TÍTULO E
CASAS DE UNO Y DOS PISOS

CAPÍTULO E.1
INTRODUCCIÓN

E.1.1 — GENERALIDADES

E.1.1.1 — ALCANCE — El presente título establece los requisitos para la construcción sismo resistente de viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada y de bahareque encementado. Estos requisitos son de índole general y están dirigidos a todos los profesionales de la ingeniería y la arquitectura que trabajan en construcción de vivienda, así no sean especialistas en cálculo estructural. En este Título se establecen las condiciones estructurales que permitan un funcionamiento adecuado de las viviendas de uno y dos pisos ante cargas laterales y verticales en las diferentes zonas de amenaza sísmica.

E.1.1.1.1 — En este título se dan los requisitos mínimos que se deben seguir en el diseño y construcción de viviendas de uno y dos pisos, realizadas en muros de mampostería o en muros de bahareque encementado, que pertenecen al grupo de uso I tal como lo define A.2.5.1.4 y dentro de las limitaciones establecidas en A.1.3.11, es decir, construcciones de uno y dos pisos que formen parte de programas de máximo 15 viviendas y menos de 3000 m^2 de área construida. No obstante, si se desea, para viviendas estructuradas con muros de mampostería, puede llevarse a cabo el diseño siguiendo los requisitos del Título A y el Título D del presente Reglamento.

E.1.1.1.2 — Las Casas de uno y dos pisos que se construyan en estructuras diferentes a los muros de mampostería o de bahareque encementado ó que pertenezcan a los grupos de uso II, III y IV tal como los define A.2.5 de este reglamento, las bodegas y similares, deben diseñarse siguiendo los requisitos de los capítulos A.1 a A.12 de este reglamento.

E.1.2 — DEFINICIONES

Acabado — Estado final, natural o artificial, en la superficie de una pieza de madera o guadua. Estado final del recubrimiento o del revoque.

Acción conjunta — Participación de varios elementos estructurales con separación no mayor a 60 cm para soportar una carga o sistema de cargas.

Alfarda — Ver “vigueta”.

Aserrado — Proceso mediante el cual se corta una troza para obtener piezas de madera de sección transversal cuadrada o rectangular.

Carrera — Solera superior que corona una estructura de muros. Viga de amarre.

Cercha — Es un elemento estructural reticulado destinado a recibir y trasladar a los muros portantes las cargas de cubierta. Tiene una función equivalente a la de una correa.

Cimentación — Entramado (malla o retícula) de vigas de concreto reforzado que transfiere las cargas de la superestructura al suelo.

Cinta de amarre — Es un elemento complementario a las vigas de amarre con altura no menor de 100 mm, y cuyo ancho es el espesor del elemento que remata.

Columna de amarre — Es un elemento vertical reforzado que se coloca embebido en el muro.

Columna en madera o columna en guadua — Pieza, generalmente vertical, cuyo trabajo principal es a compresión.

Concreto ciclópeo — Concreto con adición de agregado de tamaños mayores al corriente (sobretamaño).

Contracción — Reducción de las dimensiones de una pieza de madera causada por la disminución del contenido de humedad.

Correa — Elemento horizontal componente de la estructura de la cubierta.

Cuadrante — Elemento que se coloca diagonalmente para conformar una forma triangular cerrada en las esquinas de entrepisos y cubiertas, para limitar la deformación, en su propio plano, de los diafragmas.

Culata — Parte del muro que configura el espacio entre la cubierta y los dinteles y que remata con la pendiente de la cubierta. También se denomina cuchilla.

Diafragma — Elemento estructural que reparte las fuerzas inerciales laterales a los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica, o sea, a los muros.

Distancia centro a centro — Distancia del centro de un elemento de unión al centro del elemento adyacente.

Elementos especiales de cimentación — Son elementos atípicos en este título y que resuelven de manera particular problemas específicos de una construcción en su cimentación tales como pilotes, micropilotes, realces, muros de contención y plataformas de suelo mejorado.

Elementos suplementarios de cimentación — Son elementos que complementan el trabajo de la cimentación en su función de transferencia de cargas hacia el suelo, tales como elementos de cierre de los anillos en la malla, elementos de estabilidad de elementos medianeros, etc.

Entramado — Sistema estructural primario, horizontal, de una edificación.

Fibra — Células alargadas con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas.

Hinchamiento — Aumento de las dimensiones de una pieza por causa del incremento de su contenido de humedad.

Losa-base — Elemento de concreto o mortero con arena o grava colocado sobre material de afirmado y que sirve de soporte al piso acabado.

Loseta de contrapiso — Es el elemento de concreto con agregado fino menor o igual a 12.5 mm (1/2") o mortero hecho con arenas gruesas, fundido directamente sobre relleno compactado y que hace las veces de piso acabado en el primer nivel.

Madera y/o guadua tratada — Sometida a algún tipo de procedimiento, natural o químico, con el objeto de extraerle humedad y/o inmunizarla contra el ataque de agentes xilófagos o pudrición.

Malla de cimentación — Conjunto de elementos ortogonales en concreto reforzado o en ciclópeo y concreto reforzado que forman anillos rectangulares en planta y hacen la transferencia de cargas de la estructura de muros al suelo de cimentación. Entramado.

Malla expandida — Malla que no se basa en tejer o soldar alambres sino que resulta de expandir una lámina metálica troquelada y perforada.

Malla con vena estructural — Malla fabricada a partir de lámina expandida y troquelada, con resaltes continuos que la hacen autoportante.

Muro — Elemento laminar vertical que soporta los diafragmas horizontales y transfiere cargas a las cimentaciones.

Muros confinados — Son muros de mampostería enmarcados por vigas y columnas de amarre.

Muros de carga — Son muros que además de su peso propio llevan otras cargas verticales provenientes del entrepiso y de la cubierta. Estos muros deben estar amarrados al diafragma y deben tener continuidad vertical.

Muros de rigidez — Son muros que sirven para resistir las fuerzas laterales en cada dirección principal de la

edificación. Cuando son transversales a los muros de carga, sirven adicionalmente para reducir la esbeltez de estos. Estos muros deben estar amarrados al diafragma y deben tener continuidad vertical.

Muros divisorios — Son muros que no llevan más carga que su peso propio, no cumplen ninguna función estructural para cargas verticales u horizontales y por lo tanto pueden ser removidos sin comprometer la seguridad estructural del conjunto. No obstante, deben estar adheridos en su parte superior al sistema estructural, con el fin de evitar su vuelco ante la ocurrencia de un sismo.

Pañete — Mortero de acabado para la superficie de un muro. También se denomina mortero de alisado, revoque, etc.

Parapeto — Son los muros en mampostería por encima de la cubierta. Deben amarrarse como se indica en E.4.4.

Pie de amigo — Elementos oblicuos que transfieren cargas desde elementos horizontales a los elementos verticales.

Pie-derecho — Elemento vegetal de la estructura de un muro de bahareque encementado, en posición vertical.

***Preservació*n** — Tratamiento para prevenir o contrarrestar la acción de organismos destructores.

Recebo — Material granular seleccionado de relleno, que se coloca entre el suelo natural y el entrepiso. Este material debe compactarse en forma adecuada.

Retiro — Espacio obligatorio entre construcción y el límite del lote o entre dos construcciones.

Recubrimiento — Vaciado suplementario sobre una placa prefabricada que beneficia su trabajo como diafragma.

Recubrimiento de muros de bahareque encementado — Material que conforma las caras de un muro.

Riostra — Elemento que limita la deformabilidad de una estructura o de componentes de una estructura.

Revoque — (Repello-Pañete-Enlucido) Capa exterior constituida por un mortero de cemento, agua y arena, y que se aplica en la superficie de un muro.

Rolliza — Estado cilíndrico natural de los tallos de guadua o madera.

Secado — Proceso natural o artificial mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera o guadua.

Solera — En muros de bahareque encementado, es el elemento horizontal que sirve de base a la estructura de un muro e integra las cargas de los pié-derechos. En muros en mampostería y muros en bahareque encementado, también es el elemento de remate del muro al nivel de la cubierta y que recibe las cargas transferidas por las correas. Remate de muro o de cubierta.

Tirante — Elemento que une caras opuestas de elementos de borde de entrepisos y cubiertas, en tramos con longitudes de magnitud importante, para evitar que se deformen fuera del plano de los muros.

Viga en madera o viga en guadua — Pieza, generalmente horizontal, cuyo trabajo principal es a flexión.

Viga de amarre — Es un elemento de concreto reforzado de no menos de 150 mm de altura que sirve para amarrar a diferentes niveles los muros de una edificación. La viga de amarre puede estar embebida dentro de la losa de entrepiso cuando ésta es de concreto reforzado, y en este caso puede tener el mismo espesor del entrepiso.

Viga de corona — Elemento de concreto reforzado complementario de los cimientos en concreto ciclópeo, vaciado directamente sobre ellos y que cumple funciones de amarre y repartición de cargas.

Vigueta — Elemento estructural secundario de la cubierta, que trabaja a flexión y cortante.

E.1.3 — CRITERIOS BÁSICOS DE PLANEAMIENTO ESTRUCTURAL

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, entre los cuales los más relevantes se

indican a continuación:

E.1.3.1 — **SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA** — El sistema de resistencia sísmica para las casas contempladas en este capítulo, debe garantizar un comportamiento adecuado, tanto individual como de conjunto, ante cargas verticales y horizontales. Esto se logra por medio de los siguientes mecanismos:

(a) Un conjunto de muros estructurales dispuestos de tal manera que provean suficiente resistencia ante los efectos sísmicos horizontales en las dos direcciones principales en planta, teniendo en cuenta sólo la rigidez longitudinal de cada muro. Los muros estructurales 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 entrepisos si los hay y su propio peso. Los muros estructurales deben diseñarse siguiendo las especificaciones dadas en el capítulo E.3 para muros de mampostería confinada, y en el capítulo E.7 para muros de bahareque encementado.

(b) Un sistema de diafragmas que obligue al trabajo conjunto de los muros estructurales, mediante amarres que transmitan a cada muro la fuerza lateral que deba resistir. Los elementos de amarre para la acción de diafragma se deben ubicar dentro de la cubierta y los entrepisos y diseñarse de acuerdo con las especificaciones dadas en el capítulo E.5.

(c) Un sistema de cimentación que transmita al suelo las cargas derivadas de la función estructural de cada muro. El sistema de cimentación debe tener una rigidez apropiada, de manera que se prevengan asentamientos diferenciales inconvenientes. El conjunto de cimientos debe constituir un diafragma y diseñarse de acuerdo con el capítulo E.2.

E.1.3.2 — **DISPOSICIÓN DE MUROS ESTRUCTURALES** — Debido a que los muros individualmente resisten principalmente las cargas laterales paralelas a su plano, es necesaria la colocación de muros en dos direcciones ortogonales, o aproximadamente ortogonales, en planta. La longitud de los muros en las dos direcciones debe ser aproximadamente igual.

E.1.3.3 — **SIMETRÍA** — Con el fin de evitar torsiones de toda la edificación, ésta debe tener una planta lo más simétrica posible. La edificación como un todo y los módulos que la conforman, deben ser simétricos con respecto a sus ejes. 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. La distribución simétrica de los muros debe verificarse mediante las ecuaciones E.3.6-2 y E.7.8-2, según los muros sean construidos en mampostería confinada o en bahareque Encementado, respectivamente.

E.1.3.4 — **INTEGRIDAD ESTRUCTURAL**

E.1.3.4.1 — *General* — Tanto la efectividad de los amarres en los diafragmas como el trabajo en conjunto de muros dependen de la continuidad vertical de los muros estructurales y de la regularidad de la estructura, tanto en planta como en altura. Por esta razón se debe tener en cuenta:

E.1.3.4.1.1 — ***La continuidad vertical*** — Para considerar un muro como muro estructural, éste debe estar anclado a la cimentación. Cada muro estructural debe ser continuo entre la cimentación y el diafragma inmediatamente superior, sea el entrepiso o la cubierta. En casas de dos pisos, los muros estructurales que continúen a través del entrepiso deben, a su vez, ser continuos hasta la cubierta para poder considerarse estructurales en el segundo nivel, siempre y cuando no se reduzca su longitud en más de la mitad de la longitud que posee en el primer nivel y siempre y cuando se cumpla en cada nivel con los requerimientos de E.3.6 o E.7.8, según los muros sean construidos en mampostería confinada o en bahareque encementado, respectivamente. Muros del segundo piso que no tengan continuidad hasta la cimentación no podrán considerarse como muros estructurales. Si un muro anclado a la cimentación continúa a través del entrepiso y es continuo hasta la cubierta, siendo su longitud mayor en el segundo piso que en el primero, será considerado como muro estructural del segundo piso, sólo en la longitud que tiene en el primer piso.

E.1.3.4.1.2 — ***La regularidad en planta*** — Debe evitarse la irregularidad geométrica en planta. Para ello debe verificarse que se cumplan las limitaciones establecidas en la figura A.3-1, para las irregularidades 2P y 3P y evitarse cualquier otra forma de irregularidad en planta. Las formas irregulares podrán convertirse, por descomposición, en varias formas regulares, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en E.1.3.4.3.

E.1.3.4.1.3 — ***La regularidad en altura*** — Deben evitarse las irregularidades geométricas en alzado. Para ello debe verificarse que se cumplan las limitaciones establecidas en la figura A.3-2, para las

irregularidades 3A y evitarse cualquier otra forma de irregularidad en altura. Cuando la estructura tenga forma irregular en altura, podrá descomponerse en formas regulares aisladas, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en E.1.3.4.3.

E.1.3.4.2 — *Adiciones* — Deben evitarse, o aislarse convenientemente, las adiciones exteriores o reformas interiores en materiales y sistemas constructivos diferentes al del resto de la edificación. No debe cambiarse o modificarse la fachada de una construcción de bahareque por mampostería. Así mismo, deben evitarse adiciones como cocinas, baños o habitaciones adicionales en mampostería para edificaciones estructuradas con bahareque. Toda adición y modificación a las estructuras de bahareque debe construirse con este mismo material, a menos que la adición o modificación esté adecuadamente aislada del resto de la edificación, cumpliendo lo establecido en E.1.3.4.3, para que trabaje independientemente de la estructura de bahareque, resolviendo en sí misma su estabilidad y resistencia.

E.1.3.4.3 — *Juntas sísmicas*

E.1.3.4.3.1 — Se requieren juntas sísmicas en los siguientes casos:

(a) Cuando la relación de la longitud con respecto al ancho, en planta, excede 3:1.
(b) Cuando el terreno tiene pendientes superiores al 30%. La junta sísmica debe colocarse de manera que separe cada una de las viviendas sin que hayan muros medianeros entre dos viviendas contiguas.
(c) Cuando en conjuntos de casas seriadas medianeras, coexisten las casas de bahareque con otras de diferentes materiales, como mampostería, concreto reforzado, acero, etc.
(d) Casas construidas independientemente.

E.1.3.4.3.2 — La junta sísmica debe tener una dimensión mínima de j veces la altura de la edificación, medida hasta el caballete de la cubierta. El valor de j debe establecerse con base en la tabla E.1.3-1

Tabla E.1.3-1
Espacio mínimo de separación

Estructura	j (m/m)	
	Mampostería	**Bahareque**
Edificación con aberturas de más del 25% de las fachadas	0.015	0.020
Edificación con aberturas de menos del 25% de las fachadas	0.010	0.015

E.1.3.4.3.3 — Las edificaciones separadas por junta sísmica pueden compartir cimentaciones, pero deben separarse desde el nivel del sobrecimiento de manera que actúen independientemente.

E.1.3.5 — **PESO DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN** — Las fuerzas que genera el sismo son fuerzas inerciales y por lo tanto, mientras mayor sea la masa, mayor será la fuerza generada. Este aspecto es de especial importancia en las cubiertas, en las cuales deben evitarse elementos muy pesados como tanques para agua de 1 m^3 ó más de capacidad

Notas

CAPÍTULO E.2
CIMENTACIONES

E.2.1 — GENERALIDADES

E.2.1.1 — **INVESTIGACIÓN MÍNIMA** — En todos los casos se deben cumplir los siguientes requisitos mínimos, los cuales deberán quedar consignados en un Memorial de Responsabilidad suscrito por el profesional responsable de la licencia de construcción:

(a) Verificar el comportamiento de casas similares en las zonas aledañas constatando que no se presenten asentamientos diferenciales, agrietamientos, pérdida de verticalidad, compresibilidad excesiva, expansibilidad de intermedia a alta, colapsibilidad, etc., que permita concluir que el comportamiento de las casas similares ha sido el adecuado.

(b) Verificar en inmediaciones del sector a intervenir la ausencia de procesos de remoción en masa, áreas de actividad minera activa, en recuperación o suspendida, erosión, cuerpos de aguas u otros que puedan afectar la estabilidad y funcionalidad de las casas.

(c) Se debe realizar mínimo un apique por cada tres unidades construidas o por cada 300 m^2 de construcción, hasta una profundidad mínima de 2.0 m, en el que se constate la calidad razonable del suelo de cimentación.

(d) En los apiques indicados 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 investigación mínima indiquen condiciones inadecuadas para la estabilidad del proyecto, se deberán realizar los estudios geotécnicos indicados en el numeral E.2.1.2.

E.2.1.2 — **ESTUDIO GEOTÉCNICO** — Debe realizarse un estudio geotécnico que cumpla los requisitos del Título H del reglamento 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 que presenten colapsibilidad.
(f) Suelos en zonas que presenten procesos de remoción en masa, áreas de actividad minera activa, en recuperación o suspendida, erosión, cuerpos de aguas u otros que puedan afectar la estabilidad y funcionalidad de las casas.

E.2.1.3 — LIMPIEZA DEL TERRENO — El terreno debe limpiarse de todo material orgánico y deben realizarse los drenajes necesarios para asegurar una mínima incidencia de la humedad.

E.2.1.4 — **SISTEMA DE CIMENTACIÓN** — La cimentación estará compuesta por un sistema reticular de vigas que configuren anillos aproximadamente rectangulares en planta, como se ilustra en la figura E.2.1-1, y que aseguren la transmisión de las cargas de la superestructura al suelo en forma integral y equilibrada. Debe existir una viga de cimentación para cada muro estructural. Ningún elemento de cimentación puede ser discontinuo.

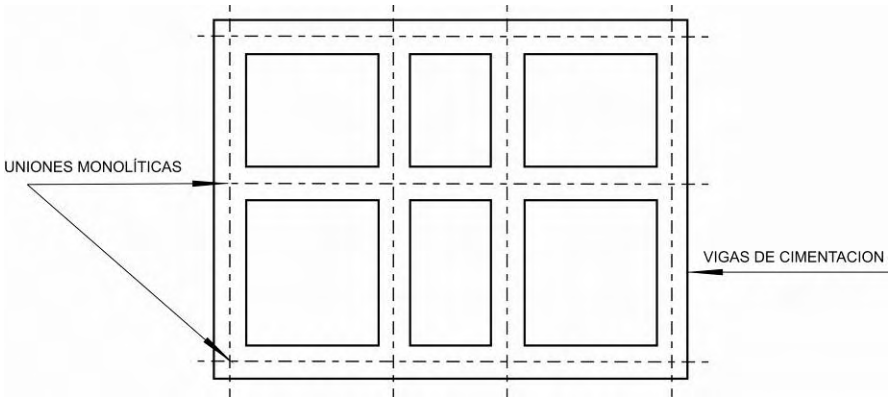


Figura E.2.1-1 — Sistema reticular de vigas que configuran anillos cerrados y continuos

E.2.1.5 — **CONFIGURACIÓN EN PLANTA** — Si uno de los anillos del sistema de cimentación tiene una relación largo sobre ancho mayor que dos, o si sus dimensiones interiores son mayores de 4,0 m, debe construirse una viga intermedia de cimentación, así no sirva de apoyo a ningún muro, en cuyo caso sus dimensiones mínimas pueden reducirse a 200 mm por 200 mm. La intersección de los elementos de cimentación debe ser monolítica y los refuerzos deben anclarse con ganchos estándar de 90° en la cara exterior del elemento transversal Terminal, como se muestra en la figura E.2.1-2.

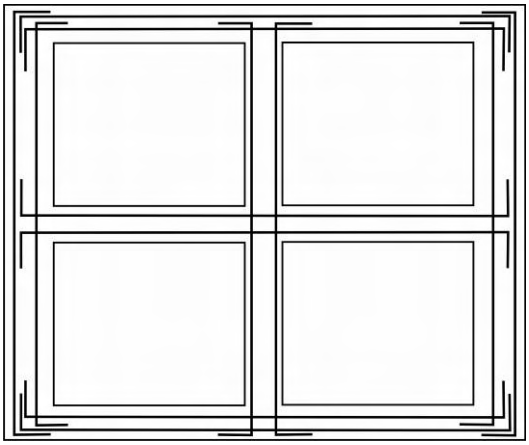


Figura E.2.1-2 — Ganchos de anclaje en vigas de cimentación transversales

E.2.2 — ESTRUCTURACIÓN DE LOS CIMIENTOS

E.2.2.1 — **GENERAL** — Las vigas de cimentación deben 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 E.2.2-1:

Tabla E.2.2-1
Valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentaciones

	Sistema Estructural	Un piso	Dos Pisos	Resistencia Mínima, MP_a	
Anchura	Mampostería	250 mm	300 mm	f_y	f_c
	Bahareque	200 mm	250 mm		
Altura	Mampostería	200 mm	300 mm		
	Bahareque	150 mm	200 mm		
Acero Longitudinal		4 No. 3 (ó 10M)	4 No. 4 (ó 12M)	420	17
Estribos		No. 2 a 200 mm	No. 2 a 200 mm	240	
Acero para anclaje de muros	Mampostería	No. 3	No. 3	412	
	Bahareque	No. 3	No. 4		

E.2.2.2 — **CIMIENTOS EXCÉNTRICOS** — Los cimientos pueden colocarse excéntricos en los casos en que haya medianería o junta sísmica. Su geometría y refuerzo deben ser iguales a los mínimos especificados en E.2.2.2.

E.2.2.3 — **CIMENTACIONES SOBRE TERRENO INCLINADO** — Cuando la inclinación del terreno exija la ejecución de cortes para la construcción del proyecto y/o sistemas de contención, éstos se deben diseñar atendiendo las disposiciones del Título H y disponiendo los elementos adicionales requeridos para resistir las cargas laterales allí especificadas.

E.2.2.3.1 — Para pendientes superiores al 20% debe garantizarse la estabilidad en la cimentación, empleando procedimientos tales como pilares en concreto de sección circular, dispuestos en las esquinas del borde inferior de ladera, a distancias no mayores de 5 m entre centros y anclados no menos de 1 m en el suelo natural. La esquina de la malla de cimentación correspondiente a cada pilar se debe anclar mediante 4 barras del N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm) formando una canastilla de 150 mm x 150 mm que debe penetrar en el pilar al menos 500 mm y anclarse en los elementos de la malla de cimentación. La configuración de los pilares y su refuerzo se ilustra en la figura E.2.2-1

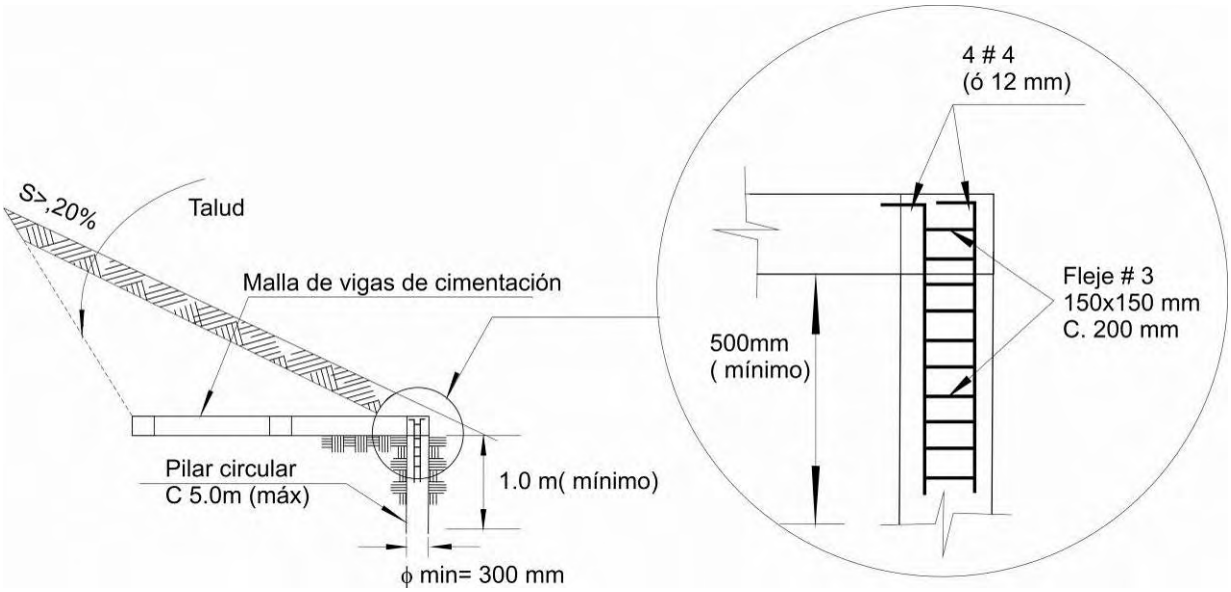


Figura E.2.2-1 — Pilares para estabilizar pendientes mayores del 20%

E.2.2.4 — **SOBRECIMIENTOS** — El nivel inferior de las vigas de cimentación deberá estar a una profundidad mínima de 500 mm por debajo del nivel de acabado del primer piso. Debe construirse sobre ellas un sobrecimiento que puede fabricarse con mampostería confinada o con mampostería reforzada, siguiendo los requerimientos del Título D o de los capítulos E.3 y E.4 del Título E, o con concreto, de acuerdo con los requisitos del Título C, que sobresalga, mínimo 80 mm. El sobrecimiento debe anclarse debidamente a la cimentación mediante barras de refuerzo. Los sobrecimientos en mampostería deben rematarse con vigas de amarre que garanticen la conformación de un diafragma en el nivel del contrapiso, estructuradas de acuerdo con lo establecido en el numeral E.4.4. De allí en adelante, se construye el entrepiso del primer piso útil.

E.2.2.4.1 — Cuando el terreno es inclinado, con una pendiente mayor al 5 %, el sobrecimiento se debe construir con altura constante en los muros paralelos a las curvas de nivel y una altura variable o escalonada en los muros perpendiculares a las curvas de nivel. No deben construirse vigas de cimentación que tengan superficies inclinadas en contacto con el suelo.

E.2.2.4.2 — Cuando la profundidad del estrato de suelo competente es mayor de 700 mm, puede reducirse la altura del sobrecimiento, colocando la viga de cimentación sobre un relleno de concreto ciclópeo. Este relleno debe tener una anchura mínima de 300 mm y una altura mínima de 200 mm. Para la elaboración del concreto ciclópeo debe utilizarse material pétreo con tamaño máximo igual a la mitad de la anchura del relleno pero sin exceder 250 mm. El volumen ocupado por este agregado no debe ser superior al 40 % del volumen total del relleno ciclópeo. El resto del volumen debe llenarse con concreto de la misma o mejor calidad del concreto de las vigas de cimentación.

E.2.2.5 — La losa de contrapiso debe aislarse lateralmente del sobrecimiento sobre el que se apoyan los muros, no debe conectarse estructuralmente con la estructura de cimentación y en ningún caso debe considerarse como parte integral de la cimentación.

E.2.3 — INSTALACIONES HIDROSANITARIAS

E.2.3.1 — Las instalaciones hidrosanitarias deben colocarse por encima de la malla estructural de cimentación, a través del sobrecimiento o por debajo de la malla de cimentación, caso en el cual la distancia vertical entre el fondo de la malla y el borde superior de la tubería debe ser mayor de 100 mm. La intersección entre los elementos de la malla de cimentación y la zanja de la instalación se debe rellenar con un concreto pobre. En ningún caso pueden empotrarse las instalaciones hidrosanitarias en las vigas de cimentación.

E.2.4 — ESPECIFICACIONES ESPECIALES

E.2.4.1 — **JUNTAS** — La cimentación debe contener juntas a distancias no mayores de 30 m, a menos que un estudio geotécnico completo realizado de acuerdo con las especificaciones del Título H, resulte en distancias diferentes.

E.2.4.2 — **MUROS DIVISORIOS NO ESTRUCTURALES** — Los muros divisorios no estructurales deben apoyarse sobre cimentaciones similares a las de los muros estructurales, excepto que pueden tener las dimensiones especificadas para edificaciones de un piso, independientemente del número de pisos de la construcción.

CAPÍTULO E.3
MAMPOSTERÍA CONFINADA

E.3.1 — GENERALIDADES

E.3.1.1 — **SEGÚN SU FUNCIÓN** — Los muros de las casas de uno y dos pisos, en mampostería confinada, contempladas dentro del alcance del presente Título del Reglamento, se clasifican en dos grandes grupos:

E.3.1.1.1 — ***Muros confinados estructurales*** — Se consideran muros estructurales aquellos que resisten las fuerzas horizontales causadas por el sismo, o el viento, además de soportar las cargas verticales, muertas y vivas, en el caso de que constituyan soporte del entrepiso y/o cubierta

E.3.1.1.2 — ***Muros no estructurales*** — Son aquellos muros que cumplen la función de separar espacios dentro de la casa y que no soportan ninguna carga adicional a su peso propio.

E.3.1.2 — **MUROS CONFINADOS ESTRUCTURALES** — Sólo se consideran como muros estructurales, en un nivel determinado, aquellos que presentan continuidad vertical desde la cimentación hasta el diafragma superior del nivel considerado, que no tienen ningún tipo de aberturas, y que están confinados.

E.3.1.3 — **AMARRE DE LOS MUROS NO ESTRUCTURALES** — Los muros no estructurales, interiores o de fachada, deben amarrarse o trabarse con los muros perpendiculares a su plano y los diafragmas.

E.3.1.4 — **PERDIDA DE SECCIÓN** — Cuando un muro estructural pierda en algún punto más del 50 por ciento de su sección debido a una bajante o a algún otro elemento perteneciente a las instalaciones interiores, debe considerarse que el muro se ha fraccionado en dos muros, los cuales deben analizarse y diseñarse como elementos independientes, confinando cada uno de ellos independientemente.

E.3.2 — UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

E.3.2.1 — Las unidades de mampostería que se utilicen en las casas de uno y dos pisos pueden ser de concreto, de arcilla cocida o de silical. Las unidades de mampostería pueden ser de perforación vertical, de perforación horizontal ó macizas y deben cumplir las especificaciones establecidas en las normas NTC expedidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, que se relacionan a continuación:

E.3.2.1.1 — ***Unidades de concreto***

- **(a)** Las unidades (bloque) de perforación vertical portante de concreto deben cumplir con la norma NTC 4026 (ASTM C90)
- **(b)** Las unidades portantes de concreto macizas (tolete), deben cumplir con la norma NTC 4026 (ASTM C55)
- **(c)** Las unidades de concreto de resistencia clase baja, deben cumplir con la norma NTC 4076 (ASTM C129)

E.3.2.1.2 — ***Unidades de arcilla***

- **(a)** Las unidades (bloque) de perforación vertical de arcilla deben cumplir con la norma NTC 4205 (ASTM C34)
- **(b)** Las unidades de arcilla macizas (tolete) deben cumplir con la norma NTC 4205 (ASTM C62, C652)
- **(c)** Las unidades de arcilla de resistencia clase baja, deben cumplir con la norma NTC 4205 (ASTM C56, C212, C216).

E.3.2.1.3 — ***Unidades sílico-calcáreas —*** Las unidades sílico-calcáreas deben cumplir con la norma NTC 922 (ASTM C73).

E.3.3 — MORTERO DE PEGA

E.3.3.1 — Los morteros de pega utilizados en construcciones de uno y dos pisos deben tener buena plasticidad y consistencia y deben garantizar la retención del agua mínima para la hidratación del cemento. Su función principal es la de adherir las unidades de mampostería y para ello se deben establecer dosificaciones apropiadas que garanticen su calidad. Su resistencia mínima a la compresión a los 28 días debe ser 7.5 MPa (75 kgf/cm^2), medida en cilindros de 75 mm de diámetro por 150 mm de altura. Su dosificación entre material cementante (cemento y cal) respecto a la arena cernida por malla No. 8, no puede ser inferior a 1:4 en volumen.

E.3.4 — ABERTURAS EN LOS MUROS

E.3.4.1 — Las aberturas en los muros deben ser pequeñas, bien espaciadas y no pueden estar ubicadas en las esquinas. El área de los vanos de un muro no debe ser mayor al 35% del área total del muro.

E.3.4.2 — **DISTANCIA MÍNIMA ENTRE ABERTURAS** — Entre las aberturas de un mismo muro debe existir una distancia suficiente. La distancia mínima entre aberturas debe ser mayor a 500 mm. Y en ningún caso debe ser menor que la mitad de la dimensión mínima de la abertura.

E.3.4.3 — **REFUERZO DE LAS ABERTURAS** — Se deben reforzar los vanos con vigas y columnas de concreto reforzado alrededor de los mismos y la longitud total en planta de los vanos debe ser menor que la mitad de la longitud total en planta del muro

> **E.3.4.3.1** — No se deben dejar aberturas continuas en la parte superior del muro, cerca de las columnas de confinamiento, por que se puede presentar el efecto de columna corta.

E.3.5 — ESPESOR DE MUROS

E.3.5.1 — **DEBIDO A LA ALTURA LIBRE** — Para muros estructurales la distancia libre vertical entre diafragmas no puede exceder 25 veces el espesor efectivo del muro. En el caso de cubiertas que constituyan diafragmas inclinados, la medida vertical puede tomarse como la distancia libre entre el diafragma inferior de entrepiso o de cimentación y la altura media del diafragma; y cuando haya vigas de amarre a la altura de dintel, la distancia vertical puede tomarse hasta este nivel, verificando tanto la distancia por debajo del dintel como la distancia hasta el punto más alto de la culata de remate, la cual debe tener una cinta de amarre en su remate.

E.3.5.2 — **DEBIDO A LONGITUD LIBRE HORIZONTAL** — Para los muros estructurales la distancia libre horizontal no puede exceder 35 veces el espesor efectivo del muro. Se debe tomar como distancia libre horizontal la existente entre columnas de amarre o entre muros transversales trabados con el muro bajo consideración.

E.3.5.3 — **ESPESOR MÍNIMO DE MUROS ESTRUCTURALES CONFINADOS** — En ningún caso, el espesor nominal de los muros estructurales de carga puede ser inferior al establecido en la tabla E.3.5-1. Estos espesores mínimos nominales pueden disminuirse solo cuando se realiza el diseño completo de la edificación de acuerdo con los requisitos del Título A y del Título D de este Reglamento.

Tabla E.3.5-1
Espesores mínimos nominales para muros estructurales en casas de uno y dos pisos (mm)

Zona de Amenaza Sísmica	Número de niveles de construcción		
	Un Piso	Dos Pisos	
		1° Nivel	2° Nivel
Alta	110	110	100
Intermedia	100	110	95
Baja	95	110	95

Nota: Para estos espesores mínimos nominales no se deben tener en cuenta los pañetes y acabados

E.3.6 — LONGITUD DE MUROS CONFINADOS

E.3.6.1 — **GENERAL** — Para poder garantizar que la edificación tenga capacidad de disipación de energía en el rango inelástico, debe proveerse una longitud mínima de muros confinados en cada una de las direcciones principales en planta. Los muros confinados pueden ser muros de carga o muros transversales de rigidez.

E.3.6.2 — **LOCALIZACIÓN** — Para poder garantizar que el comportamiento individual y de conjunto sea adecuado, los muros confinados deben ubicarse buscando la mejor simetría y la mayor rigidez torsional de la edificación. Esto se logra disponiendo muros confinados simétricos lo más cerca posible a la periferia.

E.3.6.3 — **CANTIDAD DE MUROS EN CADA DIRECCIÓN** — Para proveer un reparto uniforme de la responsabilidad de resistir las fuerzas sísmicas en el rango inelástico, los muros confinados que se dispongan en cada una de las direcciones principales deben tener longitudes similares. Las longitudes de aquellos muros confinados que estén en un mismo plano vertical, no deben sumar más de la mitad de la longitud total de muros confinados en esa dirección.

E.3.6.4 — **LONGITUD MÍNIMA DE MUROS CONFINADOS** — La longitud de muros confinados requerida en cada una de las direcciones principales de la edificación, en metros, no puede ser menor que la que se obtiene por medio de la ecuación E.3.6-1

$$L_{min} = \frac{M_o A_p}{t} \qquad \textbf{(E.3.6-1)}$$

donde:

L_{min} = longitud mínima de muros estructurales en cada dirección (m)

M_o = coeficiente que se lee en la tabla E.3.6-1

t = espesor efectivo de muros estructurales en el nivel considerado (mm)

A_p = se considera en m^2 como sigue:

(a) Igual al área de la cubierta en construcciones de un piso con cubierta en losa de concreto.

(b) Igual al área de cubierta para muros del segundo nivel en construcciones de dos pisos, cuando la cubierta es una losa de concreto.

(c) Igual al área de cubierta más el área de entrepiso para muros de primer nivel en construcciones de dos pisos con cubierta consistente en una losa de concreto.

(d) Cuando se emplee una cubierta liviana, los valores del área determinados para cubiertas de losa de concreto según (a), (b), o (c), pueden multiplicarse por 2/3.

Tabla E.3.6-1
Coeficiente M_o para longitud mínima de muros estructurales confinados *

Zona de Amenaza Sísmica	Valores A_a	Valores M_o
Alta	0.40	33.0
	0.35	30.0
	0.30	25.0
	0.25	21.0
Intermedia	0.20	17.0
	0.15	13.0
Baja	0.10	8.0
	0.05	4.0

(*) Los valores de A_a dependen de la zona sísmica en donde se construye el proyecto. Para ello consultar el mapa de la figura A.2.3.2 y la tabla A.2.3-2.

E.3.6.5 — **MUROS QUE SE TIENEN EN CUENTA PARA CUMPLIR LA LONGITUD MÍNIMA** — Para efectos de contabilizar la longitud de muros confinados en cada dirección principal, sólo deben tenerse en cuenta aquellos muros que están confinados, que son continuos desde la cimentación hasta la cubierta, y que no tienen ninguna abertura entre columnas de confinamiento.

E.3.6.6 — DISTRIBUCIÓN SIMÉTRICA DE MUROS — Los muros deben estar distribuidos de manera aproximadamente simétrica. Por lo tanto, debe cumplirse con la ecuación E.3.6-2, tomada en su valor absoluto:

$$\left| \frac{\left[\frac{\sum (L_{mi}\, b)}{\sum L_{mi}} - \frac{B}{2} \right]}{B} \right| \leq 0.15 \qquad \textbf{(E.3.6-2)}$$

En donde:

L_{mi} = longitud de cada muro (en m) en la dirección i.

b = la distancia perpendicular (en m) desde cada muro en la dirección **i**, hasta un extremo del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso (véase figura E.3.6-1).

B = longitud del lado (en m), perpendicular a la dirección i, del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso.

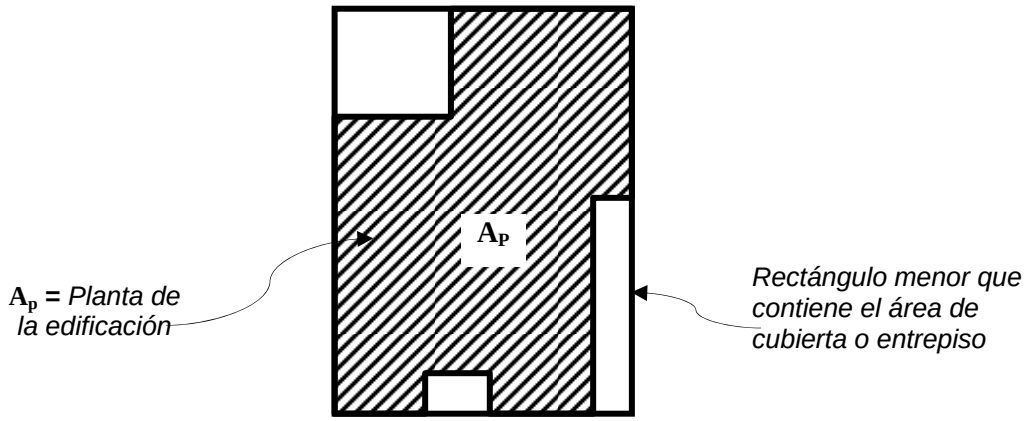


Figura E.3.6-1 — Descripción del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso

E.3.6.7 — VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE MUROS — En los casos en los cuales no se cumplan los requisitos expresados en E.3.6.4, deberá aumentarse la longitud total de muros en cada dirección, en cada nivel, a menos que se demuestre, por medio de un procedimiento de análisis estructural, basado en los Títulos A y D del presente Reglamento, que una longitud de muros inferior a la especificada por la ecuación E.3.6-1, es suficiente para resistir las cargas horizontales calculadas.

E.3.6.8 — VERIFICACIÓN DE LA ASIMETRÍA DE MUROS EN PLANTA — En los casos en los cuales no se cumplan los requisitos expresados en E.3.6.6, debe hacerse de nuevo la distribución de los muros en planta hasta lograr cumplir con la ecuación E.3.6-2. Sí en este proceso se reduce la longitud total de muros en cualquier dirección y cualquiera de los niveles, debe verificarse de nuevo el cumplimiento con la ecuación E.3.6-1, de acuerdo con lo estipulado en E.3.6.5.

CAPÍTULO E.4
ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO EN MAMPOSTERÍA CONFINADA

E.4.1 — GENERALIDADES

E.4.1.1 — En las edificaciones de uno y dos pisos que se construyan siguiendo los requisitos del presente Título del Reglamento, los muros estructurales son muros de mampostería confinada. Deben seguirse las disposiciones establecidas en este capítulo para los elementos de confinamiento (columnas, vigas y cintas), las cuales corresponden a un procedimiento de diseño empírico. En caso de que se deseen realizar variaciones con respecto a lo requerido aquí, la totalidad del diseño debe realizarse de acuerdo con el Título D del Reglamento.

E.4.2 — MATERIALES

E.4.2.1 — **ESPECIFICACIONES MÍNIMAS** — Las siguientes son las especificaciones mínimas establecidas para los materiales utilizables en la construcción de los elementos de confinamiento:

(a) ***Concreto*** — El concreto debe tener una resistencia a la compresión a los 28 días, $\mathbf{f'_c}$, igual o superior a 17.5 MPa.

(b) ***Acero de refuerzo*** — El acero de refuerzo longitudinal puede ser liso o corrugado. En ningún caso, el acero de refuerzo puede tener un límite de fluencia, $\mathbf{f_y}$ inferior a 240 MPa.

E.4.3 — COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

E.4.3.1 — **GENERAL** — En general, las columnas de confinamiento se construyen en concreto reforzado. Las columnas de confinamiento deben anclarse a la cimentación, pudiendo utilizarse empalmes por traslapo en la base de la columna, y deben rematarse anclando el refuerzo en la viga de amarre superior. Cuando una columna tenga dos niveles, se puede realizar un empalme por traslapo en cada nivel. Las columnas de confinamiento se deben vaciar con posterioridad al alzado de los muros estructurales y directamente contra ellos.

E.4.3.2 — **DIMENSIONES** — La sección transversal de las columnas de amarre debe tener un área no inferior a 20 000 mm² (200 cm^2), con espesor igual al del muro que confina.

E.4.3.3 — **UBICACIÓN** — Deben colocarse columnas de amarre en los extremos de los muros estructurales seleccionados, en las intersecciones con otros muros estructurales y en lugares intermedios a distancias no mayores de 35 veces el espesor efectivo del muro, 1.5 veces la distancia vertical entre elementos horizontales de confinamiento ó 4 m.

E.4.3.4 - REFUERZO MÍNIMO - El refuerzo mínimo de la columna de confinamiento debe ser el siguiente:

(a) ***Refuerzo longitudinal*** — No debe ser menor de 4 barras N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) ó 3 barras N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm).

(b) ***Refuerzo transversal*** — Debe utilizarse refuerzo transversal consistente en estribos cerrados mínimo de diámetro N° 2 (1/4") ó 6M (6 mm), espaciados a 200 mm. Los primeros seis estribos se deben espaciar a 100 mm en las zonas adyacentes a los elementos horizontales de amarre.

E.4.4 — VIGAS DE CONFINAMIENTO

E.4.4.1 — En general, las vigas de confinamiento se construyen en concreto reforzado. El refuerzo de las vigas de confinamiento debe anclarse en los extremos terminales con ganchos de 90°. Las vigas de amarre se vacían directamente sobre los muros estructurales que confinan.

E.4.4.2 — **DIMENSIONES** — El ancho mínimo de las vigas de amarre debe ser igual al espesor del muro, con un área transversal mínima de 20 000 mm^2 (200 cm^2). 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 a 20 000 mm² (200 cm^2).

E.4.4.3 — **UBICACIÓN** — Deben disponerse vigas de amarre formando anillos cerrados en un plano horizontal, entrelazando los muros estructurales en las dos direcciones principales para conformar diafragmas con ayuda del entrepiso ó la cubierta. Deben ubicarse amarres en los siguientes sitios:

(a) ***A nivel de cimentación*** — El sistema de cimentación constituye el primer nivel de amarre horizontal.

(b) ***A nivel del sistema de entrepiso en casas de dos niveles*** — Las vigas de amarre pueden ir embebidas en la losa de entrepiso. En caso de utilizarse una losa maciza de espesor superior o igual a 75 mm, se puede prescindir de las vigas de amarre en la zona ocupada por este tipo de losa, colocando el refuerzo requerido para la viga dentro de la losa.

(c) ***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 a 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. En este caso, se debe verificar, de acuerdo con E.3.5.1, la necesidad o no de amarre a nivel de dinteles.

E.4.4.4 — **REFUERZO MÍNIMO** — El refuerzo mínimo de las vigas de amarre debe ser el siguiente:

(a) ***Refuerzo longitudinal*** — El refuerzo longitudinal de las vigas de amarre se debe disponer de manera simétrica respecto a los ejes de la sección, mínimo en dos filas. El refuerzo longitudinal no debe ser inferior a 4 barras N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm), dispuestos en rectángulo para anchos de viga superior o igual a 110 mm. Para anchos inferiores a 110 mm, y en los casos en que el entrepiso sea una losa maciza, el refuerzo mínimo debe ser dos barras N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm) con límite de fluencia, $\mathbf{f_y}$ no inferior a 420 MPa.

(b) ***Refuerzo transversal*** — Considerando como luz el espacio comprendido entre columnas de amarre ubicadas en el eje de la viga, o entre muros estructurales transversales al eje de la viga, se deben utilizar estribos de barra N° 2 (1/4") ó 6M (6 mm), espaciados 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.

E.4.4.4.1 — Cuando una viga de amarre cumpla funciones adicionales a las aquí indicadas, como servicio de dintel o de apoyo para losa, ésta debe diseñarse de acuerdo a los requisitos del Título C de este Reglamento, adicionando a la armadura requerida por las cargas la aquí exigida para la función de amarre.

E.4.5 — CINTAS DE AMARRE

E.4.5.1 — 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. Indistintamente, se puede utilizar como cinta de amarre cualquiera de los siguientes elementos:

(a) Un elemento de concreto reforzado de altura superior o igual a 100 mm, con ancho igual al espesor del elemento que remata y reforzada mínimo con dos barras longitudinales N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm). El refuerzo transversal debe ser el necesario para mantener en la posición deseada las barras longitudinales.

(b) Un elemento construido con piezas de mampostería tipo U, reforzado longitudinalmente con mínimo dos barras N° 3 (3/8") ó 10M (10 mm) ó una barra N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm), e inyectado con mortero de inyección de resistencia a la compresión no inferior a 7.5 MPa.

E.4.5.2 — 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.

CAPÍTULO E.5
LOSAS DE ENTREPISO, CUBIERTAS, MUROS DIVISORIOS Y PARAPETOS

E.5.1 — LOSAS DE ENTREPISO

E.5.1.1 — **GENERAL** — El entrepiso debe diseñarse para las cargas verticales establecidas en el Título B del presente Reglamento. Debe poseer suficiente rigidez en su propio plano para garantizar su trabajo como diafragma. Cuando el sistema de entrepiso utilizado no garantice el trabajo de diafragma, no se puede utilizar el presente Título para el diseño de la edificación.

E.5.1.2 — **REQUISITOS** — Los sistemas de entrepiso que trabajan como diafragma deben estar construidos monolíticamente. Se deben cumplir los siguientes requisitos:

(a) Las losas de entrepiso en concreto reforzado deben cumplir lo dispuesto en el Título C de este Reglamento.
(b) Los esfuerzos de contacto por las cargas concentradas de dinteles, vigas o elementos de placa, no pueden exceder el 40 % de la resistencia bruta especificada para las unidades de mampostería.
(c) Cuando se utilicen placas prefabricadas el espesor real mínimo del muro debe ser de 120 mm y el apoyo de la placa no puede ser inferior a 20 mm. Para considerarla como diafragma se debe utilizar un recubrimiento con espesor mínimo 25 mm con resistencia a la compresión al menos de 7,5 MPa a los 28 días y reforzado al menos en la dirección transversal a la de carga. Los elementos de la losa deben apuntalarse provisionalmente hasta que se garantice el trabajo de conjunto de losa y de muro.

E.5.1.3 — ESPESOR MÍNIMO DE LOSAS — El espesor mínimo de una losa depende del sistema de entrepiso utilizado y del tipo de apoyo o elementos de soporte de acuerdo con la tabla E.5.1-1

Tabla E.5.1-1
Espesor mínimo de losas

TIPO DE LOSA	CONDICIÓN DE APOYO		
	Simplemente apoyada	Un apoyo continuo	Continuo con voladizo
Maciza	L/20	L/24	L/10
Aligerada (Viguetas en una dirección)	L/16	L/18.5	L/8

E.5.1.3.1 — Si la losa se construye con elementos prefabricados, estos deben unirse entre ellos y deben conectarse a las vigas que rodean la vivienda

E.5.1.4 — **LOSAS MACIZAS** — Las losas macizas están conformadas por una sola sección de concreto, el cual se encuentra reforzado en ambas direcciones. La losa debe tener por lo menos dos muros de apoyo y estos siempre deben ser opuestos. Para losas apoyadas en sus cuatro lados la dirección principal será del sentido más corto.

E.5.1.4.1 — ***Refuerzo mínimo*** — El refuerzo mínimo de acero que debe colocarse en la losa maciza será el estipulado por la tabla E.5.1-2. El refuerzo indicado solo puede ser utilizado para condiciones de carga estructuras del grupo de uso I.

Tabla E.5.1-2
Refuerzo mínimo en losas macizas

Luz de Diseño (m)	Espesor Mínimo (mm)	Refuerzo Mínimo	
		Principal	Secundario
1.0 – 2.0	80	1 N° 4 cada 300 mm	1 N° 2 cada 200 mm
2.1 – 2.5	100	1 N° 4 cada 300 mm	1 N° 2 cada 150 mm
2.6 – 3.0	120	1 N° 4 cada 250 mm	1 N° 3 cada 250 mm
3.1 – 3.5	150	1 N° 4 cada 250 mm	1 N° 3 cada 200 mm
3.6 – 4.0	180	1 N° 4 cada 200 mm	1 N° 2 cada 150 mm, arriba y abajo

E.5.1.4.2 — Luces mayores a las indicadas en la tabla E.5.1-2 no son recomendables para losas macizas y su diseño se debe realizar con los procedimientos establecidos en el Titulo C del presente Reglamento.

E.5.1.5 — **LOSAS ALIGERADAS** — Las losas aligeradas son utilizadas para salvar luces más grandes que las losas macizas. Este sistema reemplaza parte de la sección de concreto por material aligerarte, el cual pude ser de cajones de madera, casetones de esterilla de guadua, ladrillos o bloques.

E.5.1.5.1 — **Componentes de una losa aligerada** — Generalmente una losa aligerada esta conformada por cuatro componentes principales. Una torta inferior de concreto, los elementos aligerantes, la placa superior y las viguetas en concreto reforzado.

E.5.1.5.1.1 — ***La torta inferior*** — La torta inferior se construye con un mortero de arena y cemento con una dosificación mínima de un aparte de cemento por tres de arena. Debe tener un espesor mínimo de 20 mm y máximo de 30 mm. Se debe reforzar con alambrón cada 300 mm en ambas direcciones o con malla de gallinero con ojo de 25 mm

E.5.1.5.1.2 — ***Los elementos aligerantes*** — Estos elementos se colocan de tal manera que formen las cavidades de las viguetas.

E.5.1.5.1.3 — ***La placa superior*** — Es un concreto fundido monolíticamente con el sistema de piso. El espesor de la placa debe ser de 50 mm. La placa se debe reforzar con varilla N° 2 cada 300 mm en ambas direcciones o con malla electro-soldada equivalente a la cuantía anterior.

E.5.1.5.1.4 — ***Las viguetas*** — Son los elementos que contienen el refuerzo principal de la losa. El ancho de las viguetas debe ser mínimo de 80 mm y su espaciamiento máximo entre ejes será de 600 mm.

E.5.1.5.2 — **Refuerzo mínimo** — El refuerzo mínimo de acero que debe colocarse en la losa aligerada será el estipulado por la tabla E.5.1-3. El refuerzo indicado solo puede ser utilizado para condiciones de carga para estructuras del grupo de uso I.

Tabla E.5.1-3
Refuerzo mínimo para viguetas de losas aligeradas

Luz (m)	Espesor total placa (mm)	Refuerzo inferior continuo	Refuerzo inferior complementario en el centro de la luz	Refuerzo superior continuo	Refuerzo superior complementario para vigas de varias luces en los apoyos internos	Estribos
1.0– 2.5	150	1 N° 4		1 N° 4		N° 2 cada 80 mm
2.6 – 3.5	200	1 N° 4		1 N° 4		N° 2 cada 80 mm
3.6 – 4.5	280	1 N° 4	1 N° 3	1 N° 4	1 N° 3	N° 2 cada 120 mm
4.6 – 5.5	350	1 N° 4	1 N° 3	1 N° 4	1 N° 3	N° 2 cada 150 mm

E.5.1.5.2.1 — Los refuerzos especificados en la tabla E.5.1-3, solo son aplicables para una carga muerta de muros y acabados de máximo 1 kN/m^2, y una carga viva de 1.8 kN/m^2. Para condiciones de cargas diferentes a las expresadas en este numeral, el diseño de la placa debe hacerse según lo estipulado en el Titulo C del presente Reglamento.

E.5.2 — CUBIERTAS

E.5.2.1 — **GENERAL** — Los elementos portantes de cubierta, de cualquier material, deben conformar un conjunto estable para cargas laterales. Por lo tanto, se deben disponer sistemas de anclaje en los apoyos y suficientes elementos de arriostramiento como tirantes, contravientos, riostras, etc. que garanticen la estabilidad del conjunto.

E.5.2.2 — **SOLERAS** — Las correas o los elementos que transmitan las cargas de cubierta a los muros estructurales de carga, deben diseñarse para que puedan transferir las cargas tanto verticales como horizontales y deben anclarse en la solera que sirve de amarre al muro confinado (viga o cinta de amarre).

E.5.2.3 — **CUBIERTAS EN CONCRETO** — Cuando la cubierta sea construida en concreto reforzado debe cumplir los requisitos de E.5.1. Deben tomarse precauciones para evitar que la exposición directa a la radiación solar produzca expansiones y contracciones que lesionen la integridad de los muros estructurales.

E.5.2.4 — **SECCIONES Y ESPACIAMIENTOS DE ELEMENTOS PORTANTES DE CUBIERTAS** — Pueden utilizarse los valores dados en las tablas E.9.2-1 y E.9.2-2, para construcción de cubiertas con correas de guadua y correas de madera, respectivamente.

E.5.3 — MUROS DIVISORIOS

E.5.3.1 — **GENERAL** — Los muros divisorios sólo cumplen la función de separar espacios dentro de la edificación y por lo tanto no se consideran estructurales. Deben ser capaces de resistir las fuerzas que el sismo les impone bajo su propio peso. Los muros divisorios de mampostería deben estar adheridos a la estructura general de la edificación mediante mortero de pega en los bordes de contacto con los diafragmas superior e inferior y con los muros estructurales adyacentes. Deben tomarse todas las precauciones para evitar que, ante la ocurrencia de un sismo, estos muros divisorios se vuelquen, especialmente cuando no son de altura total y no lleguen al diafragma estructural en su parte superior. Cuando el muro divisorio consista en un solo paño aislado, debe anclarse al diafragma superior por medio de refuerzos resistentes a tracción, que impidan su vuelco. Los elementos divisorios en materiales más flexibles (madera, canceles, cartón y yeso, plástico, etc.) se deben anclar a la estructura principal.

E.5.4 — PARAPETOS Y ANTEPECHOS

E.5.4.1 — **GENERAL** — Los parapetos actúan como elementos en voladizo sometidos a una fuerza horizontal perpendicular a su propio plano.

E.5.4.1.1 — ***Parapetos*** — Todo tipo de parapeto de altura igual o inferior a 1.5 m se debe anclar al diafragma inmediatamente inferior mediante una cinta de remate y columnas de amarre ubicadas a distancias no mayores de 3 m, teniendo siempre una columna de amarre en cada extremo. Los parapetos de alturas mayores a la indicada deben diseñarse siguiendo las prescripciones del Título D.

E.5.4.1.2 — ***Antepechos*** — Los antepechos de mampostería para balcones se deben anclar al diafragma inferior mediante una cinta de remate y columnas ubicadas en las esquinas, en los extremos y a distancias intermedias no mayores de 1.5 m.

Notas

CAPÍTULO E.6
RECOMENDACIONES ADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN EN MAMPOSTERÍA CONFINADA

E.6.1 — GENERALIDADES

E.6.1.1 — Por ser de carácter muy general las disposiciones establecidas en los capítulos anteriores y por no requerir supervisión técnica especial para las construcciones aquí establecidas, las actividades de construcción deben ser especialmente cuidadosas con objeto de que el funcionamiento previsto de la obra en eventos sísmicos sea apropiado. El grado de generalización involucrado no exime de las verificaciones de calidad en los materiales utilizados, del cumplimiento de las tolerancias establecidas a lo largo de este reglamento, ni de los procedimientos de obra realizados al mejor nivel posible. A continuación se establecen, de manera simplificada y también general, los procedimientos de ejecución de la construcción.

E.6.2 — CIMENTACIONES

E.6.2.1 — **ADECUACIÓN DEL TERRENO** — En esta fase se deben retirar los materiales no apropiados para soporte de la edificación como son escombros, material vegetal, suelo suelto, etc. Igualmente se deben realizar los drenajes interiores y laterales necesarios y se deben determinar los niveles necesarios de tuberías y de la malla de cimentación. Si fuere necesario, se deben ejecutar las plataformas de suelo mejorado, compactado en capas no mayores de 150 mm ni menores de 100 mm.

E.6.2.2 — **ZANJAS** — Se deben realizar de manera simultánea las zanjas requeridas para las instalaciones y para la malla de cimentación. Del fondo de las zanjas para los elementos estructurales se debe retirar el material suelto y se debe colocar un mortero pobre de limpieza de unos 40 mm de espesor.

E.6.2.3 — **COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS** — Tanto los refuerzos longitudinales como los refuerzos transversales deben estar separados del suelo natural no menos de 50 mm en suelo seco, ni menos de 75 mm en suelo húmedo. Las tolerancias en recubrimientos y colocación de las armaduras con respecto a lo indicado en los planos debe ser de 10 mm. Una vez colocadas las armaduras de la cimentación, se deben fijar y anclar las armaduras de arranque de las columnas en los sitios indicados en los planos.

E.6.2.4 — **COLOCACIÓN DEL CONCRETO** — El concreto de la malla de cimentación se debe colocar empezando por los ejes de los muros de carga y siguiendo con los ejes transversales en barrido continuo. La suspensión provisional del vaciado del concreto se debe hacer mediante juntas verticales en los ejes de los muros de rigidez (transversales a los de carga). Durante la compactación del concreto colocado debe evitarse cualquier modificación en la posición de las armaduras de arranque de las columnas.

E.6.3 — MUROS ESTRUCTURALES Y COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

E.6.3.1 — En la ejecución de los muros se debe utilizar el siguiente procedimiento.

(a) ***Hiladas de sobrecimiento*** — Se debe picar, limpiar y humedecer la parte superior del concreto ciclópeo donde se coloca el mortero de pega de la primera hilada. Este mortero debe contener un impermeabilizante integral. La primera hilada de sobrecimiento, o hilada madrina, debe ir rematada con mortero que también contenga impermeabilizante integral.

(b) ***Ejecución del muro*** — La construcción del muro se debe ejecutar siguiendo el patrón de colocación de las unidades, teniendo la precaución de dejar los espacios requeridos para las columnas de confinamiento. Al momento de la ejecución del muro, se deben colocar los conectores flexibles establecidos para las intersecciones con muros no estructurales.

E.6.3.2 — **EJECUCIÓN DE LAS COLUMNAS DE CONFINAMIENTO** — Una vez se haya dispuesto el refuerzo vertical y el refuerzo horizontal de las columnas, se deben colocar los testeros laterales que constituyen la formaleta de las columnas, permitiendo que el concreto fundido haga contacto con la superficie terminal del muro confinado, la cual debe estar libre de rebabas y de materiales que restrinjan la adherencia entre el concreto y la mampostería. El

refuerzo vertical de la columna debe sobresalir de la superficie de enrase la cantidad necesaria para realizar los empalmes por traslapo con la columna superior si la hubiese; el remate del refuerzo vertical debe anclarse, llevándolo hasta la parte superior de la viga de confinamiento, utilizando ganchos de 90°. La parte superior del gancho debe quedar a distancia no mayor de 50 mm de la cara superior de la viga ó cinta de remate.

E.6.3.3 — **EJECUCIÓN DEL CONTRAPISO** — Una vez vaciadas las columnas de confinamiento del primer piso se deben ejecutar los rellenos complementarios en recebo entre el suelo natural y la loseta de contrapiso. Sobre la superficie nivelada del recebo, se deben colocar las armaduras de la loseta, para proceder a vaciar el material de ésta, (concreto con agregado fino o mortero con arena gruesa), llevándola siempre hasta la cara de los muros estructurales y las columnas.

E.6.3.4 — **EJECUCIÓN DE LOS MUROS NO ESTRUCTURALES** — En los sitios indicados en los planos, se debe construir la primera hilada, con mortero colocado directamente sobre el contrapiso. Las conexiones requeridas para intersecciones se deben anclar en las correspondientes juntas de pega.

E.6.4 — LOSA DE ENTREPISO

E.6.4.1 — La colocación de los elementos prefabricados del entrepiso, si los hay, y de las formaletas, cimbras, testeros, etc. debe realizarse de acuerdo con los planos.

E.6.4.2 — Una vez se hayan colocado las armaduras de vigas, las conexiones mecánicas especiales, las armaduras de la losas, etc., se puede proceder al vaciado y compactación del concreto del entrepiso, sometiéndolo a un proceso de curado adecuado. Deben haber transcurrido por lo menos 24 horas entre el vaciado de las columnas de confinamiento y el vaciado de la losa de entrepiso.

E.6.4.3 — A partir de ejecución de la losa de entrepiso el proceso de ejecución del segundo nivel es idéntico al del primer nivel hasta la altura de dinteles.

E.6.5 — CULATAS, AMARRES Y CUBIERTAS

E.6.5.1 — En esta fase del proceso constructivo se deben ejecutar las vigas de amarre, las soleras, las culatas laterales (cuchillas) y los anclajes de cubierta. Las columnas se deben vaciar previamente hasta altura de dinteles dejando la longitud de refuerzo para empalmes ó con la longitud total del mismo hasta nivel de remate.

E.6.5.2 — Los remates de todo tipo de refuerzo longitudinal de columnas, vigas de amarre ó cintas, debe terminar en ganchos estándar a 90°, anclando cada refuerzo de un elemento, en el elemento que le sea transversal.

E.6.6 — COMPLEMENTOS

E.6.6.1 — Los aspectos de construcción aquí dispuestos, se pueden complementar con lo establecido en los capítulos D.4 y D.10 del presente Reglamento.

CAPÍTULO E.7
BAHAREQUE ENCEMENTADO

E.7.1 — INTRODUCCIÓN

E.7.1.1 — El presente capítulo contiene los requisitos mínimos necesarios para otorgar a las casas de bahareque encementado, con uno y dos pisos, un grado de sismo resistencia tal que minimice la posibilidad de que la construcción colapse durante eventos sísmicos fuertes de baja probabilidad de ocurrencia, que sufra daños estructurales mínimos durante eventos sísmicos moderados y que no sufra daños estructurales durante eventos sísmicos leves de alta probabilidad de ocurrencia.

E.7.1.2 — El presente documento no sustituye la intervención y la competencia profesional de los Ingenieros y Arquitectos, cuya responsabilidad y participación en el diseño y construcción de edificaciones se reglamenta en el Título VI de la Ley 400 de 1997.

E.7.2 — ALCANCE

E.7.2.1 — En este capítulo se dan los requisitos mínimos que se deben seguir en el diseño y construcción de viviendas de uno y dos pisos, realizadas en bahareque encementado, que pertenecen al grupo de uso I, tal como lo define A.2.5.1.4 y dentro de las limitaciones establecidas en A.1.3.11, es decir, construcciones de uno y dos pisos que formen parte de programas de máximo 15 viviendas y menos de 3000 m^2 de área construida.

E.7.2.2 — Para el diseño y construcción de programas de viviendas de uno y dos pisos con más de 15 unidades o más de 3000 m^2 de área construida, se requiere la realización de estudios completos de análisis y diseño estructural de acuerdo con el siguiente derrotero:

- **(a)** Estudios geotécnicos de acuerdo con el Título H
- **(b)** Cimentaciones en concreto de acuerdo con el Título C
- **(c)** Sobre cimentaciones en concreto de acuerdo con el Título C.
- **(d)** Sobre cimentaciones en mampostería de acuerdo con el Título D.
- **(e)** Análisis estructural de acuerdo con las previsiones de diseño sismo resistente del Título A, los requerimientos para cálculo de cargas del Título B, y los requisitos de análisis del Apéndice E-A
- **(f)** Diseño y construcción de entrepisos y cubiertas de madera, de acuerdo con los requisitos para diseño y construcción del Título G.
- **(g)** Diseño y construcción de los componentes en bahareque en cementado, no reglamentados por lo anterior, se llevará a cabo con base en lo establecido en el presente capítulo.

E.7.3 — GENERALIDADES

E.7.3.1 — DEFINICIÓN — El bahareque encementado es un sistema estructural de muros que se basa en la fabricación de paredes construidas con un esqueleto de guadua, o guadua y madera, cubierto con un revoque de mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre, clavada en esterilla de guadua que, a su vez, se clava sobre el esqueleto del muro.

E.7.3.2 — CONSTITUCIÓN — El bahareque encementado es un sistema constituido por dos partes principales: el entramado y el recubrimiento. Ambas partes se combinan para conformar un material compuesto.

E.7.3.2.1 — ***Entramado*** — El entramado está constituido por dos soleras o elementos horizontales, inferior y superior, y pie-derechos o elementos verticales, conectados entre sí con clavos o tornillos. El marco del entramado, es decir las soleras y el pie-derechos exteriores, pueden construirse con guadua o con madera aserrada. El resto del entramado se construye con guadua. Puede contener diagonales.

E.7.3.2.2 — ***Recubrimiento*** — El recubrimiento se fabrica con mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre, tal como se especifica en E.7.4.5. La malla debe estar clavada sobre esterilla de guadua, o sobre un entablado. La esterilla debe ir anclada a los pié-derechos mediante clavos y alambre dulce trenzado entre los clavos.

E.7.4 — MATERIALES

E.7.4.1 — GUADUA

E.7.4.1.1 — El material predominante de este sistema constructivo es la guadua, cuya mejor calidad se consigue en plantas en estado maduro, es decir, mayores de 4 años. No puede utilizarse guadua con más del 20% de contenido de humedad ni por debajo del 10%. En todo caso, el contenido de humedad debe estar cercano a la humedad de equilibrio ambiental para madera, tal como se define en la Figura 2.3, del numeral "2.2.1. Influencia del secado sobre los Elementos de Madera", del Manual de diseño para maderas del Grupo Andino.

E.7.4.1.2 — La guadua debe inmunizarse para evitar el ataque de insectos xilófagos. El inmunizado no constituye protección contra otros efectos ambientales, de manera que la guadua no puede exponerse al sol ni al agua, en ninguna parte de la edificación, pues la acción de los rayos ultravioletas produce resecamiento, fisuración, decoloración y pérdida de brillo, y los cambios de humedad pueden causar pudrición.

E.7.4.2 — MADERA Y COMPLEMENTARIOS

E.7.4.2.1 — La calidad de la madera aserrada y de los elementos metálicos de unión deberá regirse por G.1.3 de este Reglamento.

E.7.4.2.2 — La clasificación mecánica de las maderas usadas en muros, entrepisos y cubiertas deberá corresponder, como mínimo, al grupo ES6, según G.1.3.5 del presente Reglamento.

E.7.4.3 — MORTERO

E.7.4.3.1 — La calidad del mortero de cemento para el revoque de muros y para el relleno de cañutos se regirá por D.3.4. La clasificación mínima requerida será la correspondiente al mortero tipo N, con una proporción en volumen de máximo 4 partes de arena por una parte de cementante.

E.7.4.3.2 — Las calidades del cemento y de la cal, en caso de agregarse ésta, son las indicadas en el aparte D.3.2 del Reglamento.

E.7.4.4 — CONCRETO Y ACERO DE REFUERZO

E.7.4.4.1 — Las calidades del concreto y de las armaduras para cimentaciones, de las vigas de amarre y de los elementos de confinamiento de mampostería, donde sean aplicables, se regirán por lo establecido en el capítulo C.3.

E.7.4.5 — MALLAS DE REFUERZO DEL REVOQUE

E.7.4.5.1 — Podrán usarse los siguientes tipos:

- **(a)** Malla de alambre trenzado con diámetro máximo de 1,25 mm (BWG calibre 18), de abertura hexagonal no mayor a 25,4 mm.
- **(b)** Malla de alambre electrosoldado con diámetro máximo de 1,25 mm (BWG calibre 18), de abertura cuadrada no mayor a 25,4 mm.
- **(c)** Malla de revoque de lámina metálica expandida, sin vena estructural.
- **(d)** Malla de revoque de lámina metálica expandida, con vena estructural.

E.7.4.5.2 — El uso de las mallas listadas en el numeral anterior no exime del uso de esterilla de guadua o entablado de madera, a menos que se demuestre, por medio de pruebas experimentales, que el comportamiento del material resultante es, cuando menos, equivalente al material con la esterilla o el entablado, al tenor de lo dispuesto en los artículos 13º y 14º de la Ley 400 de 1997.

E.7.5 — CLASIFICACIÓN DE MUROS

Los muros de una casa de uno o dos pisos de bahareque encementado, dentro del alcance del presente Capítulo, se clasifican en tres tipos**.**

E.7.5.1 — MUROS ESTRUCTURALES CON DIAGONALES — Son muros, o segmentos de muros, estructurales, compuestos por solera inferior, solera superior (o carrera), pie-derechos, elementos inclinados y recubrimiento con base en mortero de cemento, colocado sobre malla de alambre, clavada sobre esterilla de guadua o entablado de madera. Estos muros reciben cargas verticales y resisten fuerzas horizontales de sismo o viento. Los muros estructurales con diagonales deben colocarse en las esquinas de la construcción y en los extremos de cada conjunto de muros estructurales.

E.7.5.2 — MUROS ESTRUCTURALES SIN DIAGONALES — Son muros, o segmentos de muros, estructurales, compuestos por solera inferior, solera superior (o carrera), pie-derechos y recubrimiento con mortero de cemento, colocado sobre malla de alambre, clavada sobre esterilla de guadua y que carecen de elementos inclinados. Deben utilizarse únicamente para resistir cargas verticales. No deben constituirse en segmentos de los extremos de muros.

E.7.5.3 — Tanto los muros estructurales con diagonales como los que no tienen diagonales deben construirse apoyados sobre vigas de cimentación o en sobrecimientos, a su vez apoyados sobre vigas de cimentación. Los muros estructurales deben tener continuidad desde la cimentación hasta el diafragma superior con el cual están conectados.

E.7.5.4 — MUROS NO ESTRUCTURALES — Los muros que no soportan cargas diferentes a las de su propio peso se conocen con el nombre de muros no estructurales. Estos muros no tienen otra función que la de separar espacios dentro de la vivienda. Los muros no estructurales interiores deben conectarse con el diafragma superior por medio de una conexión que restrinja su volcamiento, pero que impida la transmisión de cortante o carga vertical entre la cubierta o el entrepiso y el muro no estructural. Los muros no estructurales no necesitan ser continuos y no requieren estar anclados al sistema de cimentación.

E.7.6 — COMPOSICIÓN DE MUROS

E.7.6.1 — Los muros de bahareque encementado deben componerse de un entramado de guaduas o de guaduas y madera, constituido por elementos horizontales llamados soleras (la solera superior también se llama carrera), elementos verticales llamados pie-derechos y recubrimiento de mortero de cemento. Las guaduas no deben tener un diámetro inferior a 80 mm. El espaciamiento horizontal entre pié-derechos no debe ser inferior a 300 mm ni superior a 600 mm, entre ejes.

E.7.6.2 — El recubrimiento de mortero debe aplicarse sobre una malla de alambre delgado (diámetro no superior a 1,25 mm), que a su vez se clava sobre esterilla de guadua, de acuerdo con lo especificado en E.7.4.5.

E.7.6.3 — La sección de las soleras tendrán un ancho mínimo igual al diámetro de las guaduas usadas como pie-derechos y una altura no menor de 100 mm. Es preferible construir las soleras, inferior y superior de cada muro en madera aserrada, ya que sus uniones permiten mayor rigidez y son menos susceptibles al aplastamiento que los elementos de guadua.

E.7.6.4 — Los muros de bahareque encementado podrán tener recubrimiento por ambos lados. Si no es posible, la longitud efectiva del muro con recubrimiento por un solo lado debe considerarse como la mitad de su longitud total real, para efectos de los requerimientos especificados en E.7.8.1 y E.7.8.2.

E.7.7 — DIAFRAGMAS

E.7.7.1 — Las soleras deben conformar conjuntamente con los entrepisos y la estructura de la cubierta un diafragma que traslade las cargas horizontales a los muros estructurales. Deben proveerse uniones o vínculos entre los muros y los diafragmas, como se indica en el numeral E.8.3 del presente Título.

E.7.7.2 — Deben colocarse tirantes y cuadrantes en el nivel de solera superior de cada piso, para garantizar el efecto de diafragma. Los cuadrantes bastan cuando los espacios rectangulares entre muros no superan relaciones de 1,5 sobre 1 entre lado mayor y lado menor. Para relaciones mayores, deben colocarse tirantes que dividan los espacios rectangulares en espacios con relaciones menores de 1,5 sobre 1.

E.7.7.3 — Los diafragmas deben existir en los niveles de cimentación, de entrepisos y de cubierta.

E.7.8 — LONGITUD DE MUROS EN CADA DIRECCIÓN

Para proveer un reparto uniforme de la responsabilidad para resistir las fuerzas sísmicas en el intervalo inelástico, los muros estructurales que se dispongan en cada una de las direcciones principales deben cumplir con las siguientes condiciones:

E.7.8.1 — LONGITUD MÍNIMA — La longitud de muros en cada dirección debe satisfacer la ecuación E.7.8-1

$$L_i \geq C_B A_p \qquad \textbf{(E.7.8-1)}$$

En donde:

L_i = longitud mínima total de muros continuos (en m), sin aberturas, en la dirección i

C_B = coeficiente (en m^{-1}), especificado en la tabla E.7.8-1, en función de la aceleración espectral A_a para el sitio donde se realice la construcción, de acuerdo con A.2.3.

A_p = área de la cubierta (en m^2), para viviendas de un piso, o para los muros del segundo piso en viviendas de dos pisos. (Puede sustituirse por $2/3\,A_p$ si se utilizan materiales livianos para la cubierta, tales como fibrocemento o láminas metálicas, sin base de mortero).

= área del entrepiso más área de la cubierta (en m^2), para los muros del primer piso en viviendas de dos pisos

Tabla E.7.8-1
Valores del coeficiente de densidad de muros de bahareque encementado, C_B

Amenaza Sísmica	A_a	C_B
Alta	0,40	0.32
	0.35	0,28
	0.30	0.24
	0.25	0.20
Intermedia	0.20	0.16
	0.15	0.16
Baja	0.10	0.16
	0.05	0.16

E.7.8.2 — DISTRIBUCIÓN SIMÉTRICA DE MUROS — Los muros deben estar distribuidos de manera aproximadamente simétrica. Por lo tanto, debe cumplirse con la ecuación E.7.8-2, tomada en su valor absoluto:

$$\left| \frac{\left[\frac{\sum (L_{mi} b)}{\sum L_{mi}} - \frac{B}{2} \right]}{B} \right| \leq 0.15 \qquad \textbf{(E.7.8-2)}$$

En donde:

L_{mi} = longitud de cada muro (en m) en la dirección i.

b = la distancia perpendicular (en m) desde cada muro en la dirección i, hasta un extremo del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso (Véase figura E.7.8 -1).

B = longitud del lado (en m), perpendicular a la dirección i, del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso.

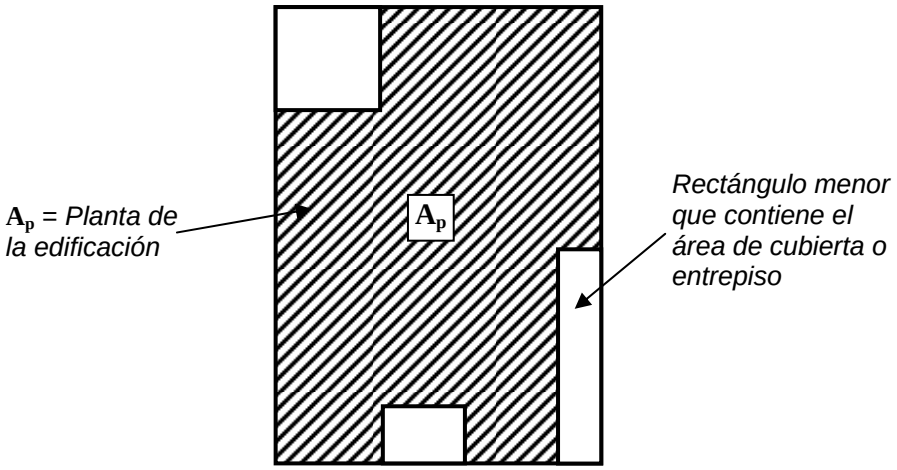


Figura E.7.8-1 — Descripción del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso

E.7.8.3 — VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE MUROS — En los casos en los cuales no se cumplan los requisitos expresados en E.7.8.1, deberá aumentarse la longitud total de muros en cada dirección, en cada nivel, a menos que se demuestre, por medio de un procedimiento de análisis estructural, como el contenido en Apéndice E.A de este Capítulo, que una longitud de muros inferior a la especificada por la ecuación E.7.8-1, es suficiente para resistir las cargas horizontales calculadas.

E.7.8.4 — VERIFICACIÓN DE LA ASIMETRÍA DE MUROS EN PLANTA — En los casos en los cuales no se cumplan los requisitos expresados en E.7.8.2, debe hacerse de nuevo la distribución de los muros en planta hasta lograr cumplir con la ecuación E.7.8-2. Sí en este proceso se reduce la longitud total de muros en cualquier dirección y cualquiera de los niveles, debe verificarse de nuevo el cumplimiento con la ecuación E.7.8-1, de acuerdo con lo estipulado en E.7.8.3.

E.7.8.5 — ENCHAPES PARA MUROS — Deben evitarse los enchapes pesados en fachadas. En baños, debe enchaparse completamente la zona húmeda, para lo cual se recomienda colocar el enchape pegado con mortero impermeable. Todo enchape de fachada debe estar adecuadamente fijado para evitar que se desprenda durante los sismos.

E.7.9 — COLUMNAS DE GUADUA

Las columnas son elementos estructurales proporcionados para resistir cargas verticales, en forma aislada o en combinación con los muros estructurales. Las columnas no deben considerarse componentes del sistema de resistencia sísmica en viviendas en bahareque encementado.

E.7.10 — UBICACIÓN Y DISEÑO DE COLUMNAS

E.7.10.1 — Las columnas se localizarán en puntos de la edificación donde la magnitud o la posición de las cargas verticales transmitidas por cubiertas o entrepisos excedan la capacidad de los muros estructurales, o donde no se disponga de ellos, como es el caso de galerías abiertas, corredores y aleros.

E.7.10.2 — Si las columnas se construyen en guadua, debe evitarse la acción directa del sol y del agua. Necesariamente deben aislarse del piso por medio de un dado en concreto o en mampostería y una unión, como se indica en el numeral E.8.5.2 de este Título.

E.7.10.3 — El número de guaduas requeridas para cada columna se debe estimar con base en la tabla E.7.10-1.

Tabla E.7.10-1

Carga admisible en Columnas de guadua (kN)*

Altura (m)	Número de guaduas			
	1	**2**	**3**	**4**
1.0	43.1	86.2	129.3	172.4
1.5	38.6	77.2	115.8	154.4
2.0	28.7	57.4	86.1	114.8
2.5	18.4	36.8	55.2	73.6
3.0	12.8	25.6	38.3	51.1
3.5	9.4	18.8	28.2	37.6
4.0	7.2	14.4	21.6	28.

* Para guaduas de más de 100 mm de diámetro y 10 mm de espesor de pared

E.7.10.4 — Si se requiere más de una guadua para formar la columna éstas deben conectarse entre sí con zunchos con espaciamientos que no excedan un tercio de la altura de la columna.

E.7.10.5 — Si las columnas se construyen en madera, deben diseñarse de acuerdo con el Título G.

E.7.10.6 — Si las columnas se construyen en acero, deben diseñarse de acuerdo con el Título F.

E.7.10.7 — Si las columnas se construyen en concreto, deben diseñarse de acuerdo con el Título C.

E.7.10.8 — Si las columnas se construyen en mampostería, deben diseñarse de acuerdo con el Título D.

E.7.11 — AMARRES Y CONTINUIDAD DE COLUMNAS

E.7.11.1 — Las columnas deben conectarse entre sí y con los muros estructurales vecinos. Además, las columnas deben conectarse con el diafragma que soportan con una unión articulada, que no transmita tensiones de flexión.

CAPÍTULO E.8
ENTREPISOS Y UNIONES EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

E.8.1 — ENTREPISOS

El entrepiso debe soportar las cargas verticales establecidas en el Título B. Debe poseer suficiente rigidez en su propio plano para garantizar su trabajo como diafragma y debe consistir en:

(a) Largueros, viguetas o alfardas que soporten el recubrimiento o piso.
(b) El recubrimiento debe resistir la fuerza cortante y puede hacerse de:
  1. Esterilla de guadua, malla de refuerzo electrosoldado y mortero de cemento,
  2. Malla expandida, malla de refuerzo electrosoldado y mortero de cemento, o
  3. Tablas de madera clavadas a la estructura de soporte del entrepiso.
(c) Las soleras o carreras, que enmarcan el diafragma y forman parte del sistema de resistencia en su plano.

E.8.1.1 — Como se señala en E.7.7, los entrepisos deben formar un diafragma que trabaje como un conjunto. Para ello, los elementos del entrepiso deben estar debidamente vinculados. Sin embargo, no es necesario que el entrepiso funcione como un diafragma infinitamente rígido en su propio plano.

E.8.1.2 — No se permiten entrepisos en losa de concreto para viviendas en bahareque encementado construidas de acuerdo con el presente Capítulo.

E.8.2 — COMPOSICIÓN DE ENTREPISOS

E.8.2.1 - En la construcción con bahareque encementado, el entrepiso, las soleras y carreras, se construirán con madera estructural con una clasificación de, por lo menos, Grupo ES6, de acuerdo con G.1.3.5. Alternativamente, en el caso de construir la estructura de entrepiso en guadua, deben colocarse guaduas dobles, una encima de la otra, zunchadas entre sí, haciendo de largueros a las distancias indicadas en la tabla E.8.2-1. Debe colocarse, como friso de borde, una vigueta de madera de sección vertical equivalente a la altura de las dos guaduas que constituyen los largueros y entre cada larguero, compuesto por dos guaduas apiladas, un taco de madera, de tal manera que se reduzca el riesgo de aplastamiento de las guaduas. Los cañutos donde se apoyan las guaduas y los que entren en contacto con los muros deben llenarse con mortero de cemento. Se requieren arriostramientos transversales o atraques intermedios entre los largueros.

Tabla E.8.2-1
Secciones requeridas para entrepisos con viguetas de guadua*

	Espaciamiento S (m)			
Luz (m)	**0.25**	**0.5**	**0.75**	**1.00**
2,0	1 guadua	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V
2.5	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V
3.0	2 guaduas V	2 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V
3.5	2 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V
4.0	2 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	—
4.5	3 guaduas V	3 guaduas V	—	—

*Para una carga muerta de 1.1 kN/m^2 y una carga viva de 1.8 kN/m^2
* Guaduas de 110mm de diámetro y 10 mm de espesor de pared
V= guaduas dispuestas en arreglo vertical.

E.8.2.2 — Como recubrimiento del entrepiso puede usarse un mortero de cemento reforzado con malla electrosoldada

D50 o equivalente, es decir, que aporte alrededor de 0,5 cm^2 de área de acero, por metro lineal de malla. Sobre el mortero se deben colocar acabados livianos como colorantes integrados, pinturas o baldosas de vinilo. No debe utilizarse baldosas de cemento u otros pisos pesados y rígidos, a menos que se realicen análisis y diseño estructurales completos para toda la vivienda.

E.8.2.3 — Si el entrepiso se construye con madera aserrada, las secciones y espaciamientos serán los indicados en las tablas E.8.2-2a, E.8.2.2b, E.8.2.2c, E.8.2.2d y E.8.2.2e. El recubrimiento debe ser de listones o tablones de madera de 15 mm de espesor mínimo. Se requieren atraques intermedios para evitar el pandeo de los largueros.

Tabla E.8.2-2a
Secciones requeridas para entrepisos con viguetas de madera ES1 y ES2* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	0.50	0.75	1.00
2.0	50 X 100	60 X 120	75 X 150	75 X 150
2.5	60 X 120	75 X 150	75 X 150	50 X 200
3.0	75 X 150	50 X 200	50 X 200	100 X 200
3.5	75 X 150	100 X 200	100 X 200	60 X 250
4.0	50 X 200	100 X 200	60 X 250	120 X 250
4.5	100 X 200	60 X 250	120 X 250	120 X 250
5.0	100 X 200	120 X 250	120 X 250	—

*Para una carga muerta de 1.6 kN/m^2 y una carga viva de 1.8 kN/m^2
*Para madera del grupo estructural ES1 y ES2

Tabla E.8.2-2b
Secciones requeridas para entrepisos con viguetas de madera ES3* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	0.50	0.75	1.00
2.0	60 X 120	75 X 150	75 X 150	75 X 150
2.5	60 X 120	75 X 150	50 X 200	100 X 200
3.0	75 X 150	50 X 200	100 X 200	100 X 200
3.5	50 X 200	100 X 200	60 X 250	120 X 250
4.0	100 X 200	60 X 250	120 X 250	120 X 250
4.5	100 X 200	120 X 250	120 X 250	—
5.0	60 X 250	120 X 250	—	—

*Para una carga muerta de 1.6 kN/m^2 y una carga viva de 1.8 kN/m^2
*Para madera del grupo estructural ES3

Tabla E.8.2-2c
Secciones requeridas para entrepisos con viguetas de madera ES4* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	0.50	0.75	1.00
2.0	60 X 120	75 X 150	75 X 150	75 X 150
2.5	75 X 150	75 X 150	50 X 200	100 X 200
3.0	75 X 150	50 X 200	100 X 200	100 X 200
3.5	50 X 200	100 X 200	120 X 250	120 X 250
4.0	100 X 200	60 X 250	120 X 250	120 X 250
4.5	100 X 200	120 X 250	—	—
5.0	60 X 250	120 X 250	—	—

*Para una carga muerta de 1.6 kN/m^2 y una carga viva de 1.8 kN/m^2
*Para madera del grupo estructural ES4

Tabla E.8.2-2d
Secciones requeridas para entrepisos con viguetas de madera ES5* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	0.50	0.75	1.00
2.0	60 X 120	75 X 150	75 X 150	50 X 200
2.5	75 X 150	50 X 200	50 X 200	100 X 200
3.0	75 X 150	100 X 200	100 X 200	60 X 250
3.5	50 X 200	100 X 200	120 X 250	120 X 250
4.0	100 X 200	120 X 250	120 X 250	—
4.5	100 X 200	120 X 250	—	—
5.0	120 X 250	—	—	—

*Para una carga muerta de 1.6 kN/m^2 y una carga viva de 1.8 kN/m^2
*Para madera del grupo estructural ES5

Tabla E.8.2-2e
Secciones requeridas para entrepisos con viguetas de madera ES6* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	0.50	0.75	1.00
2.0	60 X 120	75 X 150	75 X 150	50 X 200
2.5	75 X 150	50 X 200	100 X 200	100 X 200
3.0	50 X 200	100 X 200	60 X 250	120 X 250
3.5	100 X 200	60 X 250	120 X 250	120 X 250
4.0	100 X 200	120 X 250	—	—
4.5	60 X 250	120 X 250	—	—
5.0	120 X 250	—	—	—

*Para una carga muerta de 1.6 kN/m^2 y una carga viva de 1.8 kN/m^2
*Para madera del grupo estructural ES6

E.8.2.4 — Los voladizos deben construirse con elementos continuos, de madera o guadua, unidos entre sí con un elemento de borde que garantice el trabajo en conjunto de los elementos del voladizo y una mejor distribución de la carga impuesta.

E.8.2.5 — Si se construye cielo raso debajo de la estructura de entrepiso, debe facilitarse una corriente de aire en los espacios interiores.

E.8.3 — UNIONES

E.8.3.1 — Todos los miembros y elementos estructurales deberán estar anclados, arriostrados, empalmados e instalados de tal forma que garanticen la resistencia y rigidez necesarias para resistir las cargas y transmitirlas con seguridad a la cimentación

E.8.3.2 — El presente capítulo enumera algunas uniones entre elementos constitutivos del sistema constructivo con muros de bahareque encementado. Estas uniones han sido experimentadas con clavos, pernos, varillas y pletinas. Otras diferentes pueden utilizarse, siempre y cuando se demuestre su idoneidad, por medios experimentales.

E.8.4 — TIPOS DE UNIONES DE ACUERDO CON EL MATERIAL DE CONEXIÓN

Según el material utilizado para la conexión entre guaduas o entre madera y guaduas, las uniones se clasifican en:

E.8.4.1 — UNIONES CLAVADAS — Se reservan para esfuerzos muy bajos entre elementos de madera aserrada y guadua, como por ejemplo de pie-derecho a solera en muro. No se aceptan para la unión de dos o más elementos rollizos de guadua, ya que la penetración y el impacto de los clavos producen fisuración de la guadua debido a la preponderancia de fibras longitudinales. Las uniones clavadas deben usarse solamente para ajuste temporal del sistema durante el armado y no deben tenerse en cuenta como conexiones resistentes entre elementos estructurales.

E.8.4.2 — UNIONES PERNADAS — Cuando sea necesario perforar la guadua para introducirle pernos, debe usarse taladro de alta velocidad y evitar impactos.

E.8.4.2.1 — Todos los cañutos a través de los cuales se atraviesen pernos o barras deben rellenarse con mortero de cemento.

E.8.4.2.2 — El mortero debe ser lo suficientemente fluido para penetrar completamente dentro del cañuto. El mortero de relleno debe proporcionarse con la mínima cantidad de agua necesaria para obtener una fluidez suficiente para inyectarse con muy poca presión, y sin exceder una relación 4 sobre 1, por volumen, entre el agregado fino y el cemento. Pueden usarse aditivos reductores de agua de mezclado, no corrosivos.

E.8.4.2.3 — Para vaciar el mortero debe perforarse la guadua mediante taladro de alta velocidad en puntos próximos a los tabiques de cada uno de los dos extremos del cañuto que va a rellenarse. A través de uno de los orificios se inyectará el mortero presionándolo a través de un embudo o con la ayuda de una bomba manual. El orificio en el extremo opuesto sirve para el escape del aire atrapado.

E.8.4.2.4 — Los pernos pueden fabricarse con barras de refuerzo roscadas en obra o con barras comerciales de rosca continua.

E.8.4.3 — UNIONES ZUNCHADAS — Las uniones zunchadas pueden utilizarse para fabricar conexiones articuladas. Para conexiones que deban resistir tracción, la pletina debe diseñarse para garantizar que no es el vínculo débil de la unión. La unión no debe trabajar, en total, con más de 10 kN de esfuerzo de tracción.

E.8.5 — TIPOS DE UNIONES DE ACUERDO CON LA FUNCIÓN

Las uniones entre los elementos de guadua y madera dentro de los muros de bahareque pueden ser del tipo uniones clavadas. Las uniones de muros de bahareque entre sí y de los componentes del bahareque con la cimentación y con la cubierta deben cumplir funciones estructurales, tanto de rigidez como de resistencia. Las uniones entre componentes, de acuerdo con su función, se clasifican en:

E.8.5.1 — UNIÓN CIMIENTO-MURO — Los muros deben estar conectados efectivamente con la cimentación, sea en contacto directo con las vigas de cimentación o atravesando los sobrecimientos.

E.8.5.1.1 — *Unión con soleras de madera aserrada* — Cuando se utilice madera aserrada para las soleras, la conexión con los cimientos se realizará con barras roscadas, ancladas a los mismos y de tal manera que atraviesen las soleras y se fijen a éstas, con tuercas y arandelas. La madera debe separarse del concreto o de la mampostería con papel impermeable u otra barrera similar.

E.8.5.1.2 — *Unión con soleras de guadua* — Para muros fabricados sólo con elementos de guadua, los muros deben conectarse a los cimientos fijando los pie-derechos necesarios, de acuerdo con E.7.8.3, a la cimentación, tal como se establece para columnas de guadua en E.7.26.2.

E.8.5.2 — UNIÓN COLUMNA-CIMIENTO — La guadua no debe estar en contacto directo con el suelo, la mampostería o el concreto. La guadua se apoyará sobre un separador de metal u otro material impermeable, como se muestra en el Apéndice E-B.

E.8.5.2.1 — Las fuerzas de compresión deben transmitirse a través del separador a la cimentación. Las fuerzas de tracción se deben transmitir a través de conexiones pernadas. Un perno debe atravesar el primero o el segundo cañuto de la guadua. El cañuto atravesado y cualquier cañuto por debajo de éste, deben rellenarse con mortero. El cañuto debe tener un nudo en su extremo inferior. El perno se debe anclar al cimiento a través de pletinas o barras con ojales, o barras dobladas, en cada uno de sus extremos. El perno y las barras de sujeción tendrán un diámetro mínimo de 9,5 mm, mientras que si se utilizan pletinas, éstas deben tener mínimo, 3,2 mm de espesor y 50 mm de anchura. Esta conexión debe resistir tracción y no es apropiada para resistir momento y se muestra en el Apéndice E-B.

E.8.5.2.2 — El separador debe actuar también como elemento resistente a corte, es decir, como tope para el movimiento horizontal entre el muro y el cimiento. Para ello, el separador debe abrazar el elemento de guadua. Debe existir una unión completa por lo menos cada 1,5 m, en los extremos de muros, en los bordes de aberturas para puertas y en el punto medio del muro si su longitud es mayor de 1,5 m y menor de 3 m. El

separador-retenedor puede ser *una* pletina de acero doblada en forma de U, o un tubo dentro del cual se empotra la guadua, tal como se ilustra en el Apéndice E-B.

E.8.5.2.3 — Cuando no se requiere que la conexión resista tracción, la guadua puede empotrarse en el concreto y separarse de éste mediante una membrana bituminosa, como brea o asfalto.

E.8.5.2.4 — Las conexiones con los cimientos descritas sirven también para anclar columnas formadas con más de una guadua.

E.8.5.3 — UNIÓN COLUMNA-CUBIERTA — La unión de las guaduas con la cubierta debe hacerse de forma similar a la descrita en el numeral E.8.5.5 para los pié-derechos de los muros. Las columnas constituidas por más de una guadua deben conectarse a la carrera superior del entrepiso o de la cubierta, por medio de un elemento en madera aserrada que garantice el contacto completo entre el elemento horizontal y la sección transversal de todas las guaduas que componen la columna.

E.8.5.4 — UNIÓN ENTRE MUROS

E.8.5.4.1 — *Muros en el mismo plano* — Los muros en el mismo plano se unen entre sí mediante pernos, tuercas y arandelas, como se ilustra en el Apéndice E-B. Debe haber por lo menos dos conexiones por unión, colocadas cada tercio de la altura del muro. El perno debe tener, por lo menos 9.5 mm de diámetro. Si los pié-derechos son de guadua los cañutos atravesados deben rellenarse con mortero.

E.8.5.4.2 — *Muros en planos perpendiculares* — Cuando los muros que deben unirse están en diferentes planos, perpendiculares entre sí, pueden unirse directamente con pernos, tuercas y arandelas en una sola dirección, o a través de un elemento adicional en la intersección de los muros, utilizando pernos, tuercas y arandelas, en ambas direcciones, tal como se ilustra en el Apéndice E-B. El espaciamiento vertical de las uniones es el mismo especificado en E.8.5.4.1.

E.8.5.5 — UNIÓN ENTRE MUROS Y CUBIERTA.

E.8.5.5.1 — La conexión de las correas con los muros debe hacerse con los pié-derechos. Esto se logra mediante un perno embebido dentro del último cañuto completo del extremo superior del pie-derecho, que atraviesa la solera y la correa. Tanto el cañuto completo, como cualquier segmento de cañuto por encima de él, deben rellenarse con mortero de cemento y confinarse con zuncho de manera que se evite la fisuración longitudinal de la guadua debido a las tensiones de cortante por carga horizontal. Si la solera y/o la correa es de guadua, deben rellenarse los cañutos atravesados con el perno de conexión.

E.8.5.5.2 — Cuando los muros se fabriquen mediante paneles debe ponerse un elemento continuo uniendo las carreras de los paneles. La conexión con la cubierta, realizada de manera similar a la descrita en el numeral E.8.5.5.1, mediante perno embebido en los pie-derechos del panel, atravesando tanto la carrera superior del panel, como el elemento continuo, sirve también como elemento de unión entre éstos.

E.8.5.5.3 — Las tejas deben amarrarse de las correas para formar un conjunto.

E.8.5.5.4 — Si se construye un porche anexo a los muros exteriores, con columnas de guadua, la cubierta debe dotarse de un alero con las dimensiones necesarias para que no se exponga la guadua directamente a la acción del sol y el agua.

E.8.5.5.5 — Para aleros con más de 500 mm deberá construirse un apoyo inclinado o pie de amigo, desde el extremo exterior del alero hasta las columnas de guadua que se quieren proteger, pero con una inclinación no menor de 60º con la horizontal. El extremo inferior del pie de amigo debe apoyarse en una guadua distinta a las que forman las columnas, pero que está zunchada a éstas y que comparte con ellas el dado de cimentación. Las columnas deben estar espaciadas con distancias no mayores de 3 m.

Notas

CAPÍTULO E.9
CUBIERTAS PARA CONSTRUCCIÓN EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

E.9.1 — GENERAL

Los elementos portantes de la cubierta deben conformar un conjunto estable para cargas verticales y laterales, para lo cual tendrán los anclajes y arriostramientos requeridos según se indica en el numeral E.8.5.5 de este capítulo.

E.9.2 — COMPOSICIÓN DE CUBIERTA Y SUS CONEXIONES

E.9.2.1 — Las correas y demás elementos que transmitan las cargas de cubierta a los muros estructurales deben fijarse entre sí y conectarse con la carrera o solera superior que sirve de amarre de los muros estructurales, de acuerdo con los numerales E.8.3 a E.8.5.

E.9.2.2 — Las correas pueden construirse en madera aserrada o en guadua. Cuando las correas se construyen en guadua, los cañutos en contacto directo con el muro deben rellenarse con mortero de cemento. En la tabla E.9.2-1 se indican la composición y espaciamiento para correas en guadua.

Tabla E.9.2-1
Secciones requeridas para cubiertas con correas de guadua*

Luz (m)	Espaciamiento S (m)					
	0.50	**1.00**	**1.50**	**2.00**	**2.50**	**3.00**
2.0	1 guadua	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V
2.5	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	3 guaduas V
3.0	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V
3.5	2 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V
4.0	2 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	—	—
4.5	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	—	—	—

*Para una carga muerta de 1.25 kN/m^2 y una carga viva de0.5 kN/m^2
* Guaduas de 110mm de diámetro mínimo y 10 mm de espesor de pared mínimo
V= guaduas dispuestas en arreglo vertical

E.9.2.3 — Cuando las correas se construyen en madera aserrada, las secciones y espaciamientos serán las indicadas en las tablas E.9.2-2a. a E.9.2.2e

Tabla E.9.2-2a
Secciones requeridas para cubiertas con correas de madera ES1 y ES2* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	**0.50**	**0.75**	**1.00**
2.0	50 X 100	50 X 100	60 X 120	60 X 120
2.5	50 X 100	60 X 120	75 X 150	75 X 150
3.0	60 X 120	75 X 150	75 X 150	50 X 200
3.5	75 X 150	75 X 150	50 X 200	100 X 200
4.0	75 X 150	50 X 200	100 X 200	100 X 200
4.5	75 X 150	100 X 200	100 X 200	60 X 250
5.0	50 X 200	100 X 200	120 X 250	120 X 250

*Para una carga muerta de 1.2 kN/m^2 y una carga viva de 0.5 kN/m^2
*para madera de los grupos estructurales ES1 y ES2

Tabla E.9.2-2b
Secciones requeridas para cubiertas con correas de madera ES3* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	0.50	0.75	1.00
2.0	50 X 100	60 X 120	60 X 120	75 X 150
2.5	60 X 120	75 X 150	75 X 150	75 X 150
3.0	60 X 120	75 X 150	50 X 200	50 X 200
3.5	75 X 150	50 X 200	100 X 200	100 X 200
4.0	75 X 150	100 X 200	100 X 200	60 X 250
4.5	50 X 200	100 X 200	120 X 250	120 X 250
5.0	100 X 200	60 X 250	120 X 250	120 X 250

*Para una carga muerta de 1.2 kN/m^2 y una carga viva de 0.5 kN/m^2
*para madera del grupo estructural ES3

Tabla E.9.2-2c
Secciones requeridas para cubiertas con correas de madera ES4* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	0.50	0.75	1.00
2.0	50 X 100	60 X 120	60 X 120	75 X 150
2.5	60 X 120	75 X 150	75 X 150	75 X 150
3.0	75 X 150	75 X 150	50 X 200	100 X 200
3.5	75 X 150	50 X 200	100 X 200	100 X 200
4.0	75 X 150	100 X 200	100 X 200	120 X 250
4.5	50 X 200	100 X 200	120 X 250	120 X 250
5.0	100 X 200	120 X 250	120 X 250	—

*Para una carga muerta de 1.2 kN/m^2 y una carga viva de 0.5 kN/m^2
*para madera del grupo estructural ES4

Tabla E.9.2-2d
Secciones requeridas para cubiertas con correas de madera ES5* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	0.50	0.75	1.00
2.0	50 X 100	60 X 120	60 X 120	75 X 150
2.5	60 X 120	75 X 150	75 X 150	50 X 200
3.0	75 X 150	75 X 150	50 X 200	100 X 200
3.5	75 X 150	50 X 200	100 X 200	100 X 200
4.0	50 X 200	100 X 200	60 X 250	120 X 250
4.5	50 X 200	100 X 200	120 X 250	120 X 250
5.0	100 X 200	120 X 250	120 X 250	—

*Para una carga muerta de 1.2 kN/m^2 y una carga viva de 0.5 kN/m^2
*para madera del grupo estructural ES5

Tabla E.9.2-2e
Secciones requeridas para cubiertas con correas de madera ES6* (mm)

Luz (m)	Espaciamiento S (m)			
	0.25	0.50	0.75	1.00
2.0	50 X 100	60 X 120	75 X 150	75 X 150
2.5	60 X 120	75 X 150	75 X 150	50 X 200
3.0	75 X 150	50 X 200	100 X 200	100 X 200
3.5	75 X 150	100 X 200	100 X 200	60 X 250
4.0	50 X 200	100 X 200	120 X 250	120 X 250
4.5	100 X 200	120 X 250	120 X 250	—
5.0	100 X 200	120 X 250	—	—

*Para una carga muerta de 1.2 kN/m^2 y una carga viva de 0.5 kN/m^2
*para madera del grupo estructural ES6

E.9.3 — MATERIALES DE CUBIERTA

E.9.3.1 — Los materiales utilizados para el cierre de la cubierta deben garantizar una impermeabilidad suficiente para proteger de la humedad las guaduas y la madera de la estructura de soporte.

E.9.3.2 — Cuando se utilicen las cubiertas de teja de barro, debe evitarse su contacto directo con la guadua o madera, previniendo la transmisión de la humedad por efecto de la capilaridad.

E.9.3.3 — No se permite el uso de losas de concreto o de mortero como cubiertas de casa de uno y dos pisos en muros de bahareque encementado construidas de acuerdo con el presente Título.

E.9.4 — CIELO-RASO

E.9.4.1 — El cielo-raso se debe construir en materiales livianos, anclados a la estructura del entrepiso o de la cubierta y deben permitir la ventilación de los elementos estructurales y no estructurales

Notas

APÉNDICE E-A
VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE MUROS DE BAHAREQUE ENCEMENTADO

E-A.1 — ALCANCE

E-A.1.1 — Se establecen los requisitos mínimos de verificación de resistencia de los muros de viviendas de uno y dos pisos cuyo sistema estructural consiste en muros de bahareque encementado. La estructuración y demás requisitos de diseño y construcción deberán cumplir lo establecido en el capítulo E.7 del presente Título, salvo el requisito de cantidad de muros en cada dirección expresado en E.7.14.1, para el cual el presente procedimiento puede usarse en forma alternativa.

E-A.2 — MODELO MATEMÁTICO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS

E-A.2.1 — Para el análisis estructural se utilizará el modelo de muros estructurales en voladizo empotrados en la base y arriostrados lateralmente por los diafragmas de entrepiso y de cubierta. En su defecto, puede utilizarse cualquier otro modelo alternativo compatible con el comportamiento de la construcción ante la solicitación analizada, siempre que se garantice por evidencia experimental o teórica la adecuada precisión de la respuesta obtenida con el modelo alternativo.

E-A.3 — PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

E-A.3.1 — La verificación de resistencia de los muros de bahareque encementado se basa en el método de esfuerzos de trabajo.

E-A.4 — SOLICITACIONES CONSIDERADAS

E-A.4.1 — **COMBINACIONES DE CARGAS** — El sistema de muros de bahareque encementado debe diseñarse para los efectos de las cargas combinadas especificadas en B.2.3. En los efectos causados por el sismo se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, empleando unos efectos reducidos de diseño $\mathbf{E}$, obtenidos dividiendo la fuerza sísmica $\mathbf{F_S}$, determinada de acuerdo con los requisitos del Título A, por el coeficiente de capacidad de disipación de energía $\mathbf{R}$, $\mathbf{E = F_S / R}$.

E-A.4.2 — **COEFICIENTE DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA,** $\mathbf{R}$ — El coeficiente de capacidad de disipación de energía, $\mathbf{R}$, debe tomarse como 1,5 para muros de bahareque encementado.

E-A.4.3 — **DETERMINACIÓN DE FUERZAS SÍSMICAS** — La determinación de fuerzas sísmicas se hará según lo establecido en el capítulo A.4, Método de la fuerza horizontal equivalente, a partir de la evaluación de la amenaza sísmica siguiendo lo prescrito en el capítulo A.2.

E-A.4.4 — **PERÍODO FUNDAMENTAL DE LA EDIFICACIÓN** — Para efectos del cálculo de $\mathbf{S_a}$ mediante la ecuación A.2-1, podrá tomarse como período fundamental de la edificación el que resulte de la aplicación de la ecuación A.4-2, con un valor de $\mathbf{C_t = 0.25}$.

E-A.4.5 — **FUERZAS DE VIENTO** — Deben calcularse de acuerdo con el capítulo B.6 de este reglamento.

E-A.5 — DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS

E-A.5.1 — **FUERZA LATERAL** — Las fuerzas laterales del sismo deben distribuirse, en cada dirección, en proporción a las longitudes de los muros estructurales paralelos a esa dirección.

E-A.5.2 — **FUERZA VERTICAL** — Las fuerzas verticales debidas a las cargas gravitatorias deben distribuirse en

proporción a las áreas aferentes de los muros estructurales, con respecto al área total del nivel considerado.

E-A.6 — RESISTENCIA DE MUROS DE BAHAREQUE ENCEMENTADO

E-A.6.1 — Los valores obtenidos de las solicitaciones sobre cada uno de los muros, por carga vertical y por carga horizontal, en la dirección bajo consideración, deberán ser inferiores a los valores admisibles de trabajo expresados en la tabla E.A-1, de acuerdo con las características de estructuración y materiales empleados en cada tipo de muro.

E-A.6.2 — Los valores expresados presuponen que los muros serán anclados a la cimentación, y entre sí, de acuerdo con lo establecido en los numerales E.7.24 a E.7.26 del presente capítulo. De no lograrse valores menores o iguales a los establecidos en la tabla E.A-1, deberá incrementarse la longitud de muros en la dirección bajo consideración, hasta obtener su cumplimiento.

Tabla E.A-1
Valores admisibles de trabajo en muros de bahareque encementado

<table>
<tr><th></th><th>Cortante admisible, V (kN/m)</th><th colspan="2">Tensión de compresión admisible, Fc (MPa)</th><th>Carga vertical máxima permisible (kN/m)</th><th>Fuerza admisible a tracción, T (kN)</th></tr>
<tr><td>SECCIÓN DE VERIFICACIÓN</td><td>Sección horizontal del borde inferior del muro</td><td colspan="2">Sección neta del pié-derecho extremo del muro</td><td>Sección horizontal del borde inferior del muro</td><td>Anclaje del extremo del muro</td></tr>
<tr><td>COMPOSICIÓN DEL MURO</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="5">Entramado de guadua y madera. Con dos diagonales, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas. Mínimo 40% de parales en madera aserrada. Parales extremos en madera aserrada. Solera y carrera en madera aserrada. Recubri-miento con esterilla, malla y pañete por ambas caras.</td><td rowspan="2">15</td><td>Grupo ES1 y ES2*</td><td>15.0</td><td>39</td><td rowspan="5">15</td></tr>
<tr><td>Grupo ES3*</td><td>13.0</td><td>37</td></tr>
<tr><td>12</td><td>Grupo ES4</td><td>10.0</td><td>35</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Grupo ES5</td><td>8.0</td><td>33</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Grupo ES6</td><td>5.0</td><td>31</td></tr>
<tr><td>Entramado de guadua. Con dos diagonales, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas. Solera y carrera en guadua. Recubrimiento con esterilla, malla y pañete por ambas caras</td><td>8</td><td colspan="2">8</td><td>41</td><td>10</td></tr>
</table>

* Clasificación para madera aserrada, de acuerdo con el Título G de este reglamento.