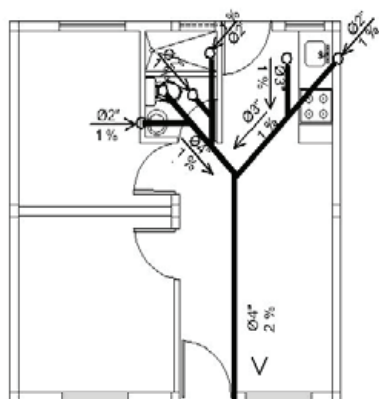
CORTE B - B

ESCALA

1:100

A2

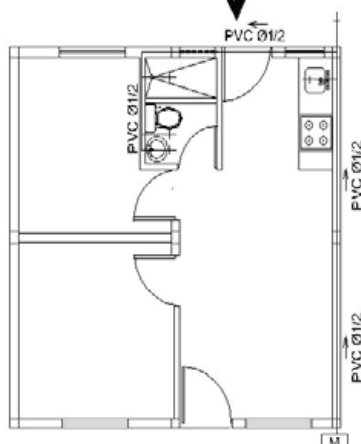
ARQUITECTURA VIVIENDA TIPO 36 m²
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA



INST. SANITARIAS

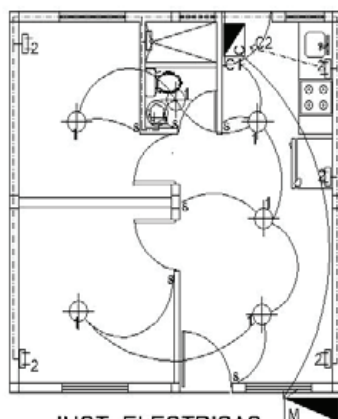
ESCALA 1 : 100

C.R. 2%
DESCARGA
A LA RED PUBLICA



INST. DE AGUA POTABLE

ESCALA 1 : 100



INST. ELECTRICAS

ESCALA 1 : 100

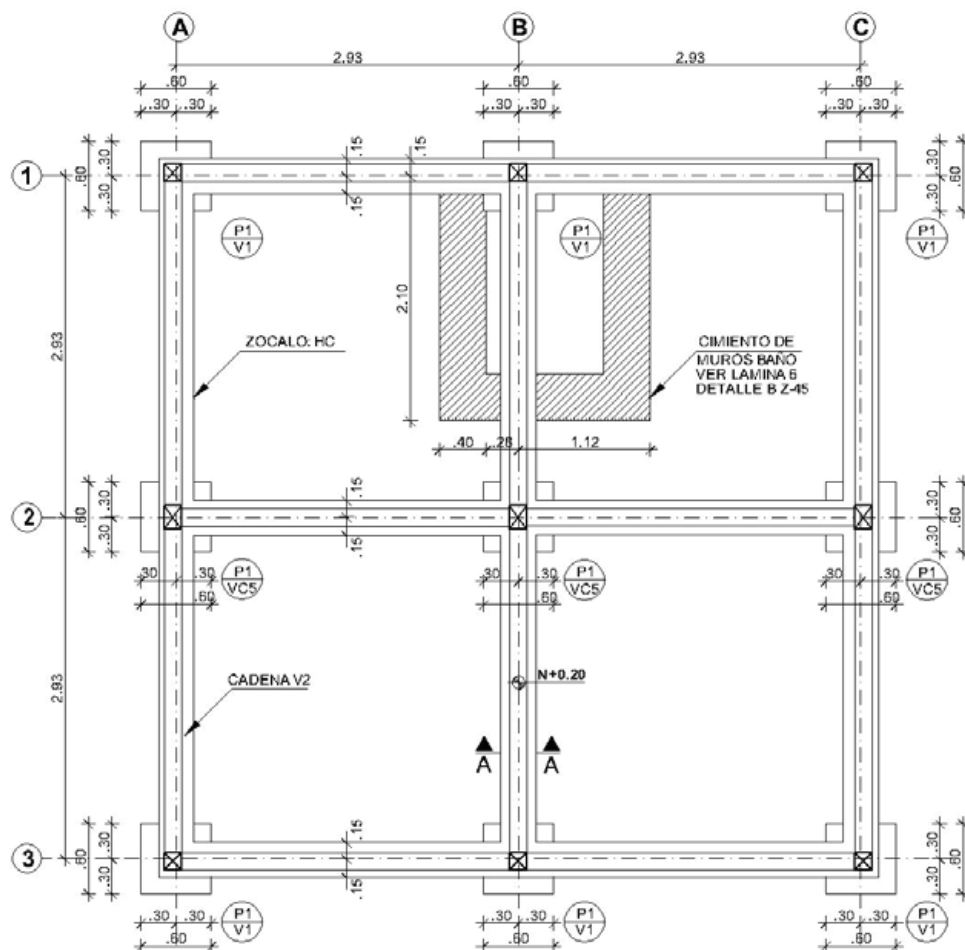
**SIMBOLOGIA
INSTALACIONES HIDROSANITARIAS**

	CAJA DE REVISION 0.60'x0.60'
	TUBERIA PVC REFORZADA
	SUMIDERO PVC
	MEDIDOR DE AGUA
	TUBERIA ROSCABLE PVC
	SALIDA DE AGUA POTABLE

**SIMBOLOGIA
INSTALACIONES ELECTRICAS**

	INTERRUPTOR SIMPLE
	TOMA CORRIENTE
	SALIDA PARA DUCHA
	LUMINARIAS
	CABLE #14
	FUERZA
	CABLE #10
	LUMINARIA
	MEDIDOR DE ARMARIO
	CAJA DE CIRCUITOS

ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m²
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA



CIMENTACIÓN Y CADENAS

ESCALA 1: 50

P1 PLINTO TIPO
V1 COLUMNA TIPO

qa $\geq$ 12 T/m², verificar en obra,
de ser menor realizar mejoramiento
qa = Capacidad admisible de soporte del suelo

**ESPECIFICACIONES
TECNICAS**

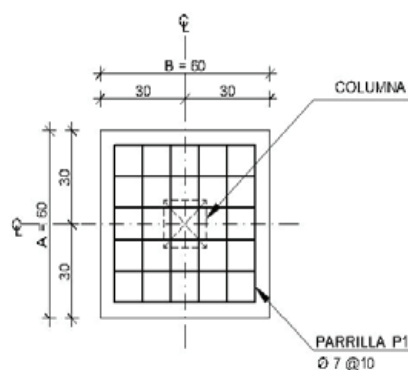
fy = 5000 kg/cm² Armadura electrosoldada
f'c = 210 kg/cm² Estructura y contrapiso
f'c = 180 kg/cm² Replanteo
fm = 15 kg/cm² Mampostería

**PROCESO
CONSTRUCTIVO**

LEVANTAR PRIMERO MAMPOSTERIAS
Y DESPUES FUNDIR COLUMNAS

E1

ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m²
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA



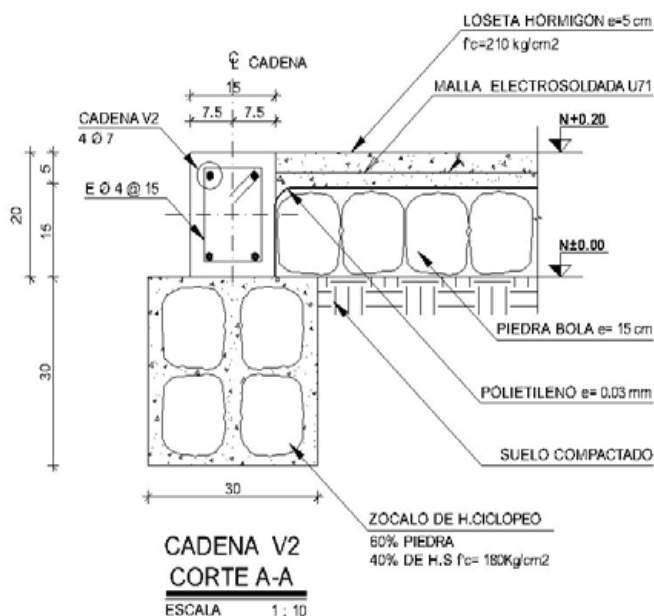
PLANTA PLINTO P1

ESCALA 1:20

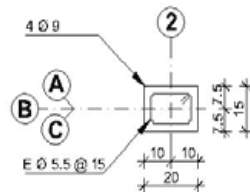
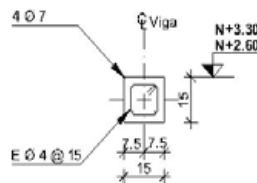
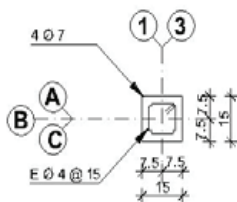
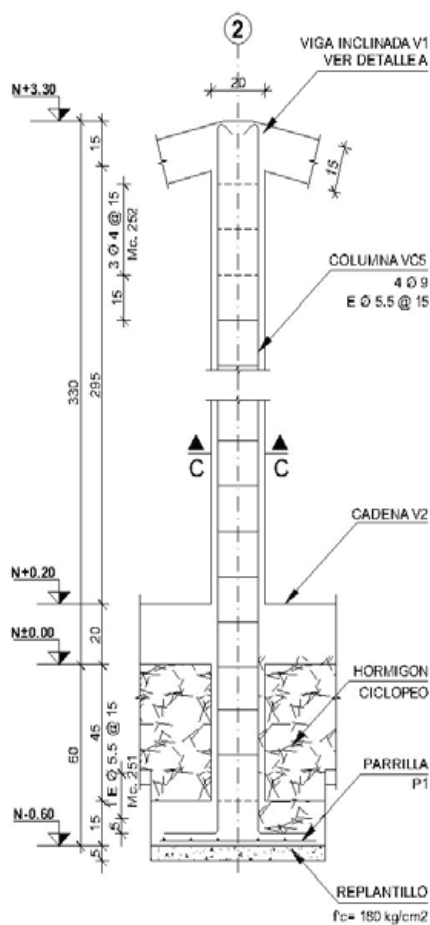
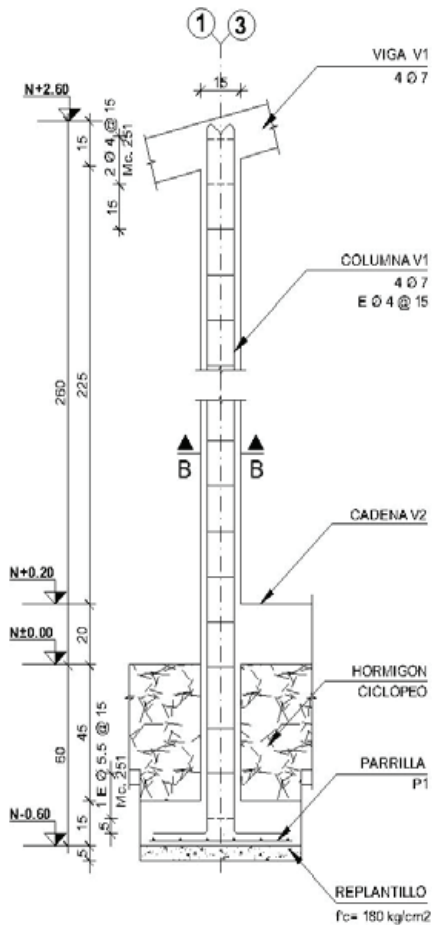
CANTIDAD = 9 u

CUADRO DE COLUMNAS		
UBICACION	A1-B1-C1 A3-B3-C3	A2-B2-C2
NIVELES		
TIPO	V1	VC5
N+3.30		N+3.30
N+2.60	N+2.60	VC5 0.20x0.15
	V1 0.15x0.15	
N±0.00	• 4Ø7 E Ø4 @ 15	• 4Ø9 E Ø5.5 @ 15
CIMENTACION	N= -0.60	N= -0.60

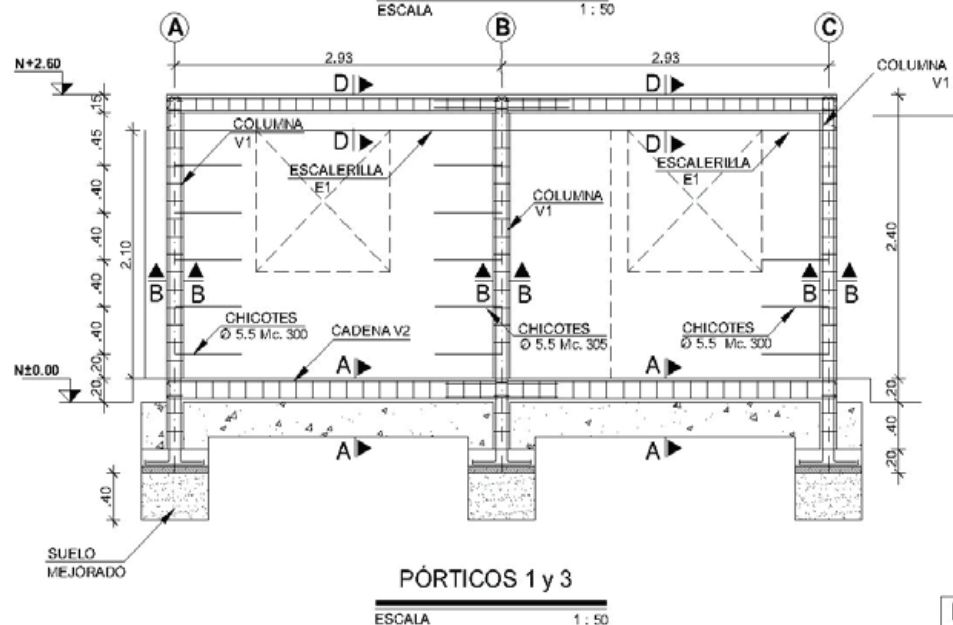
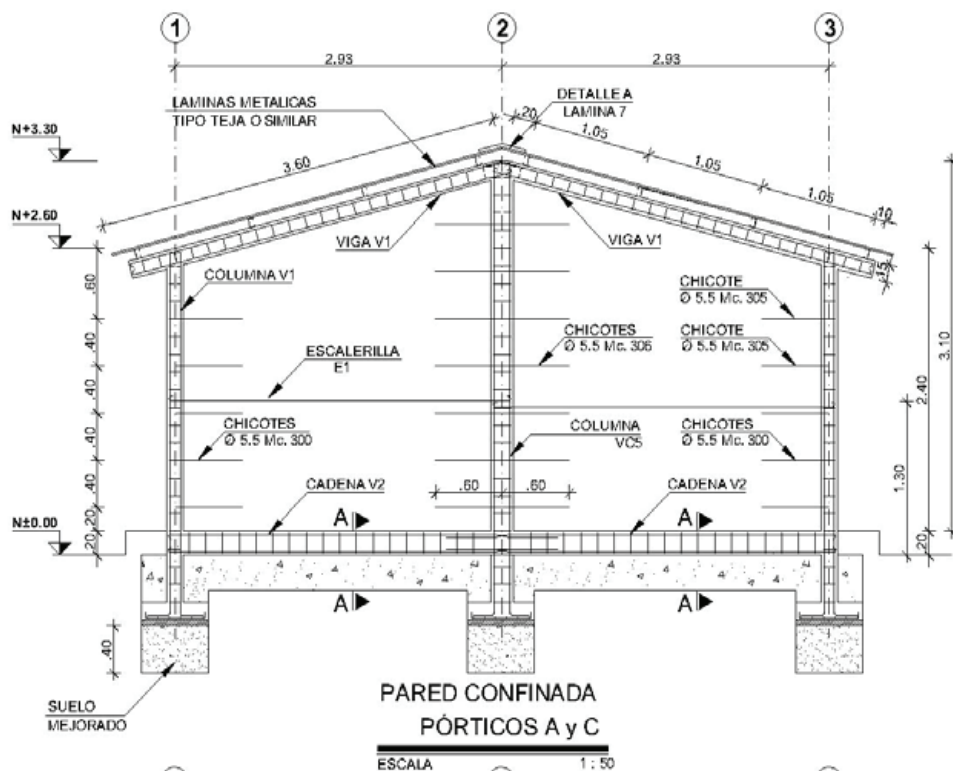
CUADRO DE PLINTOS						
TIPO	Nº	DIMENSIONES (m)			UBICACION	VOLUMEN
		A (y-y)	B (x-x)	H		
P1	9	0.60	0.60	0.15	A1-A2-A3 B1-B2-B3 C1-C2-C3	0.486 m ³



ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m²
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA

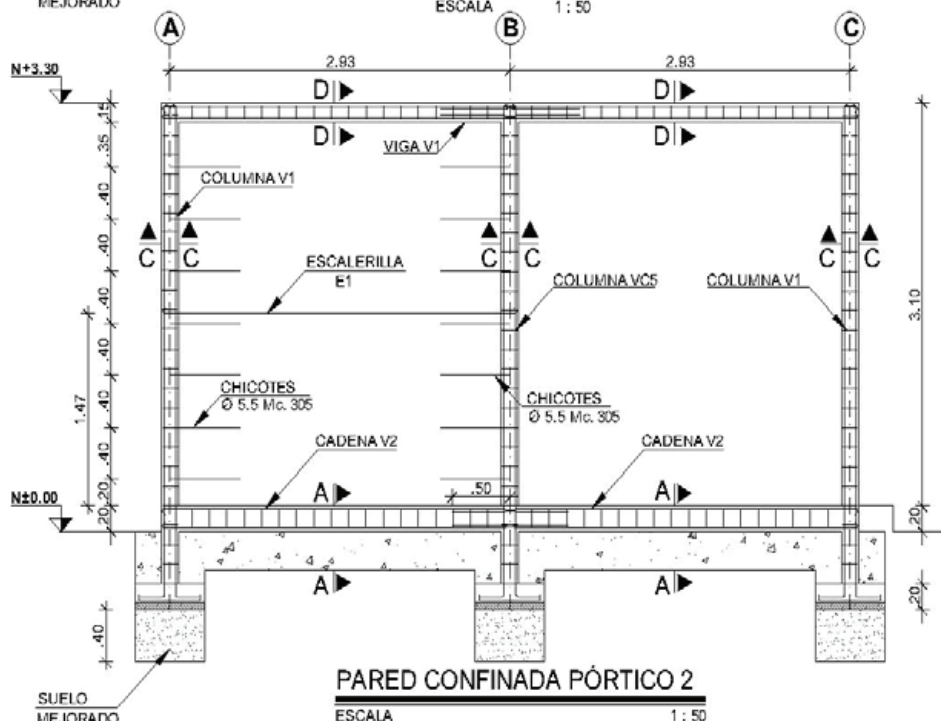
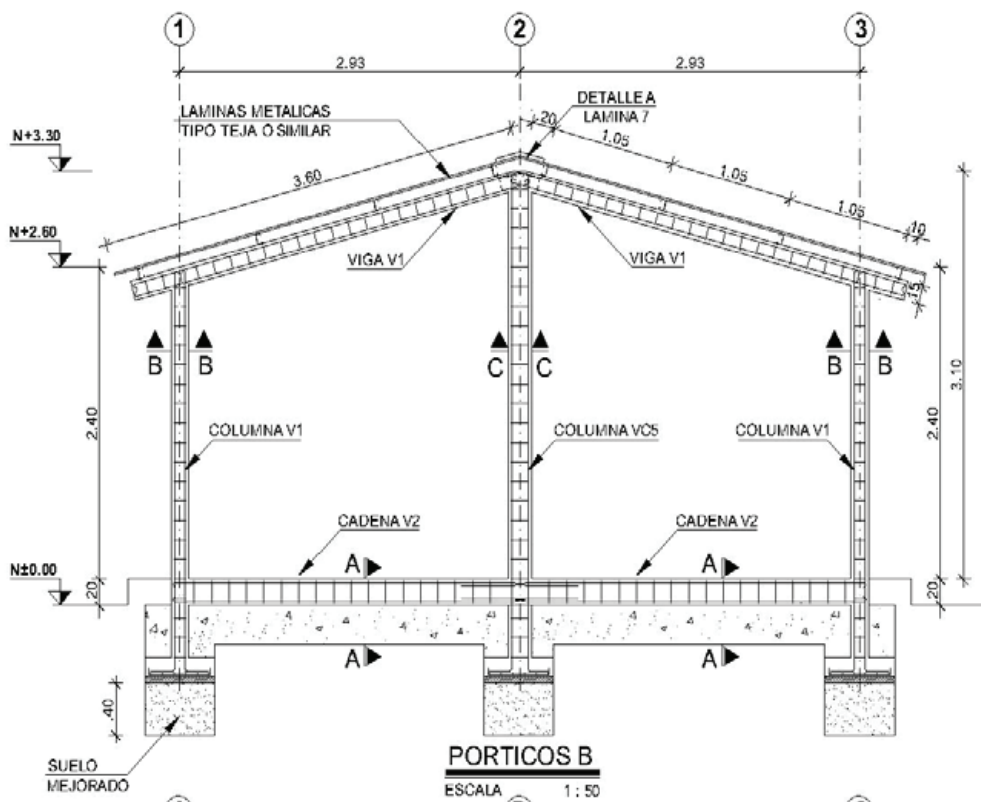


ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m²
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA

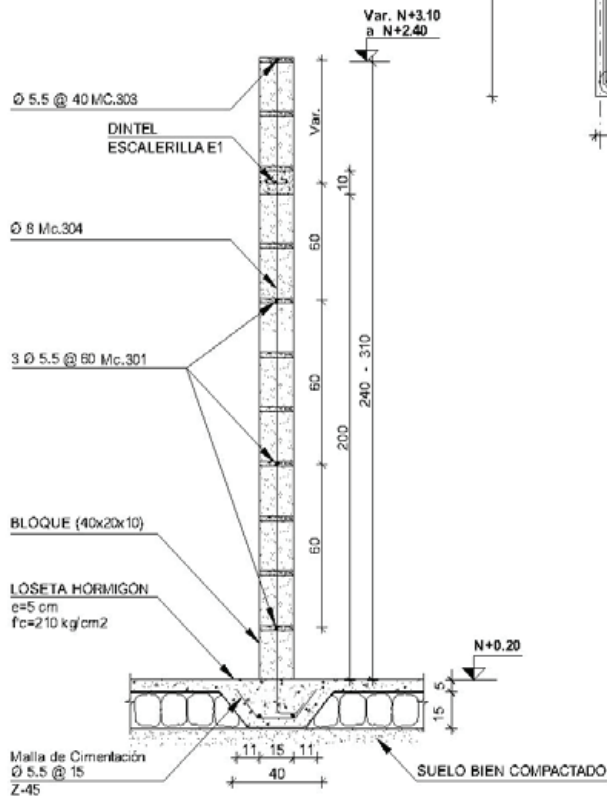


E4

ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m2
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA



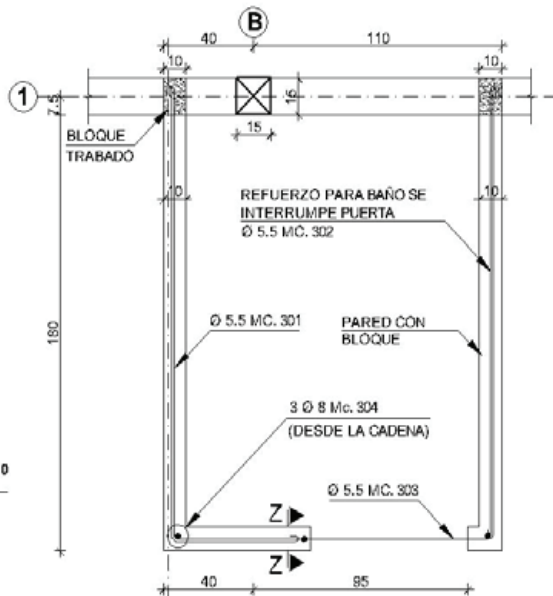
ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m²
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA



DETALLE REFUERZO EN CONTRAPISO
BAJO PARED DE BAÑO
CORTE Z - Z

ESCALA

1 : 25

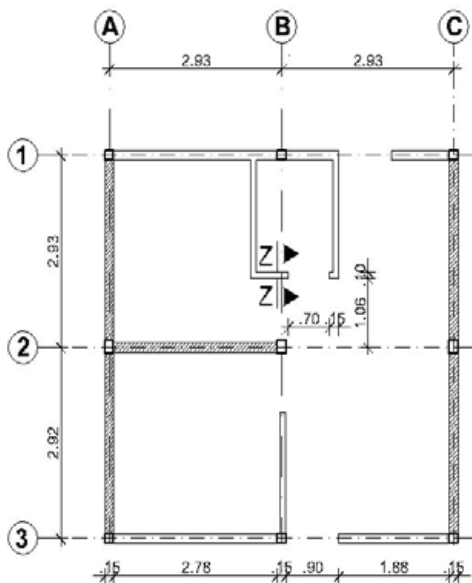


DETALLE
PARED BAÑO

ESCALA 1 : 25

E6

ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m2
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA

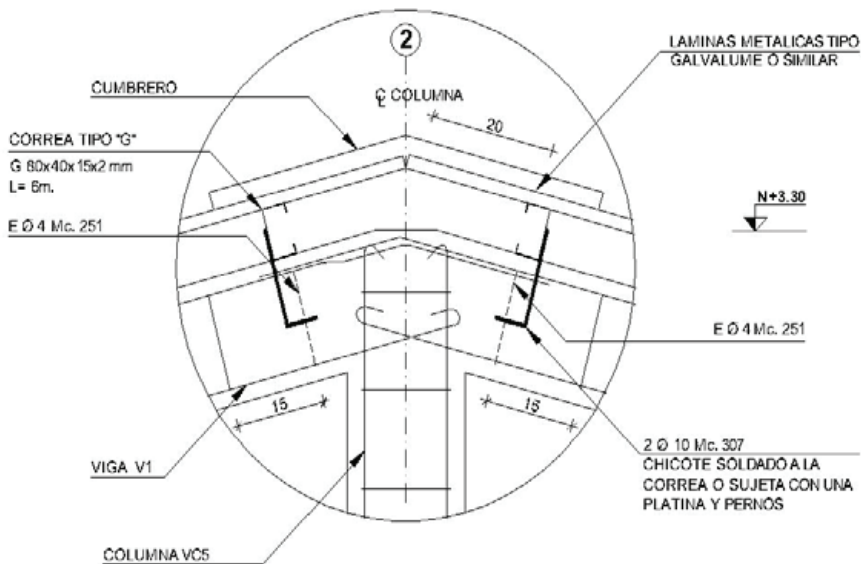


DISTRIBUCIÓN DE PAREDES CONFINADAS PLANTA

ESCALA

1 : 100

NOTA: CURAR CON AGUA LA TOTALIDAD DEL MURO DESPUES DE 5 HORAS DE CONSTRUÍDO, POR 7 DIAS CONSECUTIVOS.



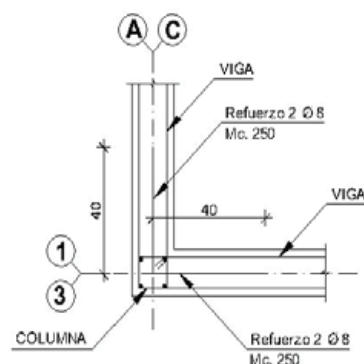
DETALLE A
CUMBRERO

ESCALA

1 : 10

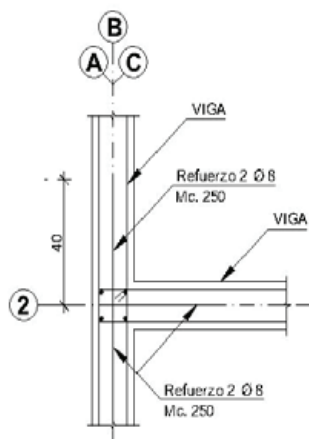
ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m²
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA

**UNIÓN VIGA-VIGA EN
ESQUINA N: +2.60**



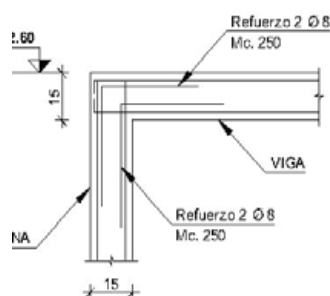
PLANTA
 ESCALA 1 : 20
 CANTIDAD = 4u

**UNIÓN VIGA-VIGA EN
CUMBRERO N: +3.30**

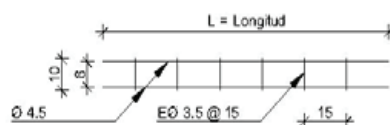


PLANTA
 ESCALA 1 : 20
 CANTIDAD = 3u

UNIÓN COLUMNAS-VIGA



ELEVACIÓN
 ESCALA 1 : 20



ESCALERILLA E1
 ESCALA 1 : 20

ESTRUCTURA VIVIENDA TIPO 36 m2
6x6 PAREDES CONFINADAS
UNA PLANTA CON CUBIERTA LIVIANA



PLANTA DE CUBIERTA

1 : 50

CASA CONFINADA DE 36 m²

PLANILLA DE VIGAS Y COLUMNAS

ELEMENTO	LONGITUD (m)	CANTIDAD	SECCION (cm)		VARILLAS		ESTRIBOS			PESO (Kg)	
			A	B	No.	ϕ (mm)	ϕ (mm)	No.	SEPARACION (cm)	Unitario	Total
CADENAS											
V2	3,55	12	15	10	4	7	4	18	15	5,31	63,73
COLUMNAS											
V1	3,75	6	10	10	4	7	4	18	15	5,38	32,25
VC5	4,20	3	15	10	4	9	5,5	21	15	10,64	31,93
VIGAS DE CUBIERTA: 1-2-3											
V1	3,75	6	10	10	4	7	4	18	15	5,38	32,25
VIGAS DE CUBIERTA: A-B-C											
V1	4,20	6	10	10	4	7	4	21	15	6,06	36,35
										TOTAL:	196,51

PLANILLA DE MALLAS ELECTROSOLDADAS

ELEMENTO	TIPO	CANTIDAD	DIAMETRO (mm)		SEPARACION (cm)		DIMENSIONES			PESO (Kg)	
			LONG.	TRANS.	LONG.	TRANS.	A(m)	B(m)	AREA TOTAL (m ²)	Unitario/ m ²	Total
PLINTOS TIPO											
PARRILLA	P1	9	7	7	10	10	0,50	0,50	2,25	6,02	13,55
PISOS											
CONTRAPISO	R-64	3	3,5	3,5	15	15	2,40	6,25	45,00	1,01	45,45
TOTAL:											59,00

PLANILLA DE ESCALERILLAS ELECTROSOLDADAS

ELEMENTO	TIPO	CANTIDAD	DIAMETRO (mm)		SEPARACION (cm)		DIMENSIONES		PESO (Kg)	
			LONG.	TRANS.	LONG.	TRANS.	A(m)	B(m)	Unitario	Total
MURO BAÑO										
	Z-45	1	5,5	5,5	15	15	0,45	6,50	5,95	5,95
ESCALERILLAS TIPO										
	E-1	4	4,5	3,5	8	15	0,10	6,50	1,93	7,72
	E-1	1	4,5	3,5	8	15	0,10	3,25	0,97	0,97
									TOTAL:	14,64

PLANILLA DE VARILLAS CORRUGADAS (fy = 5000 Kg/cm²)

MC	TIPO	φ (mm)	CANTIDAD	DIMENSIONES (m)				LONG. DESAR. (m)	LONGITUD TOTAL (m)	PESO (Kg)	
				a	b	c	g			Unitario/m	Total
250	II	8	40	0,40	0,40			0,80	32,00	0,40	12,64
251	III	4	24	0,20	0,20		4 X 0,075	0,70	16,80	0,10	1,66
252	III	5,5	12	0,20	0,30		4 X 0,075	0,80	9,60	0,19	1,80
300	II	5,5	16	0,60	0,60			1,20	19,20	0,19	3,59
301	I	5,5	3	2,50			2 X 0,10	2,70	8,10	0,19	1,51
302	I	5,5	3	1,80			2 X 0,10	2,00	6,00	0,19	1,12
303	I	5,5	1	5,25			2 X 0,10	5,45	5,45	0,19	1,02
304	II	8	3	2,70	0,15			2,85	8,55	0,40	3,38
305	I	5,5	28	0,60			0,10	0,70	19,60	0,19	3,67
306	I	5,5	14	1,20				1,20	16,80	0,19	3,14
307	II	10	48	0,15	0,05			0,20	9,60	0,62	5,92
TOTAL:											39,45

CASA 36 m2 - RESUMEN DE MATERIALES A ADQUIRIR

CUADRO DE RESUMEN DE MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Refuerzos estructurales	Kg	309,60	Fy = 5000 Kg/cm2 V&C Electrosoldadas (4u cada 1.20m) (1u cada 0.60m) 60% piedra y 40% HS L=6.00m Planchas de 1m de ancho
Separadores Circulares	U	184,00	
Separadores Tipo torre	U	75,00	
Alambre galvanizado No 14	Kg	3,10	
Alambre recocido No 18	Kg	3,10	
Clavos de 2"	Kg	3,10	
Clavos de 2 1/2"	Kg	3,10	
Hormigón ciclópeo	m3	4,25	
Hormigón (f'c= 180 kg/cm2)	m3	0,16	
Hormigón (f'c= 210 kg/cm2)	m3	4,71	
Correa G de 80X40X15X2	U	8,00	
Area de cubierta	m2	43,20	
Cumbrero	m	6,00	

RESUMEN DE VIGAS Y COLUMNAS ELECTROSOLDADAS

ELEMENTO	TIPO	CANTIDAD	LONGITUD (m)	PESO (Kg)	
				Unitario	Total
CADENAS	V2	12	3,55	5,31	63,73
COLUMNAS	V1	6	3,75	5,38	32,25
	VC5	3	4,20	10,64	31,93
VIGAS	V1	6	3,75	5,38	32,25
	V1	6	4,20	6,06	36,35
TOTAL:					196,51

RESUMEN DE MALLAS ELECTROSOLDADAS

ELEMENTO	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES			PESO (Kg)	
			A(m)	B(m)	AREA (m2)	Unitario/ m²	Total
PLINTOS P1	P1	9	0,50	0,50	2,25	1,51	13,55
PISOS	U55	3,00	2,40	6,25	45,00	15,17	45,51
TOTAL:							59,06

RESUMEN DE ESCALERILLAS ELECTROSOLDADAS

ELEMENTO	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES		PESO (Kg)	
			A(m)	B(m)	Unitario	Total
MURO BAÑO	Z-45	1	0,45	6,50	5,95	5,95
ESCALERILLAS	E-1	4	0,10	6,50	1,93	7,72
		1	0,10	3,25	0,97	0,97
TOTAL:						14,64

RESUMEN DE VARILLAS CORRUGADAS (fy = 5000 Kg/cm2)

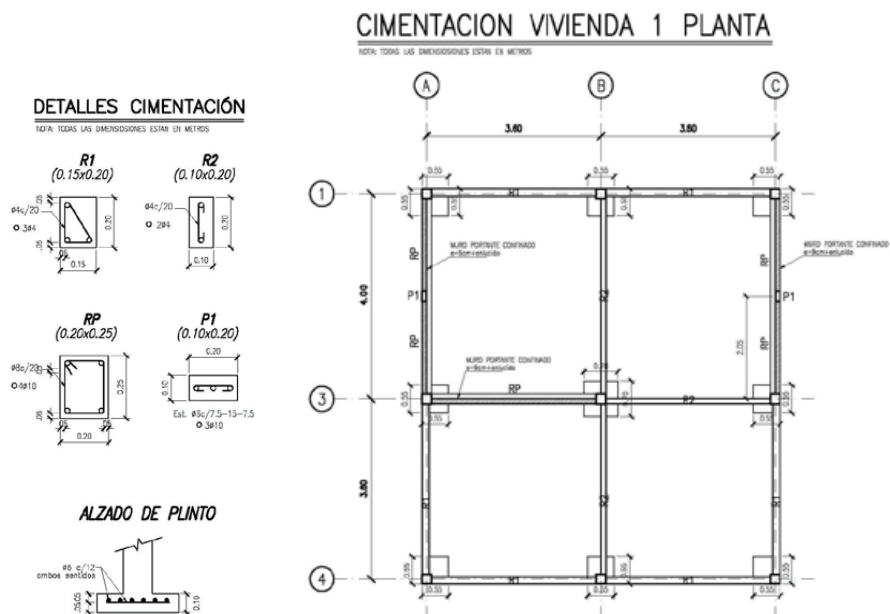
ELEMENTO	DIMENSIONES		PESO (Kg)	
	Ø (mm)	LONG (m)	Unitario/m	Total
CHICOTES	4	16,80	0,10	1,66
	5,5	84,75	0,19	15,85
	8	40,55	0,40	16,02
	10	9,60	0,62	5,92
TOTAL:				39,45

13. Apéndice 2: excepciones para vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 4.0 m con cubierta liviana

Estos detalles contienen variables de edificación muy particulares para viviendas de una y de dos plantas, con cubierta liviana, de elementos estructurales que no forman parte del sistema sismo-resistente.

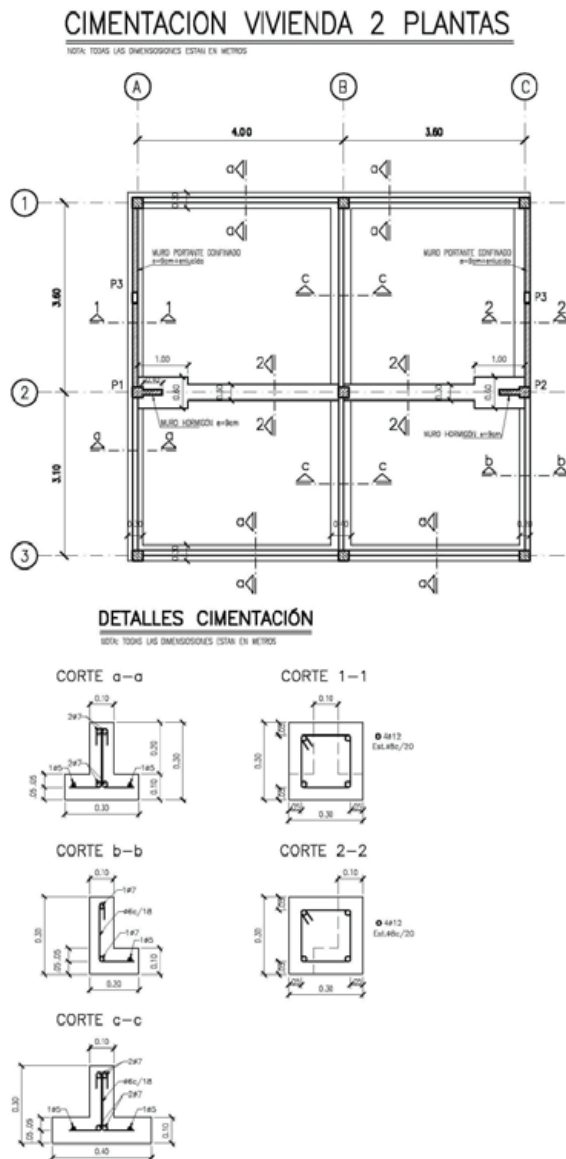
Al aplicar estas excepciones es necesario colocar en la escritura de compra-venta un detalle de la ubicación de los muros portantes confinados los cuales no pueden ser modificados en caso de una ampliación futura.

13.1. Cimentación vivienda 1 planta



Nota: Solo aplica para suelos de relleno compactado de por lo menos 1 metro de espesor.

13.2. Cimentación vivienda 2 plantas



Nota: Solo aplica para suelos de relleno compactado de por lo menos 1 metro de espesor y losa alivianada de máximo 15cm de espesor.

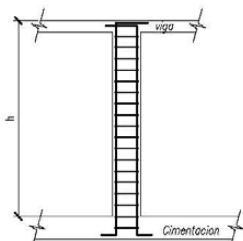
Cuando se emplee acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia especificado mayor a 420 MPa (4200 kg/cm²), las cuantías de acero calculadas se podrán reducir multiplicándolas por 420/f_y, en MPa (4200/f_y, en kg/cm²).

13.3. Columnas

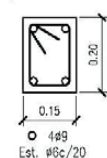
Para columnas que no forman parte del muro portante confinado sismo-resistente y para columnas de tipo pórtico que no reciben la carga sismo-resistente, se permitirá aplicar el siguiente detalle estructural.

VILLA 1 PLANTA ALZADO TIPO DE COLUMNA

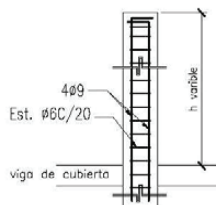
NOTA: TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS



COLUMNAS (0.15x0.20)



DETALLE PERICO



Refuerzo longitudinal:

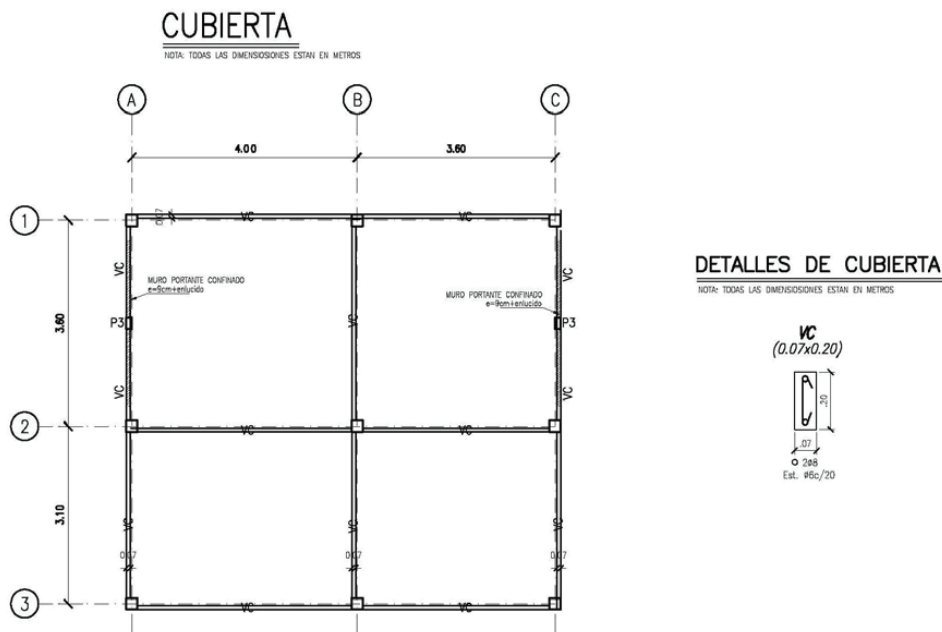
El refuerzo longitudinal no debe ser menor de 4 barras. El área de refuerzo longitudinal debe ser mayor o igual que 0.0075 veces el área de la sección bruta del elemento. El refuerzo longitudinal no puede ser menor al requerido para atender los esfuerzos de diseño. Cuando se emplee acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia especificado mayor a 420MPa (4200 kg/cm²), las cuantías de acero calculadas se podrán reducir multiplicándolas por 420/fy, en MPa (4200/fy, en kg/cm²).

Refuerzo transversal:

Debe utilizarse refuerzo transversal consistente en estribos cerrados de al menos 6mm de diámetro. Cuando se use armadura electro-soldada, el diámetro mínimo de los estribos debe ser 4mm. Espaciados a una separación no mayor a 1.5 veces la menor dimensión del elemento ó 200mm. El refuerzo transversal no puede ser menor al requerido para atender los esfuerzos de diseño.

13.4. Vigas de amarre de cubierta

Para vigas que no forman parte del muro portante confinado sismo-resistente y para vigas de tipo pórtico que no reciben la carga sismo-resistente, se permitirá aplicar el siguiente detalle estructural. El ancho mínimo será el del bloque (7 cm) y una altura de 20 cm.



Nota: Se debe tener presente que estas son vigas de amarre de cubierta. La cubierta en sí estará apoyada sobre los pericos mediante perfiles metálicos.

Refuerzo longitudinal

El refuerzo longitudinal no debe ser menor de 2 barras. El área de refuerzo longitudinal debe ser mayor o igual que 0.0066 veces el área de la sección bruta del elemento. El refuerzo longitudinal no puede ser menor al requerido para atender los esfuerzos de diseño. Cuando se emplee acero de refuerzo con esfuerzo de fluencia especificado mayor a 420 MPa (4200 kg/cm^2), las cuantías de acero calculadas se podrán reducir multiplicándolas por $420/f_y$, en MPa ($4200/f_y$, en kg/cm^2).

Refuerzo transversal

Debe utilizarse refuerzo transversal consistente en ganchos de al menos 6mm de diámetro. Cuando se use armadura electro-soldada, el diámetro mínimo de los ganchos debe ser 4mm. Espaciados a una separación no mayor a 1.5 veces la menor dimensión del elemento ó 200mm. El refuerzo transversal no puede ser menor al requerido para atender los esfuerzos de diseño.