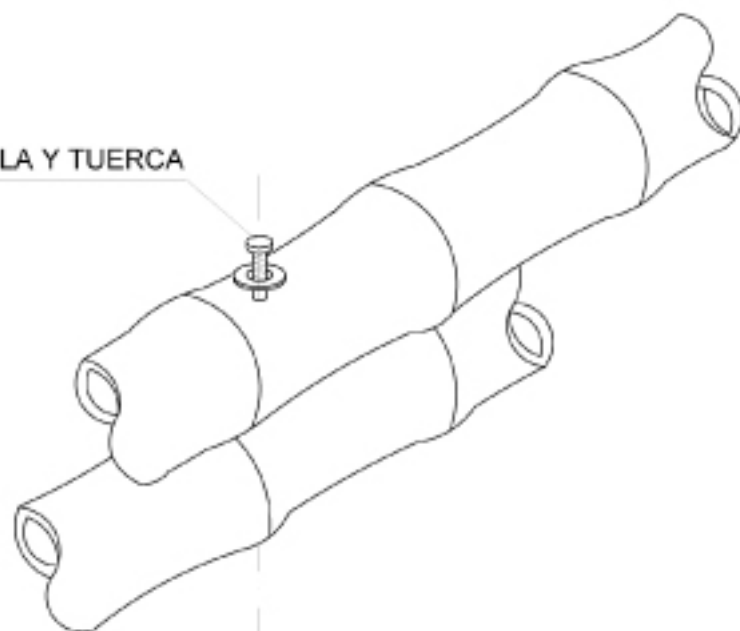
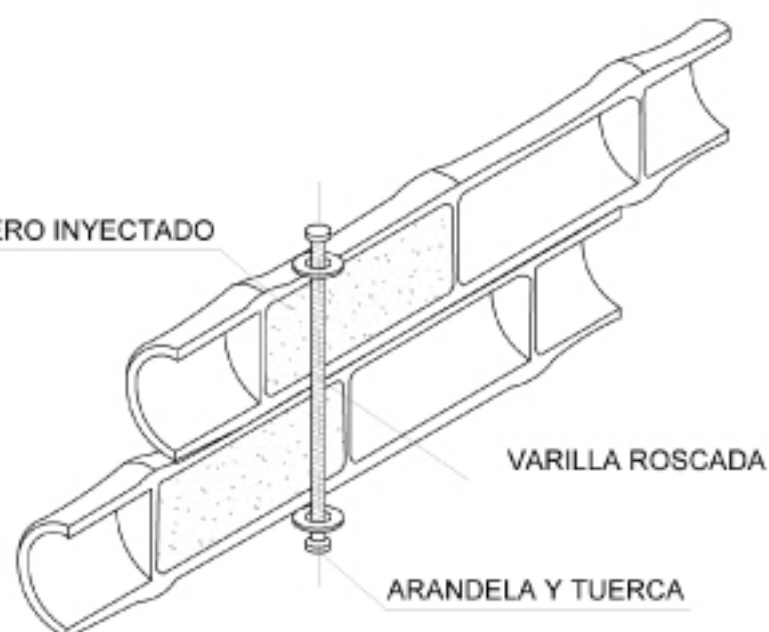


ARANDELA Y TUERCA



MORTERO INYECTADO



NORMA ANDINA PARA DISEÑO
Y CONSTRUCCIÓN DE CASAS DE
UNO Y DOS PISOS EN BAHAREQUE
ENCEMENTADO



Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado

Red Internacional para el Desarrollo del Bambú y el Ratán
Oficina para América Latina y el Caribe - INBAR

Quito, Ecuador
Abril 2015

NORMA ANDINA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CASAS DE UNO Y DOS PISOS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

RED INTERNACIONAL DE BAMBÚ Y RATÁN, INBAR
Oficina para América Latina y El Caribe

Elaborado por el ING. LUIS FELIPE LOPEZ MUÑOZ

Adaptación de contenidos: Arq. Andrea Jaramillo.

Diseñado por: Carlos Alberto Andrade. Quito,
Impreso en Quito, octubre del 2015
ISBN: 978-92-95098-73-2

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican por parte de la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR) juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que INBAR apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Todos los derechos reservados. INBAR fomenta la reproducción y difusión del material contenido en este producto informativo. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de tarifas. Las solicitudes de autorización para reproducir o difundir material de cuyos derechos de autor sea titular INBAR y toda consulta relativa a derechos y licencias deberán dirigirse por correo electrónico a info@inbar.int

La Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR) es una organización intergubernamental establecida en 1997, que cuenta con 41 estados miembros, dedicada a promover el desarrollo social, económico, y ambiental del bambú y ratán.

INBAR juega un rol fundamental en la búsqueda y demostración de formas innovadoras para usar el bambú a través de proyectos para proteger el paisaje, la biodiversidad, reducir la pobreza, y facilitar un comercio responsable entre los actores de la cadena. INBAR conecta una red global de plataformas público-privadas, a través de aliados gubernamentales, iniciativas privadas y sectores sin fines de lucro en más de 50 países para definir y poner en práctica una agenda global para el desarrollo sostenible a través de bambú y ratán.

International Network for Bamboo and Rattan (INBAR)
P. O. Box 100102-86
Beijing 100102, P. R. China
Tel: 00 86 10 64706161 Fax: 00 86 10 64702166
Email: info@inbar.int

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. REFERENCIA NORMATIVA	9
3. DEFINICIONES	10
4. ALCANCE	14
5. GENERALIDADES	15
5.1 Definición	15
5.2 Componentes principales del sistema constructivo	15
6. MATERIALES	17
6.1 Bambú Guadua	17
6.2 Madera	19
6.3 Mortero	20
6.4 Unidades de mampostería	21
6.5 Hormigón	22
6.6 Acero de refuerzo	22
6.7 Mallas de refuerzo del enlucido	22
7. CRITERIOS BÁSICOS DEL PLANEAMIENTO ESTRUCTURAL	23
7.1 Sistema principal de resistencia a cargas laterales (sismo y viento)	23
7.2 Disposición de muros estructurales	24
7.3 Simetría	25
7.4 Integridad estructural	25
7.5 Adiciones en otros materiales diferentes al bahareque	27
7.6 Juntas sísmicas	28
7.7 Sobre peso a nivel de cubierta	29
8. CIMENTACIONES	30
8.1 Generalidades	30
8.2 Estructuración de los cimientos	32

9.	MUROS DE BAHAREQUE ENCEMENTADO	35
9.1	Composición de muros	35
9.2	Clasificación de muros	36
9.3	Longitud de muros en cada dirección	37
10.	COLUMNAS DE BAMBÚ GUADUA	41
10.1	Ubicación y diseño de columnas	41
10.2	Carga admisible para columnas de Bambú Guadua	41
11.	DIAFRAGMAS HORIZONTALES	43
11.1	Entrepisos de madera	44
11.2	Entrepisos de Guadua	45
11.3	Configuración de entrepisos	46
11.4	Balcones y elementos en voladizo	48
11.5	Ventilación de entrepisos	49
12.	ESTRUCTURA DE CUBIERTA	50
12.1	Composición de cubierta	50
12.2	Estructura de cubierta en madera	51
12.3	Estructura de cubierta en Guadua	52
13.	UNIONES	53
13.1	Tipos de cortes en uniones de elementos de Bambú Guadua	53
13.2	Tipos de uniones	54
13.3	Tipos de uniones de acuerdo con la función	57
14.	ANEXO A. PROCEDIMIENTO DETALLADO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE CASAS DE BAHAREQUE DE UNO Y DOS PISOS	64
14.1	Alcance	64
14.2	Procedimiento de diseño	64
14.3	Solicitaciones consideradas	65
14.4	Período fundamental de la edificación	66
14.5	Fuerzas de viento	66
14.6	Distribución de fuerzas	66
14.7	Resistencia al corte de muros de bahareque encementado	66
14.8	Sistema de muros	68
14.9	Vuelco	68
	BIBLIOGRAFÍA	70

Presentación

El bambú es un recurso que se ha usado ancestralmente para la edificación de viviendas, tanto en zonas rurales y urbanas, así como en zonas templadas y tropicales. La existencia de técnicas constructivas como el bahareque y la quinchá son usadas por maestros de la construcción con base en el conocimiento tradicional que se ha ido perfeccionando con los años.

Gran parte de los centros históricos de las ciudades grandes y pequeñas de América Latina han usado el bambú como un componente en su edificación; las casonas de Lima, Guayaquil, Quito, el eje cafetero en Colombia, muestran con el pasar de los años el alma de su sistema constructivo, destacándose la Guadua en forma de caña picada, esterillas o caña chancada.

Colombia ha sido un país pionero en la investigación de estas edificaciones que usan bambú y es ahí donde se han desarrollado las primeras normativas para sustentar técnicamente el uso de la Guadua para la edificación de viviendas.

A lo largo de la región existe un gran interés por tener acceso a información que permita conocer y tener los elementos suficientes para desarrollar normas nacionales que formalicen la construcción con bambú. El presente documento, trata de responder a estas demandas y de alguna forma pretende asegurar la masificación y diseminación de estándares de construcción que formalicen y garanticen que las viviendas con bambú sean seguras, estables y saludables.

Gran parte de las construcciones (infraestructura hotelera, viviendas rurales y peri-urbana) de Colombia, Ecuador y Perú, toman como elemento principal al bambú. Sin embargo, al no contar con una norma técnica que soporte y argumente el proceso constructivo, la mayoría de estas edificaciones se consideran ilegales, esta es otra razón que justifica la pertinencia de contar con una normativa que garantice la calidad de los sistemas constructivos con bambú.

Este documento se ha desarrollado en varias etapas:

- Diciembre, 2011. INBAR desarrolla un primer borrador elaborado por el Arq. Jorge Morán Ubidia que es compartido con Cámaras de la Industria de la Construcción, Universidades y un grupo de trabajo constituido por profesionales de la construcción. Este ejercicio nos permitió identificar los intereses del sector y dio paso a una reestructuración del documento, con una posible incorporación del componente de diseño estructural.
- Marzo, 2012, Se solicita a INBAR incorpore en la propuesta un capítulo sobre diseño estructural. En el 2013 se presenta una nueva propuesta realizada por Luis Felipe López que incluye el capítulo de diseño estructural tomando como referencia la Norma Colombiana de Construcción sísmoresistente con Bahareque Encementado y la Norma Peruana E-100 para construcción con Bambú, para esto INBAR contactó al especialista regional, autor del instrumento normativo de Colombia y que participó en la revisión del instrumento normativo en Perú.
- Enero 22, abril 2 y julio 11 del 2014, la norma es presentada y socializada y nuevamente se recogen observaciones a la misma.

Finalmente, con estas observaciones hemos llegado a contar con este documento con la finalidad de que se convierta en una guía de los principios que se tienen que considerar cuando se construye una edificación con bambú.

Invitamos a todos a usar este material y tomarlo como base para elaboración de normativas nacionales de sus respectivos países, así como para construir y proponer cambios al mismo.

1. Introducción

La presente norma tiene como fin presentar los requisitos mínimos que se requieren para el diseño y construcción sismo resistente de viviendas construidas con muros de bahareque encementado en los países del área Andina (Colombia, Ecuador y Perú). Los requisitos aquí expuestos son de índole general y están dirigidos a todos los profesionales de la ingeniería y la arquitectura que se dediquen al diseño y construcción de viviendas. Para el uso de esta norma no se requiere de un ingeniero especialista en estructuras, solamente de un profesional en ingeniería, arquitectura y profesiones afines. Si los requerimientos presentados en esta norma se siguen correctamente, se garantizará un adecuado funcionamiento de la vivienda ante cargas verticales y ante carga laterales.

Esta norma está dirigida al diseño estructural de viviendas de uno y dos pisos para uso familiar, hasta de máximo 15 unidades de vivienda o 3000 m², para proyectos de más de 15 unidades o 3000 m², se requerirá de la supervisión de un ingeniero estructural certificado.

La norma 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 igualmente para eventos eólicos.

2. Referencia normativa

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Titulo E, Casas de uno y dos pisos y Titulo G estructuras de madera, estructuras de Guadua, 2010
- Norma Técnica E.100 Bambú, Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2009.
- Norma ISO 22156:2004 Bamboo - Structural Design.
- Norma ISO/22157-1:2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements.
- Norma ISO/22157-2:2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties – Part 2: Laboratory manual.
- Norma Técnica Colombiana NTC 5301 – Preservación y secado del culmo de Guadua Angustifolia Kunth.
- Norma Técnica Colombiana NTC 5407 – Uniones de estructuras con Guadua Angustifolia Kunth.
- Norma Técnica Colombiana NTC 5525 – Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth.
- Manual de diseño para maderas del grupo andino, Junta del acuerdo de Cartagena PDAT – REFORT, 1984.

3. Definiciones

Acabado	Estado final, natural o artificial, en la superficie de una pieza de madera o Guadua. Estado final del recubrimiento o enlucido.
Acción conjunta	Participación de varios elementos estructurales con separación no mayor a 600 mm para soportar una carga o sistema de cargas.
Afirmado	(material de mejoramiento, recebo compactado) Material granular seleccionado de relleno, que se coloca entre el suelo natural y el entrepiso. Este material debe compactarse en forma adecuada.
Arandela	Pieza metálica en forma de corona, utilizada en uniones empernadas para repartir la fuerza en un área mayor.
Aserrado	Proceso mediante el cual se corta una troza (un tronco) para obtener piezas de madera de sección transversal cuadrada o rectangular.
Basa	Segundo segmento del culmo de Guadua, a continuación de la cepa, con longitud entre 4 y 6 m.
Cabio	Vigueta de cubierta puesta en el sentido de la pendiente, también se le conoce con el nombre de alfarda.
Caña picada	(esterilla en Colombia o caña chancada en Perú) Estera que se forma después de realizar incisiones longitudinales al culmo de Guadua en estado verde y de abrirla en forma plana.
Carrera	Solera superior que corona una estructura de muros, también se le llama solera superior.
Cepa o Pata	Primer segmento basal del culmo de Guadua con longitudes que fluctúan entre 3 a 4 m; es la parte de la Guadua que presenta el mayor diámetro y el mayor espesor de pared.
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 o vigueta de cubierta.
Cimentación	Entramado (malla o retícula) de vigas de hormigón reforzado que transfiere las cargas de la superestructura al suelo.
Columna en madera o columna en Guadua	Pieza, generalmente vertical, cuyo trabajo principal es a compresión. Se define como la diferencia de los promedios de los diámetros en los extremos del culmo de bambú Guadua, dividida por la longitud entre ellos.
Conicidad	
Contracción	Reducción de las dimensiones de una pieza de madera o Guadua causada por la disminución del contenido de humedad.
Correa	Elemento horizontal componente de la estructura de la cubierta, también se le conoce como vigueta de cubierta o tirante.
Cuadrante	Elemento que se pone 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.
Culmo	Tallo del bambú, formado por nudos y entrenudos, que emerge del rizoma; es el equivalente al tallo de un árbol.

<i>Diafragma</i>	Elemento estructural (entrepiso o cubierta) que reparte las fuerzas inerciales laterales a los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica (muros).
<i>Distancia eje a eje</i>	Distancia del eje de un elemento al eje del elemento adyacente, por ejemplo distancia entre viguetas o entre pies derechos.
<i>Densidad básica (DB)</i>	Se define como el cociente entre la masa en estado anhidro (Guadua seca al horno) y el volumen de la Guadua en estado verde (VV).
<i>Distancia al extremo</i>	Distancia del centro de un elemento de unión (conector) a la punta de la pieza de Guadua.
<i>Elementos especiales de cimentación</i>	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.
<i>Elementos suplementarios de cimentación</i>	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.
<i>Enlucido</i>	(<i>pañete, revoque</i>) Mortero de acabado para la superficie de un muro. También se denomina mortero de alisado.
<i>Entramado</i>	Sistema estructural primario de los muros de bahareque, corresponde a marcos hechos de bambú Guadua o de una combinación de bambú Guadua con madera.
<i>Entrenudo</i>	Porción del culmo comprendida entre dos nudos; también se le conoce como canuto o cañuto, su longitud varia a lo largo del culmo y se va incrementado en el entrenudo subsiguiente de la parte alta.
<i>Esterilla</i>	Estera que se forma después de realizar incisiones longitudinales al culmo de guadua en estado verde y de abrirla en forma plana, en Ecuador se conoce como caña picada en Perú como caña chancada
<i>Fibra</i>	Células alargadas con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas.
<i>Hinchamiento</i>	Aumento de las dimensiones de una pieza de madera o bambú Guadua por causa del incremento de su contenido de humedad.
<i>Hormigón ciclópeo</i>	Hormigón con adición de agregado de tamaños mayores al corriente (sobretamaño). Contrapiso — (o losa base) Elemento de hormigón o mortero con arena o grava colocado sobre material de afirmado y que sirve de soporte al piso acabado.
<i>Madera y/o Guadua tratada</i>	Sometida a algún tipo de procedimiento, natural o químico, con el objeto de extraerle humedad y/o inmunizarla contra el ataque de insectos o pudrición.
<i>Malla expandida</i>	Malla que no se basa en tejer o soldar alambres sino que resulta de expandir una lámina metálica troquelada y perforada, también conocida como malla venada.
<i>Malla con vena estructural</i>	Malla fabricada a partir de lámina expandida y troquelada, con resaltes continuos que la hacen autoportante.
<i>Malla de gallinero</i>	malla de alambre trenzado con agujeros hexagonales con aberturas no superiores a 25.4 mm.

Mortero	Mezcla de arena, cemento y agua, que para efectos de este Capítulo es utilizada para llenar los entrenudos en conexiones empernadas, también se utiliza para pegar ladrillos y enlucir muros o techos.
Muro	Elemento laminar vertical que soporta los diafragmas horizontales y transfiere cargas a las cimentaciones.
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	(<i>tabiques</i>) 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.
Pie de amigo	Elementos oblicuos que transfieren cargas desde elementos horizontales a los elementos verticales.
Pie-derecho	(<i>montante</i>) elemento vertical que trabaja a compresión. Piezas verticales de los entramados o muros de corte, en muros de bahareque generalmente son de bambú Guadua y/o madera.
Preservación	Tratamiento para prevenir o contrarrestar la acción de organismos destructores de la Guadua o la madera, como insectos y hongos.
Preservante	Sustancia química que se aplica para prevenir o contrarrestar por un periodo de tiempo, la acción de alguno o varios tipos de organismos capaces de destruir o afectar la madera o el bambú Guadua.
Pudrición	Este tipo de defecto corresponde a la descomposición de los culmos de Guadua por ataque de agentes biológicos o humedad, que producen cambios en su apariencia, color y propiedades físicas y mecánicas.
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, generalmente se ponen en las esquinas de los muros en ángulos que van de los 30° a los 60°, pueden ser de bambú, madera o metálicas.
Rolliza/o Secado	Estado cilíndrico natural de los tallos de Guadua o madera. Proceso natural o artificial mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera o Guadua.
Sección transversal	es aquella sección que resulta de cortar una Guadua en sentido perpendicular a las fibras.
Sobrebasa	Tallo comercial, que corresponde al tercer segmento del culmo de Guadua, localizado a continuación de la basa con longitudes hasta de 4 m.
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

<i>Tuerca</i>	pié-derechos. Complemento metálico, generalmente hexagonal, provisto de cabeza y rosca helicoidal incorporada.
<i>Varillón</i>	Segmento terminal del culmo de Guadua, localizado a continuación de la sobrebasa, con longitudes hasta de 4 m. Se utiliza tradicionalmente en cubiertas como soporte de tejas de barro.
<i>Viga</i>	Pieza cuyo trabajo principal es la flexión.
<i>Viga de sección compuesta</i>	Viga conformada por dos o más Guaduas conectadas entre sí por medio de pernos o varilla roscada.
<i>Viga en madera o viga en Guadua</i>	Pieza, generalmente horizontal, cuyo trabajo principal es a flexión.
<i>Vigueta</i>	Elemento estructural secundario de la cubierta o entrepiso, que trabaja a flexión y cortante.
<i>Zuncho</i>	Abrazadera metálica que envuelve la circunferencia de la Guadua.

4. Alcance

En esta norma 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 sean para uso de vivienda y que formen parte de programas de máximo 15 viviendas y menos de 3000 m² de área construida.

No se permitirán muros de mampostería u hormigón en el nivel superior de las edificaciones. Para el diseño y construcción de programas de viviendas de uno y dos pisos con más de 15 unidades o más de 3000 m² 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 los requisitos de las Normas de Construcción.
- (b) Cimentaciones en hormigón/concreto de acuerdo al diseño de estructuras de hormigón/concreto.
- (c) Sobre-cimentaciones en hormigón/concreto al diseño de estructuras de hormigón/concreto.
- (d) Sobre cimentaciones en mampostería de acuerdo al diseño de estructuras de mampostería.
- (e) Análisis estructural de acuerdo con las previsiones de diseño sísmo resistente de la norma, los requerimientos para cálculo de cargas de la norma, y los requisitos de análisis del Anexo A de la presente norma
- (f) Diseño y construcción de entrepisos y cubiertas de madera, de acuerdo con los requisitos para diseño y construcción especificados en la norma de madera.
- (g) Diseño y construcción de los componentes en bahareque encementado, no reglamentados por lo anterior, se llevará a cabo con base en lo establecido en el presente capítulo.

5. Generalidades

5.1 Definición

El bahareque encementado es un sistema estructural de muros que se basa en la fabricación de paredes construidas con un esqueleto de bambú Guadua, o bambú Guadua y madera, cubierto con un revoque (enlucido/pañete) de mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre (malla de gallinero o malla expandida o venada), clavada en caña picada, chancada o esterilla que, a su vez, se clava sobre el esqueleto del muro, ver Ilustración 1.

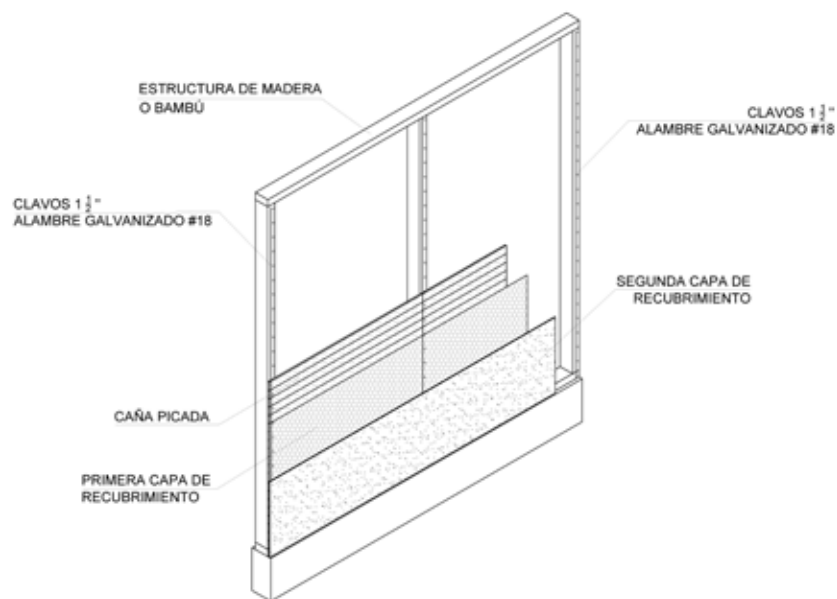


Ilustración 1 Componentes del muro de bahareque encementado (INBAR, 2011)

5.2 Componentes principales del sistema constructivo

El bahareque encementado es un sistema constituido por dos partes principales: el entramado o esqueleto y el recubrimiento o enlucido. Ambas partes se combinan para conformar un sistema estructural compuesto del tipo emparedado.

5.1.1 Entramado

El entramado está constituido por dos soleras o elementos horizontales, uno inferior y el otro superior, y pie-derechos o elementos verticales, conectados entre sí con clavos o tornillos tirafondo o varillas roscadas. El marco del entramado, es decir las soleras y los pie-derechos exteriores, pueden construirse con Guadua o con madera aserrada. El resto del entramado se construye con Guadua. Puede contener diagonales, ver Ilustración 2.

5.1.2 Recubrimiento

El recubrimiento (enlucido) se fabrica con mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre. La malla debe estar clavada sobre la caña picada, o sobre un entablado de madera. La caña picada debe ir anclada a los pie-derechos mediante clavos y alambre galvanizado trenzado entre los clavos, también se puede fabricar el recubrimiento utilizando malla expandida o malla troquelada para enlucido directamente clavada a los pie-derechos, sobre la cual se aplica el mortero de cemento, ver Ilustración 2.

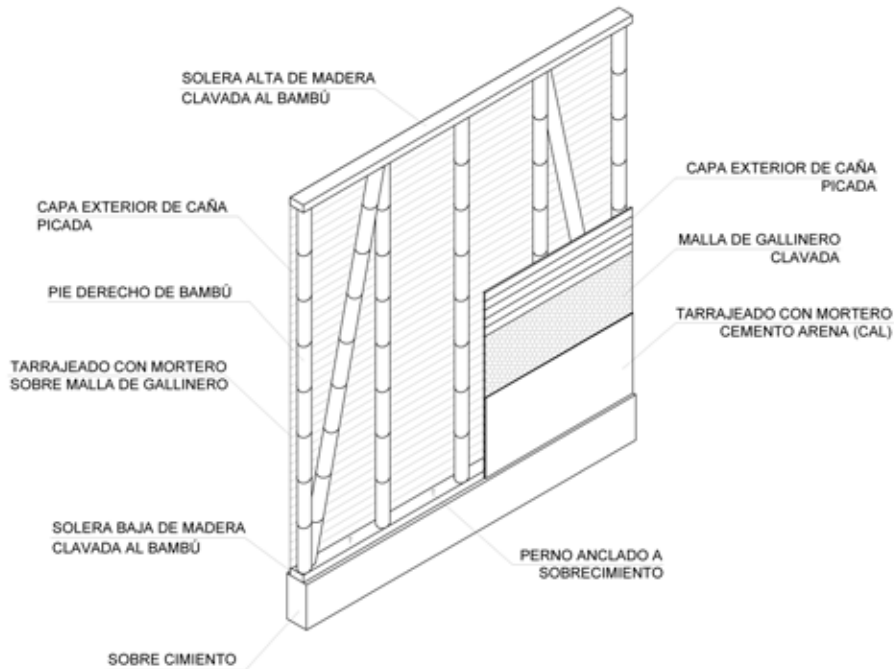


Ilustración 2 Entramado y recubrimientos del muro de bahareque encementado (Ministerio de la vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2012)

6. Materiales

6.1 Bambú Guadua

La especie de bambú utilizado para la fabricación de los muros de bahareque encementado es la *Guadua angustifolia Kunth*, conocida vulgarmente como Guadua, caña Guadúa o caña de Guayaquil, la norma solamente contempla la utilización de esta especie.

6.1.1 Requisitos de calidad de la Guadua para uso estructural

La Guadua rolliza utilizada como elemento de soporte estructural en forma de columna, viga, vigueta, pie-derecho, entramados, entrepisos etc., debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- (a) La Guadua debe ser de la especie *Guadua angustifolia Kunth*. La presente norma no contempla la posibilidad de utilizar otras especies de bambúes como elemento estructural.
- (b) La edad de cosecha para Guadua estructural debe estar entre los 3 y los 6 años.
- (c) La Guadua debe estar seca, lo que significa que su contenido de humedad debe estar por debajo del 19%.
- (d) El contenido de humedad de la Guadua debe corresponder con el contenido de humedad de equilibrio del lugar. Para garantizar esto la Guadua seca debe estar en el lugar de la obra por lo menos 15 o 20 días antes de usarse como elemento estructural.
- (e) La Guadua estructural debe estar adecuadamente preservada por medio de métodos químicos que eviten la presencia de insectos xilófagos y de hongos.

6.1.2 Clasificación visual por defectos de la Guadua

Con el fin de poder seleccionar el material óptimo para la construcción de viviendas de bahareque encementado, se presentan a continuación algunos aspectos que se deben tener en cuenta:

- (a) **Guaduas curvadas o torcidas** - Las piezas de Guadua estructural que trabajen como elementos estructurales principales o como viguetas de entrepiso no pueden presentar una deformación inicial del eje mayor al 1.5% de la longitud del elemento, para Guaduas que se utilizaran como pie-derechos la deformación inicial podrá ser hasta del 2.0% Esta deformación se reconoce al colocar la pieza sobre una superficie plana y observar si existe separación entre la superficie de apoyo y la pieza, ver Ilustración 3.

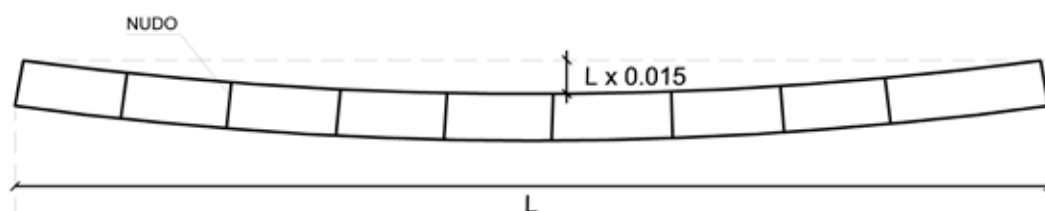


Ilustración 3. Guadua curvada o torcida

- (b) **Conicidad** – Debido a que la Guadua es un material natural y su diámetro va disminuyendo constantemente a lo largo del tallo, se entiende que la conicidad hace parte de su anatomía, no obstante se deben poner algunos límites a esta diferencia entre diámetros, en la Tabla 1 se muestran los límites máximos permitidos para cada una de las partes comerciales de la Guadua, tomados como el porcentaje de la diferencia entre el diámetro inferior y el superior dividido por la longitud de la pieza.

$$\%con = \frac{(D_+ - D_-)}{L} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

%con: Porcentaje de conicidad de la pieza en %

D_+ : Diámetro mayor en mm

D_- : Diámetro menor en mm

L: Longitud de la pieza de Guadua en mm

Tabla 1 Conicidad admisible de guaduas.

Parte de la guadua	% Conicidad
Cepa	0.17%
Basa	0.33%
Sobrebasa	0.50%

- (c) **Fallas por compresión** - Las piezas de Guadua estructural no pueden presentar arrugas perimetrales que evidencien una falla debida a compresión durante la vida de la Guadua, si se presenta este tipo de falla se deberá cortar la parte fallada de la pieza, pero el resto podrá ser usada si cumple con los demás requisitos de clasificación visual.



Ilustración 4. Falla a compresión

- (d) **Fisuras** – El Bambú Guadua es un material que tiende a agrietarse naturalmente debido a la diferencia en la densidad de sus paredes, no obstante se deben establecer algunos límites para el tamaño y la localización de las grietas, ver Tabla 2.

Tabla 2 Límites de fisuras en Guadua.

Tipo	Se permite	Límites	Recomendación
Grieta longitudinal	Sí	La grieta debe estar contenida entre dos nudos, si la grieta pasa al cañuto siguiente no debe tener una longitud superior al 20% de la pieza.	Si la Guadua presenta fisuras después de instalada, estas pueden ser tratadas por medio de abrazaderas o zunchos metálicos

- (e) **Perforaciones por insectos** – Si una Guadua es atacada antes de ser utilizada en una estructura por insectos, esta no podrá ser usada en la estructura.
- (f) **Pudrición por hongos** – No se aceptan Guaduas que presenten algún grado de pudrición.

6.2 Madera

Para el armado de los entramados de los muros se pueden usar maderas de los grupos estructurales A, B y C según lo estipulado en el “Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino”.

6.2.1 Requisitos de calidad para madera

La madera aserrada usada como soleras, viguetas, vigas o columnas dentro de la edificación de bahareque encementado debe cumplir con los siguientes requisitos.

- Se acepta la utilización de cualquier especie de madera conífera o latifoliada (blanda o dura) que tenga una densidad básica de más 0.37.
- Se deben usar maderas de especies que estén estudiadas y a las cuales se les conozca sus propiedades físicas y mecánicas
- Toda la madera usada como elemento estructural dentro de la edificación debe estar debidamente inmunizada, en especial las soleras inferiores de los muros de primer piso las cuales deben tener una inmunización con CCA a vacío presión.

6.2.2 Clasificación visual por defectos para madera estructural

La clasificación visual por defectos para madera estructural se hará según lo estipulado en el “Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino” capítulo 3 numeral 3.4.7.

6.3 Mortero

Los morteros utilizados en construcciones de Bahareque deben cumplir la norma (ASTM C270). Los morteros deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento y, además, garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante, en el caso de sobrecimientos de mampostería.

6.3.1 Mortero de Enlucido

6.3.1.1 Dosificación del mortero para enlucido o revoque

La dosificación mínima para morteros de enlucido será de 1 unidad de cementante por 4 unidades de arena, garantizando una resistencia mínima de $f'_{cr}=7.5\text{MPa}$, se debe aplicar en dos capas la primera más fluida para que se adhiera a la malla y la segunda más seca para el acabado final.

6.3.1.2 Uso de la cal

La cal que se utilice en la preparación del mortero debe ser cal hidratada y se debe verificar que ésta no sea perjudicial a ninguna de las propiedades especificadas.

6.3.1.3 Agregados

Los agregados para el mortero deben cumplir la norma ASTM C144 y estar libres de materiales contaminantes o deleznales que puedan deteriorar las propiedades del mortero.

6.3.1.4 Agua

El agua utilizada para el mortero de pega debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que puedan ser dañinas para el mortero o la malla embebida.

6.3.1.5 Colorantes y aditivos

Los colorantes y aditivos que se utilicen en la preparación del mortero de enlucido deben someterse a la aprobación previa del supervisor técnico y debe demostrarse mediante realización de ensayos de laboratorio o evidencia confiable de obras similares, que no deterioran ninguna de las propiedades deseables del mortero, ni causan corrosión del refuerzo embebido.

6.3.1.6 Preparación en obra

La preparación del mortero de pega con las dosificaciones establecidas previamente, debe hacerse utilizando mezcladoras mecánicas apropiadas en seco o con el agua de amasado suficiente para obtener la plasticidad requerida. Cuando se mezclen los componentes en seco, la adición de agua se debe realizar por el albañil hasta obtener la plasticidad y consistencia requeridas. El tiempo de mezclado debe ser el suficiente para obtener uniformidad sin segregación en la mezcla. La preparación manual sólo se admite para trabajos de obras menores de hasta 3 viviendas.

6.3.2 Mortero de relleno de cañutos de Guadua

Generalmente cuando una Guadua es atravesado por un perno en una conexión o cuando se requiere instalar una varilla embebida a lo largo del eje neutro de la Guadua se requiere del relleno de los cañutos por los cuales pasa el perno o la varilla roscada, esto se realiza con el fin de evitar el aplastamiento de la Guadua o para darle mayor resistencia a la conexión.

6.3.2.1 Requisitos generales

Los morteros de relleno utilizados para rellenar los cañutos de Guadua deben cumplir la norma ASTM C476. Deben ser de buena consistencia y con fluidez suficiente para penetrar los entrenudos sin segregación.

6.3.2.2 Dosificación

La dosificación mínima para morteros de relleno será de 1 unidad de cementante por 3 unidades de arena *máximo*, garantizando una resistencia mínima de $f'_{cr}=9.0$ MPa, para una óptima inyección del mortero se recomienda la utilización de agregado fino (arena).

6.4 Unidades de mampostería

En la construcción de viviendas de bahareque encementado es obligatorio la construcción de un sobrecimiento, el cual cumple la función de levantar el entramado de bahareque del nivel del terreno, previniendo la acción de la humedad, dicho sobrecimiento puede ser de mampostería.

6.4.1 Tipos de unidades de mampostería

Las unidades de mampostería que se utilicen en los sobrecimientos pueden ser de hormigón, cerámica (arcilla cocida), sílico-calcáreas o de piedra. Las unidades pueden ser de perforación vertical o sólidas. Las unidades sólidas son aquellas cuyas cavidades ocupan menos de un 25% del volumen de la pieza.

6.5 Hormigón

En construcciones de bahareque encementado, solo se usa hormigón en el diafragma de cimentación, el hormigón usado debe tener una resistencia mínima de $f'_c=21\text{MPa}$.

6.6 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo longitudinal debe ser corrugado. En ningún caso, el acero de refuerzo puede tener un límite de fluencia, f_y inferior a 240 MPa.

6.7 Mallas de refuerzo del enlucido

Podrán usarse los siguientes tipos:

- (a) Malla de gallinero - 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 enlucido de lámina metálica expandida, sin vena estructural.
- (d) Malla de enlucido de lámina metálica expandida, con vena estructural.

Si se usan las mallas (a), (b) y (c) se deberán soportar con caña picada, las mallas (d) se podrán usar sin el soporte de la caña picada.

7. Criterios básicos del planeamiento estructural

El buen comportamiento sísmico y eólico 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:

7.1 Sistema principal de resistencia a cargas laterales (sismo y viento)

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 y eólicos 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 los numerales 9.2, 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 numeral 11.
- 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 numeral 8.

En la Ilustración 5, se puede apreciar cada uno de los componentes del sistema de resistencia a cargas laterales y verticales.

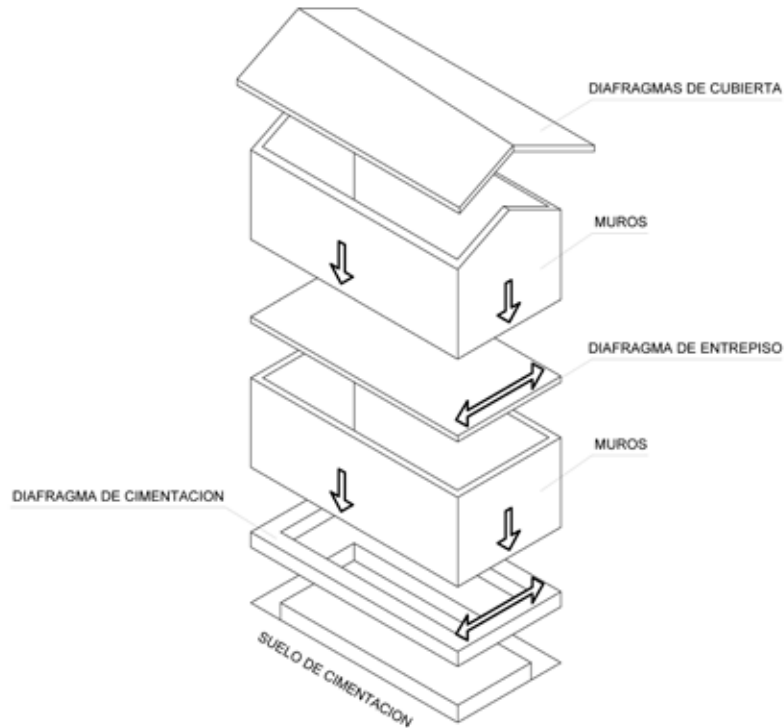


Ilustración 5. Sistema principal de resistencia a cargas. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

7.2 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, ver Ilustración 6.

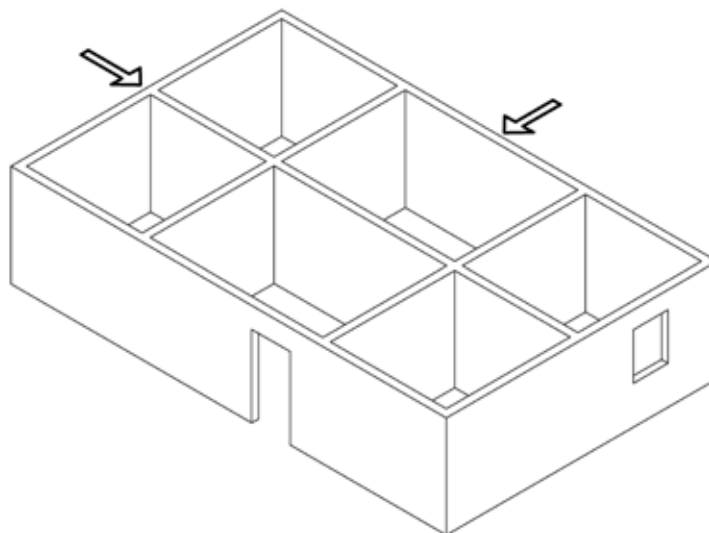


Ilustración 6 Disposición de muros estructurales (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001)

7.3 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 la ecuación 4.

7.4 Integridad estructural

7.4.1 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:

7.4.1.1 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 longitud mínima de muros dada en el numeral 9.3.1. 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. En la Ilustración 7, se puede apreciar que muros son continuos y cuáles no lo son.



Ilustración 7. Continuidad vertical de muros. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

7.4.1.2 La regularidad en planta

Debe evitarse la irregularidad geométrica en planta. Las formas irregulares podrán convertirse, por descomposición, en varias formas regulares, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en el numeral 7.6, en la Ilustración 8, se puede apreciar una planta irregular y su debida descomposición en plantas regulares.

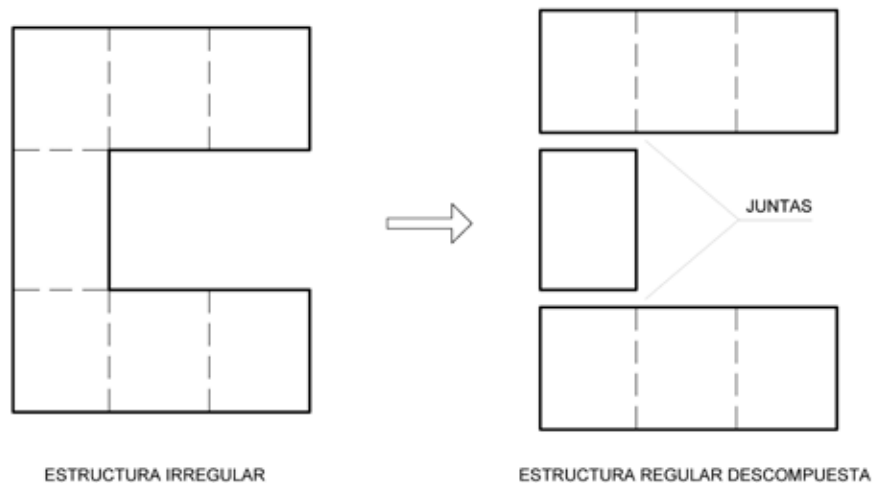


Ilustración 8. Irregularidad en planta (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

Adicional a lo anterior también deben evitarse las plantas muy alargadas o con relaciones de aspecto en planta de más de 3 de un lado con respecto al otro, ver Ilustración 9.

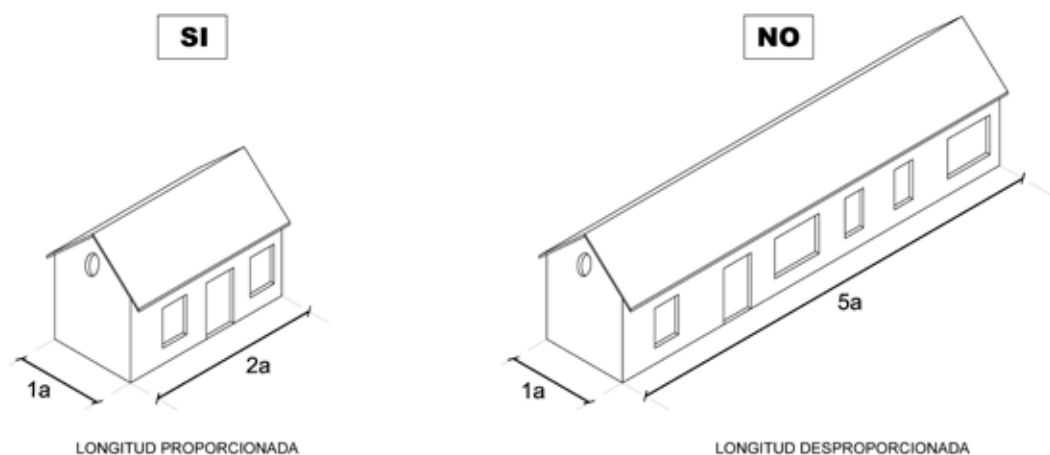


Ilustración 9. Relación de aspecto en planta (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001)

7.4.1.3 La regularidad en altura

Deben evitarse las irregularidades geométricas en alzado. Cuando la estructura tenga forma irregular en altura, podrá descomponerse en formas regulares aisladas, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en el numeral 7.6, en la Ilustración 10, se puede observar el manejo que se le debe dar a las irregularidades en altura.

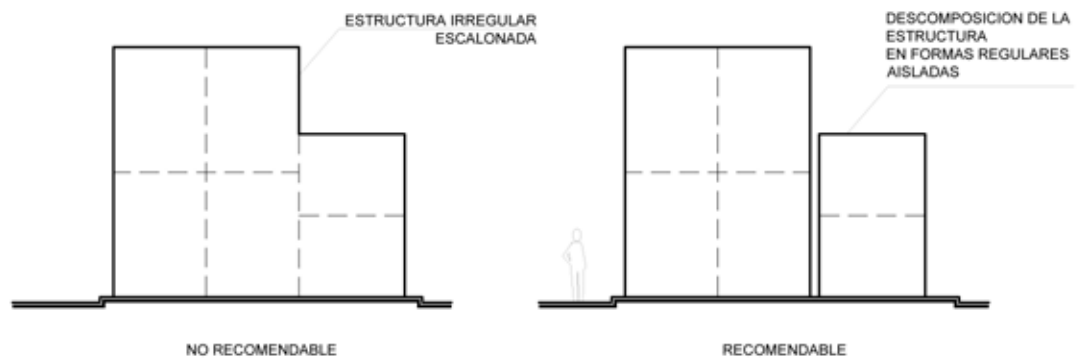


Ilustración 10. Irregularidad en altura. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

7.5 Adiciones en otros materiales diferentes al bahareque

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, resolviendo en sí misma su estabilidad y resistencia, en la Ilustración 11 se puede ver la forma correcta de construir adiciones en otros materiales.

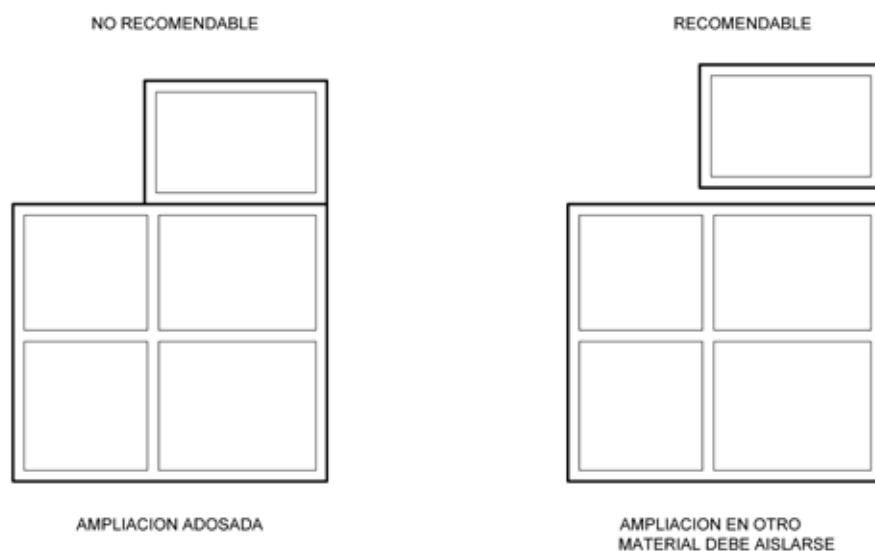


Ilustración 11. Adiciones en materiales diferentes. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

7.6 Juntas sísmicas

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 haya 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, hormigón reforzado, acero, etc.
- (d) Casas construidas independientemente.

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 3.

TABLA 3: Junta sísmica

Configuración de la fachada	j (m/m)
Edificación con aberturas de más del 25% de las fachadas	0.020
Edificación con aberturas de menos del 25% de las fachadas	0.015

$$J = h * j$$

Ecuación 2

donde

- J es la junta sísmica entre dos edificaciones contiguas en m
- h es la altura de la edificación medida hasta la parte media de la cubierta en m
- j es el valor tomado de la Tabla 3. **Junta sísmica**

Las edificaciones separadas por junta sísmica (ver figura 12) pueden compartir cimentaciones, pero deben separarse desde el nivel del sobrecimiento de manera que actúen independientemente.

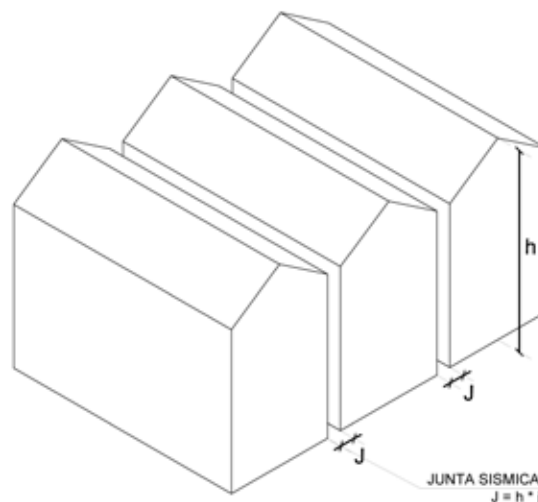


Ilustración 12. Descripción de la junta sísmica (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

7.7 Sobrepeso a nivel de cubierta

Las fuerzas que genera el sismo son fuerzas inerciales y por lo tanto, mientras mayor sea la masa de la edificación, mayor será la fuerza generada por la aceleración del sismo. Este aspecto es de especial importancia en las cubiertas, en las cuales deben evitarse la instalación de elementos muy pesados como tanques para agua de 1 m³ ó más de capacidad.

8. Cimentaciones

8.1 Generalidades

8.1.1 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 una calicata (o perforación) por cada tres unidades construidas o por cada 300 m² de construcción, hasta una profundidad mínima de 2.0 m, en el que se constate la calidad razonable del suelo de cimentación.
- (d) En las calicatas indicadas en (c) deberán quedar determinados los espesores de los materiales inconvenientes para el apoyo directo y superficial de la cimentación, como son: descapote, escombros, materia orgánica, etc., los cuales deberán ser retirados durante la construcción.

En caso de que los resultados de la investigación mínima indiquen condiciones inadecuadas para la estabilidad del proyecto, se deberán realizar los estudios geotécnicos indicados en el numeral 8.1.2

8.1.2 Estudio geotécnico

Debe realizarse un estudio geotécnico que cumpla los requisitos de la norma de estudios geotécnicos del país, 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.

8.1.3 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.

8.1.4 Sistema de cimentación

La cimentación estará compuesta por un sistema reticular de vigas que configuren anillos aproximadamente rectangulares en planta, como se ve en la Ilustración 13, 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.

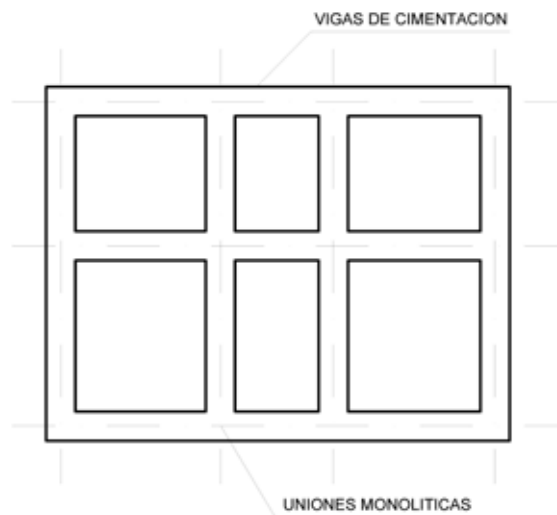


Ilustración 13. Sistema reticular de vigas que configuran anillos cerrados y continuos. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

8.1.5 Límites del tamaño de los anillos de cimentación

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 150 mm por 150 mm.

8.1.6 Uniones entre vigas de cimentación

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 Ilustración 14, en la se muestra el tamaño de los ganchos.

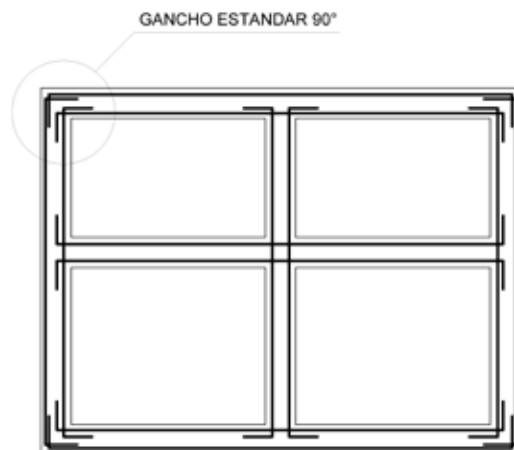


Ilustración 14. Detalle de anclaje del refuerzo longitudinal en vigas de cimentación. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

8.2 Estructuración de los cimientos

8.2.1 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 4.

Tabla 4. Valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentaciones.

Dimensiones elementos del cimiento	Un piso	Dos pisos	Resistencia mínima MPa
Ancho	200 mm	250 mm	21
Alto	150 mm	200 mm	21
Refuerzo longitudinal	4#3	4#4	420
Refuerzo transversal	f#2@200mm	f#2@200mm	240
Conectores de cortante soleras de madera	1#3@1m	1#4@1m	240
Anclaje antivuelco varilla embebida en bambú (localizada en el pie-derecho inicial y final de cada panel)	1#4	1#4	420

8.2.2 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 la Tabla 4.

8.2.3 Previsiones especiales para cimentaciones sobre terreno inclinado

Cuando la inclinación del terreno exija la ejecución de cortes del terreno para la construcción del proyecto y/o sistemas de contención, éstos se deben diseñar atendiendo las disposiciones oficiales para este tipo de intervenciones en la normativa respectiva y disponiendo los elementos adicionales requeridos para resistir las cargas laterales allí especificadas.

8.2.4 Sistema de refuerzo de cimentaciones en terreno inclinado

Para terrenos con pendientes superiores al 20% a los cuales se les hagan cortes o terrazas para implantar la viviendas, debe garantizarse la estabilidad en la cimentación, empleando procedimientos tales como pilares en hormigón de sección circular, dispuestos en las esquinas del borde inferior de ladera, a distancias no mayores de 4 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 Ilustración 15.

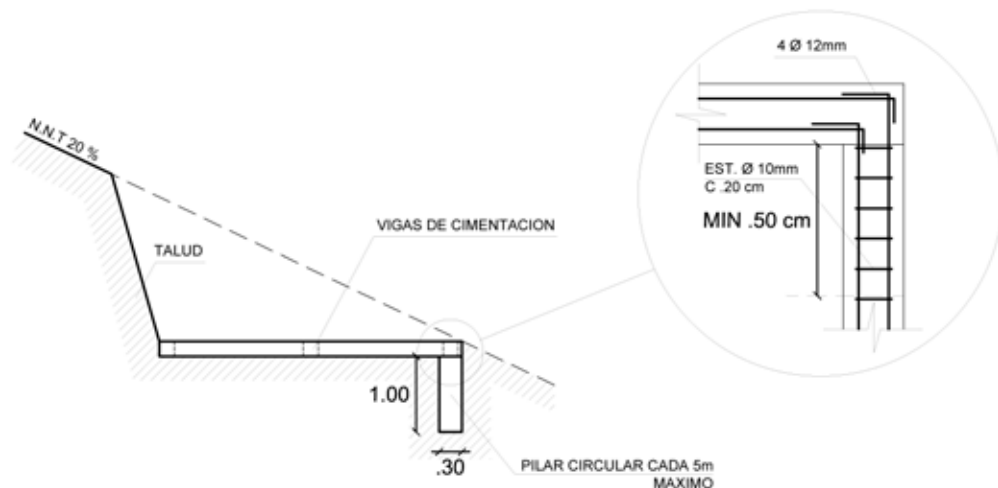


Ilustración 15. Pilares para estabilizar cimentaciones en terrenos inclinados. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

8.2.5 Sobrecimientos

El nivel inferior de las vigas de cimentación deberá estar a una profundidad mínima de 300 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 o con hormigón, que sobresalga mínimo 400 mm sobre el nivel del terreno. El sobrecimiento debe anclarse debidamente a la cimentación mediante barras de refuerzo. Los sobrecimientos en mampostería deben rematarse con vigas de amarre en hormigón que garanticen la adecuada transmisión de las cargas de los muros de bahareque a la cimentación.

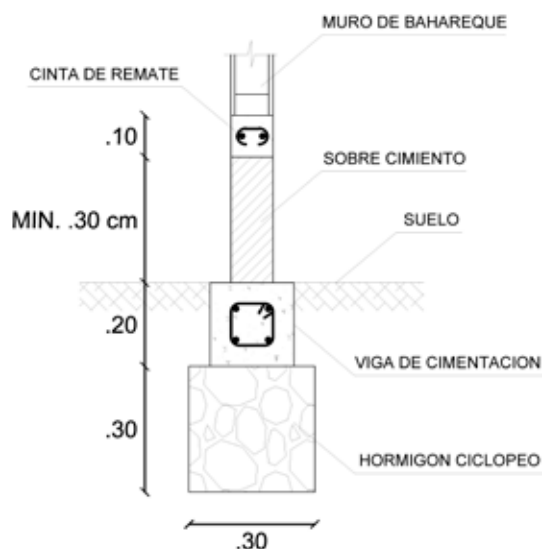


Ilustración 16. Detalle sobrecimiento

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.

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 hormigón ciclópeo. Este relleno debe tener una anchura mínima de 300 mm y una altura mínima de 200 mm. Para la elaboración del hormigón 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 hormigón de la misma o mejor calidad del hormigón de las vigas de cimentación.

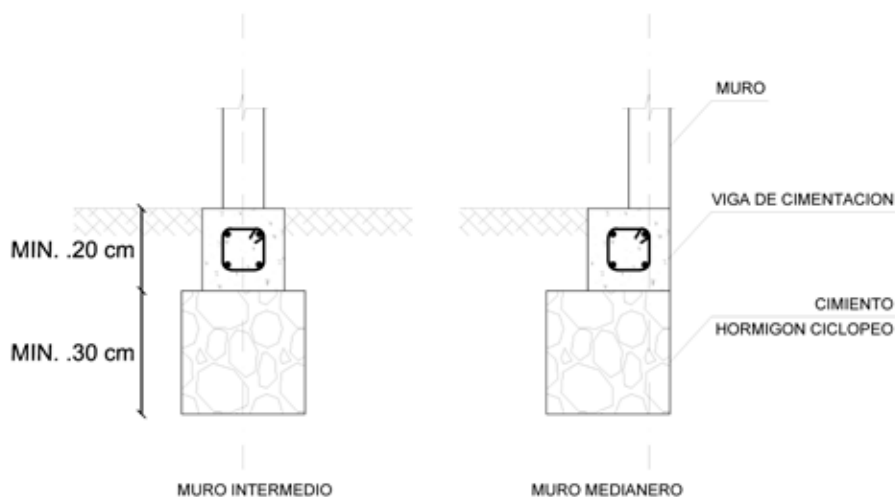


Ilustración 17. Cimentación con hormigón ciclópeo.

9. Muros de bahareque encementado

Los muros de bahareque encementado constituyen el sistema estructural de la casa, son los responsables de transmitir las cargas de servicio (vivas y muertas) a la cimentación, además son los encargados de resistir las cargas laterales debidas a eventos naturales como sismos o vientos fuertes.

9.1 Composición de muros

9.1.1 Entramado

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 90 mm. El espaciamiento horizontal entre pie-derechos no debe ser inferior a 300 mm ni superior a 800 mm, entre ejes.

9.1.2 Recubrimiento

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 la caña picada, de acuerdo con lo especificado en E.7.4.5.

9.1.3 Elementos

La sección de las soleras tendrá un ancho mínimo igual al diámetro de las guaduas usadas como pie-derechos y una altura no menor de 40 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. Si se usan soleras de bambú Guadua estas deben estar completamente llenas de mortero en todos sus cañutos debido al aplastamiento producido por los pie-derechos.

9.1.4 Longitud efectiva del muro

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.

9.2 Clasificación de los 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.

9.2.1 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 la caña picada o el 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.

9.2.2 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 la caña picada y que carecen de elementos inclinados. Deben utilizarse únicamente para resistir cargas verticales. No deben constituirse en segmentos de los extremos de muros.

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.

9.2.3 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.

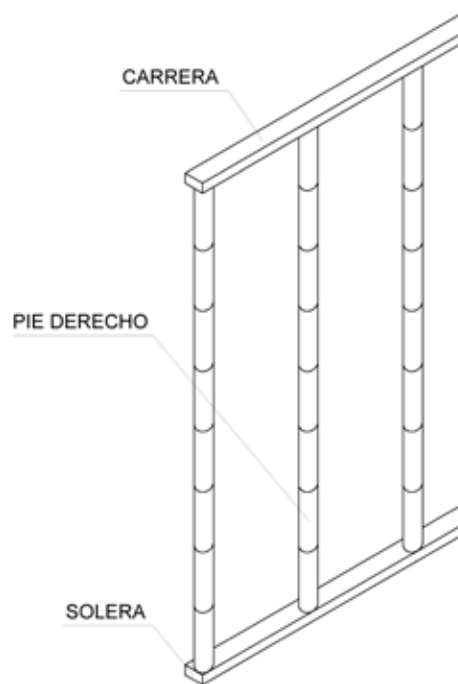


Ilustración 18. Muro estructural sin diagonales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

9.3 Longitud de muros en cada dirección

El sistema estructural del bahareque encementado corresponde al de muros de cortante, por lo tanto son los muros los elementos responsables de resistir las cargas verticales y las cargas laterales debidas a eventos naturales como viento y sismo.

Por lo tanto de vivienda deberá tener la suficiente cantidad de muros en las dos direcciones ortogonales.

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:

9.3.1 Longitud mínima de muros en cada dirección

La longitud mínima de muros en cada dirección debe satisfacer la siguiente ecuación:

$$L_i \geq C_B * A_p$$

Ecuación 3

Donde:

L_i = longitud mínima total de muros continuos (en m), sin aberturas, en la dirección i
 C_B = coeficiente del bahareque (en m-1), especificado en la Tabla 1 a **PERU**
 Tabla 8, en función de la aceleración espectral para el sitio donde se realice la construcción y función de la velocidad del viento, se debe escoger el mayor de los dos.

A_p = área de la cubierta (en m²) incluyendo aleros, para viviendas de un piso, o para los muros del segundo piso en viviendas de dos pisos. (Puede sustituirse por $1/2 \cdot A_p$ si se utilizan materiales livianos para la cubierta, tales como fibrocemento o láminas metálicas, sin base de mortero).

A_{p2} = área del entrepiso más área de la cubierta (en m²), para los muros del primer piso en viviendas de dos pisos, si el entrepiso no tiene materiales pesados como mortero de cemento el valor de A_p correspondiente al entrepiso se podrá reducir en $2/3 \cdot A_p$

COLOMBIA

Tabla 5. Valores del coeficiente del bahareque C_B (sísmico), para calculo de longitud mínima de muros,

Amenaza sísmica	A_a	C_B
Alta	0.50	0.38
	0.45	0.34
	0.40	0.30
	0.35	0.26
	0.30	0.22
	0.25	0.18
Intermedia	0.20	0.15
	0.15	0.15
Baja	0.10	0.12
	0.05	0.12

COLOMBIA

Tabla 6. Valores del coeficiente del bahareque C_B (Viento), para calculo de longitud mínima de muros, Para Colombia.

Región	Velocidad del viento (Km/h)	C_B
5	130	0.22
4	120	0.20
3	100	0.18
2	80	0.16
1	60	0.14

ECUADOR

Tabla 7. Valores del coeficiente del bahareque C_B (sísmico), para calculo de longitud mínima de muros,

Zona sísmica	Amenaza sísmica	Factor Z	C_B
I	Intermedia	0.15	0.15
II	Alta	0.25	0.18
III		0.30	0.22
IV		0.35	0.26
V		0.40	0.30
VI	Muy alta	≥ 0.50	0.38

PERU

Tabla 8. Valores del coeficiente del bahareque C_B (sísmico), para calculo de longitud mínima de muros,

ZONA	Z	C_B
3	0.40	0.30
2	0.30	0.22
1	0.15	0.15

9.3.2 Distribución simétrica de muros

Con el fin de evitar problemas torsionales debido a plantas irregulares o una mala disposición de muros, se debe garantizar que los muros estén distribuidos de manera aproximadamente simétrica.

Por lo tanto, debe cumplirse con la $\left[\frac{\frac{\sum(L_{mi} \cdot b)}{\sum L_{mi}} - \frac{B}{2}}{B} \right] \leq 0.15$ Ecuación 4 tomada en su valor absoluto.

$$\left[\frac{\frac{\sum(L_{mi} \cdot b)}{\sum L_{mi}} - \frac{B}{2}}{B} \right] \leq 0.15 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

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

b = la distancia perpendicular a la dirección i (en m) desde cada muro, hasta un extremo del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso (Véase Ilustración 19).

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

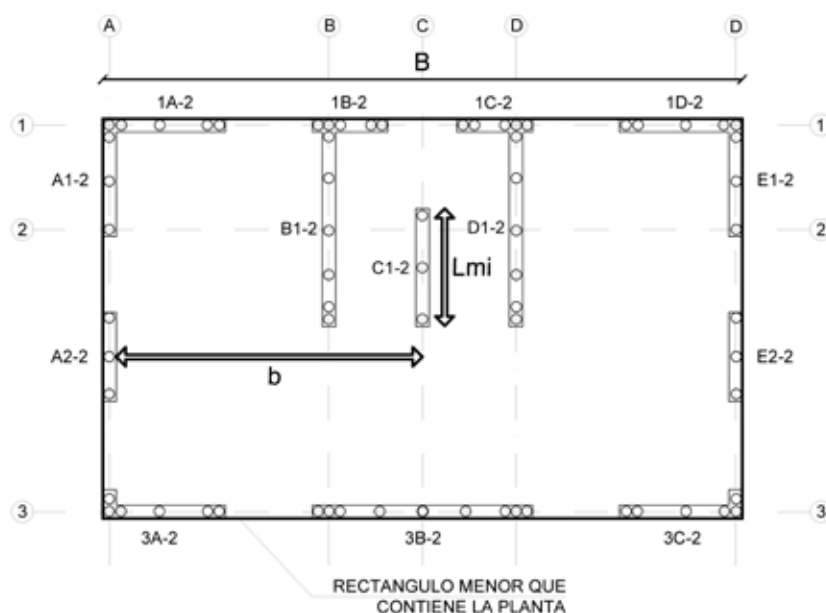


Ilustración 19. Descripción de cada una de las variables para calcular la simetría de muros.

9.3.3 Verificación de la resistencia de muros

En los casos en los cuales no se cumplan los requisitos expresados en el numeral 9.3.1, 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 Anexo A de esta norma, que una longitud de muros inferior a la especificada por la $C_B * A_p$ Ecuación 3, es suficiente para resistir las cargas horizontales calculadas.

9.3.4 Verificación de la simetría de muros en planta

En los casos en los cuales no se cumplan los requisitos expresados en el numeral 9.3.4, debe hacerse de nuevo la distribución de los muros en planta hasta lograr cumplir con la Ecuación 4. 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 3, de acuerdo con lo estipulado en 9.3.1.

$$\left[\frac{\frac{\sum(L_{mi} * b)}{\sum L_{mi}} \frac{B}{2}}{B} \right] \leq 0.15 \quad L_i \geq C_B * A_p$$

Ecuación 4

Ecuación 3

10. Columnas de Bambú Guadua

El sistema de resistencia a cargas laterales del bahareque encementado son los muros de carga, no obstante en la construcción de una vivienda de bahareque pueden aparecer columnas de bambú Guadua, para soportar el entrepiso o la cubierta, estas columnas se deben diseñar y proyectar como doblemente articuladas y no tendrán resistencia a momento en la base ni en la corona, su trabajo será solo a cargas gravitacionales.

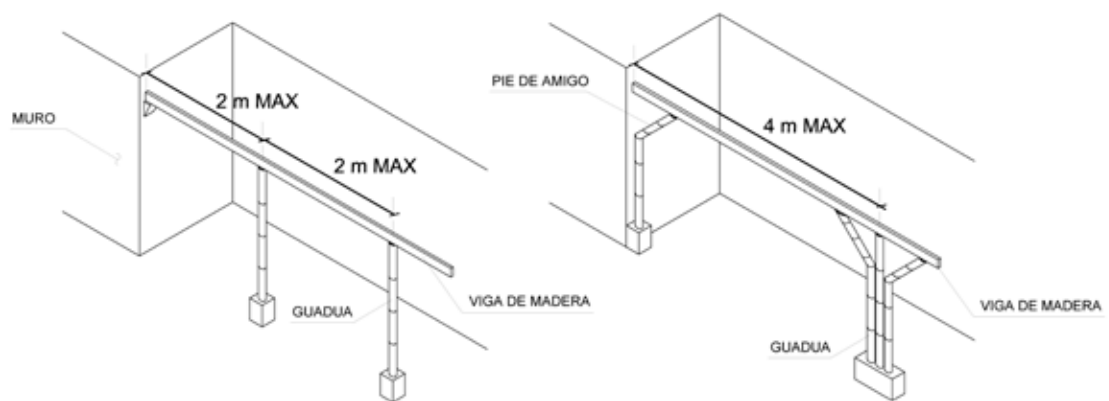


Ilustración 20. Columnas de Guadua (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

10.1 Ubicación y diseño de columnas

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.

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 hormigón o en mampostería y una unión, como se indica en el numeral 13.3.1.2 de esta norma.

10.2 Carga admisible para columnas de Bambú Guadua

En la Tabla 9, se muestran las cargas admisibles para Guaduas de diferentes longitudes y diferentes diámetros exteriores.

Tabla 9. Carga admisible para columnas de Guadua en kN.¹

Altura columna (m)	Diámetro exterior (mm)			
	10	11	12	13
2	22.3	28.2	34.2	40.1
3	11.6	15.5	20.0	25.0
4	6.7	9.1	12.0	15.4
5	4.4	6.0	7.9	10.1

10.2.1 Columnas armadas por varias Guaduas

Se pueden construir columnas armadas por 2 o más Guaduas, en este caso la carga que aparece en la Tabla 9, se deberá multiplicar por el número de Guaduas de la columna, la conexión entre las Guaduas que conforman la columna se deberá hacer por medio de pernos o varillas roscadas a los tercios (2 como mínimo) y se deberá rellenar con mortero los entrenudos por donde pasen los pernos o varillas roscadas.

11. Diafragmas horizontales

Los diafragmas horizontales son los elementos encargados de transmitir las cargas horizontales debidas al viento o al sismo a los muros, deben tener la rigidez necesaria para cumplir este fin. Los diafragmas deben existir en los niveles de cimentación, de entrepisos y de cubierta.

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 13.3.1

Deben colocarse tirantes y cuadrantes horizontales 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.

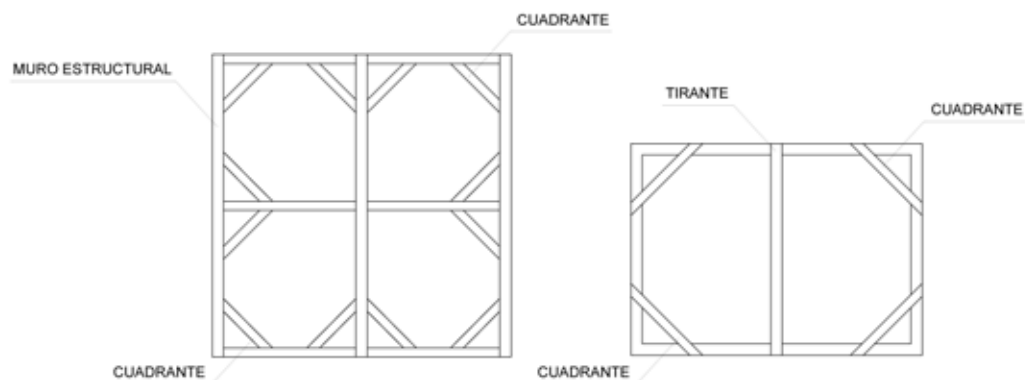


Ilustración 21. Cuadrantes y tirantes (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

El entrepiso debe soportar las cargas verticales establecidas de servicio definidas en el capítulo de cargas de cada una de las normas nacionales. 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. Caña picada, malla de refuerzo electrosoldado y mortero de cemento,
 - 2. Tablero de madera contrachapada u OSB, malla de refuerzo electrosoldado y mortero de cemento, o
 - 3. Tablas de madera clavadas a la estructura de soporte del entrepiso.
- (c) Los colectores o cordones, que enmarcan el diafragma y forman parte del sistema de resistencia en su plano.

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.

No se permiten entrepisos en losa de hormigón para viviendas en bahareque encementado construidas de acuerdo con el presente Capítulo.

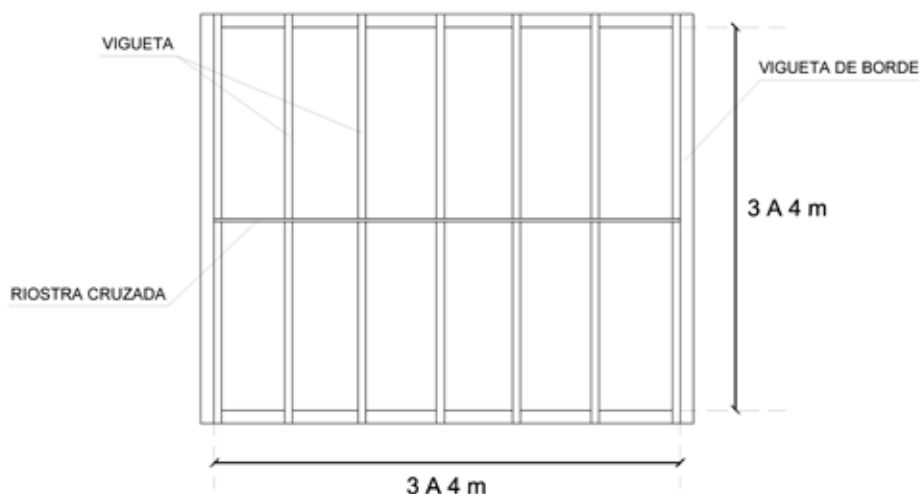


Ilustración 22. Planta de entrapiso. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

11.1 Entrepisos de madera

Los entrepisos podrán construirse con piezas de madera aserrada, que se deberán conectar adecuadamente a los muros de bahareque, se podrán usar maderas de densidad baja mínimo 0.37 a densidad media 0.60.

11.1.1 Componentes del entrapiso en madera

- A. Viguetas: Las vigas o viguetas serán de madera aserrada con espesor mínimo de 40 mm, deberán estar espaciadas a 300mm, 400mm, 490 mm ó 600mm, dependiendo de la luz que deban librar. Las viguetas deben estar apoyadas directamente sobre la solera de los muros.
- B. Friso o Tensor: corresponde al elemento de remate perpendicular a las viguetas que se pone sobre la solera de los muros, debe ser de altura igual a la de las viguetas, también se debe instalar en los muros paralelos al sentido de las viguetas.
- C. Piso: existen varias opciones para el acabado de piso
 - a. Caña picada cosida a las viguetas de madera con alambre galvanizado y clavos de 38.1 mm (1 ½"), sobre la que se puede vaciar un mortero de cemento de no más de 50 mm de espesor, reforzado con malla electrosoldada de diámetro 4 mm cada 150 mm.
 - b. Tableros de madera contrachapada (plywood) o tableros de OSB de 16 mm de espesor, estos tableros se clavarán directamente a las viguetas de madera por medio de clavos de 50.8 mm (2") cada 150mm, sobre los tableros se podrá poner un acabado de mortero de cemento de 50 mm, con el mismo refuerzo del literal a, o se puede usar un acabado más liviano como pisos de madera o vinílicos

- c. Entablado de madera con tablas comunes de madera de espesor mínimo 20 mm, sobre el entablado se pueden poner los mismos acabados de los literales a y b.

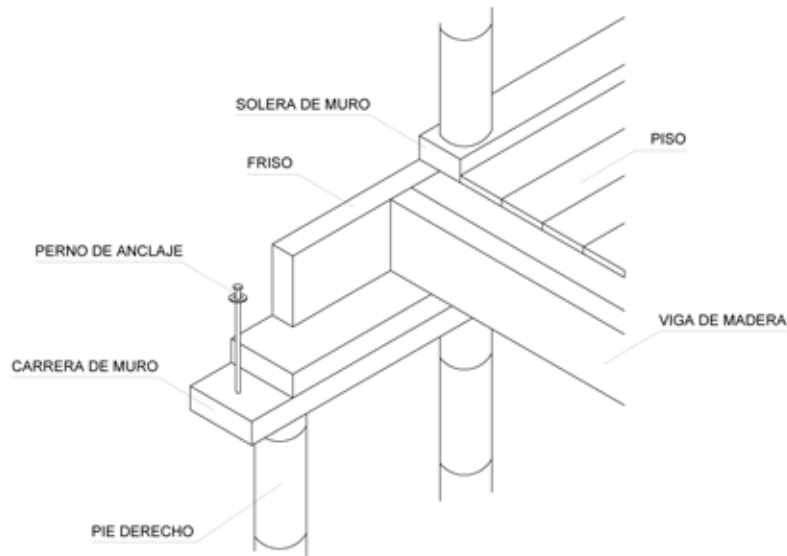


Ilustración 23. Detalle entrepiso de madera. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

11.2 Entrepisos de Guadua

Los entrepisos se podrán construir con elementos de bambú Guadua, conectándose adecuadamente a los muros por medio de pernos o varillas roscadas, todos los puntos de apoyo de los elementos de bambú deberán estar rellenos de mortero de cemento para evitar el aplastamiento.

Las Guaduas utilizadas para la elaboración de entrepisos deberán presentar una baja conicidad y ser lo más rectas posibles.

11.2.1 Componentes de los entrepisos de Guadua

- A. Viguetas: Las vigas o viguetas serán de Guadua espesor de pared mínimo de 10 mm, deberán estar espaciadas a 300mm, 400mm, 490 mm ó 600mm, dependiendo de la luz que deban librar. Las viguetas deben estar apoyadas directamente sobre la solera de los muros. Cuando se usen viguetas dobles, las Guaduas que las conforman deberán conectarse entre sí por medio de pernos o varillas roscadas y los cañutos por donde atravesase el perno deberán ser rellenos con mortero de cemento.
- B. Friso o Tensor: corresponde al elemento de remate perpendicular a las viguetas que se pone sobre la solera de los muros, debe ser de altura igual a la de las viguetas, también se debe instalar en los muros paralelos al sentido de las viguetas, puede ser de Guadua o de madera.
- C. Piso: existen varias opciones para el acabado de piso

- a. Caña picada cosida a las viguetas de madera con alambre galvanizado y clavos de 38.1 mm (1 ½"), sobre la que se puede vaciar un mortero de cemento de no más de 50 mm de espesor, reforzado con malla electro-soldada de diámetro 4 mm cada 150 mm.

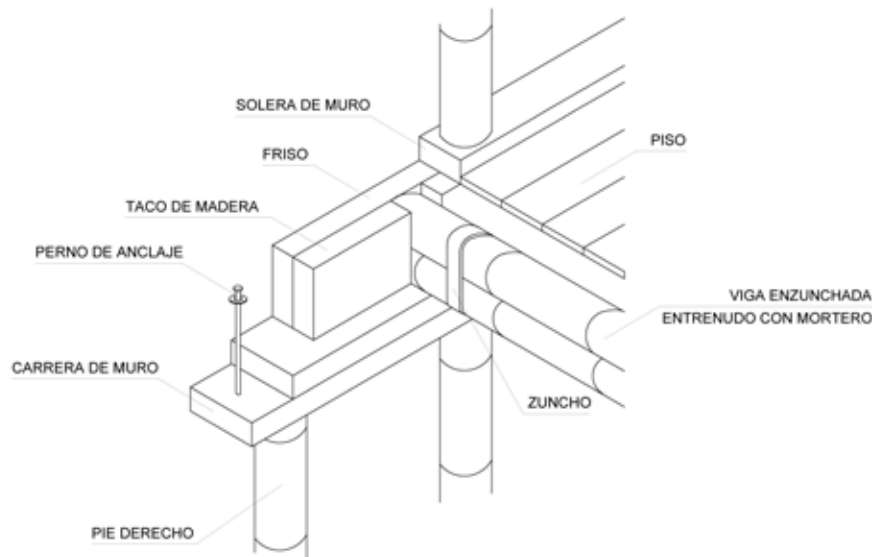


Ilustración 24. Detalle entrepiso de Guadua. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

11.3 Configuración de entrepisos

A continuación se presentan las secciones y separaciones mínimas que deberán tener los entrepisos de de madera y Guadua, teniendo en cuenta que estas tablas fueran diseñadas para cargas vivas de 1.8 kN/m^2 y una carga muerta de 1.5 kN/m^2 cuando el acabado es de mortero y de 0.7 kN/m^2 cuando el acabado es liviano.

11.3.1 Entrepisos de madera

Existen dos tipos de dimensiones en los mercados andinos para la madera aserrada, por una parte están las maderas nativas que se comercializan en secciones de $40 \times 80 \text{ mm}$, $40 \times 180 \text{ mm}$, $80 \times 180 \text{ mm}$ y están las maderas importadas con estándar mundial que se comercializan en medidas de $40 \times 90 \text{ mm}$, $40 \times 140 \text{ mm}$ y $40 \times 180 \text{ mm}$, las primeras por lo general son maderas latifoliadas y las segundas suelen ser coníferas.

Para el dimensionamiento de los entrepisos se utilizaron maderas del grupo C del Manual de diseño para maderas del grupo andino y del grupo ES6 de la Norma Colombiana NSR-10.

Tabla 10. Secciones requeridas en mm para entrepisos de maderas nativas, del grupo C o del grupo E56

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.5 kN/m2				Acabados livianos CM=0.7 kN/m3			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.25	0.30	0.35	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40
2.0	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180
2.5	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180
3.0	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180
3.5	40x180	80x180	80x180	80x180	40x180	40x180	40x180	80x180
4.0	80x180	80x180	X	X	80x180	80x180	80x180	80x180
4.5	X	X	X	X	80x180	80x180	X	X

Tabla 11. Secciones requeridas en mm para entrepisos de maderas importadas, pino radiata.

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.5 kN/m2				Acabados livianos CM=0.7 kN/m3			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.25	0.30	0.35	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40
2.0	40x140	40x140	40x140	40x140	40x140	40x140	40x140	40x140
2.5	40x140	40x140	40x180	40x180	40x140	40x140	40x140	40x140
3.0	40x180	40x180	40x180	40x180 D	40x140	40x180	40x180	40x180
3.5	40x180	40x180 D	40x180 D	40x180 D	40x180	40x180	40x180	40x180 D
4.0	40x180 D	40x180 D	X	X	40x180 D	40x180 D	40x180 D	40x180 D
4.5	X	X	X	X	40x180 D	40x180 D	X	X

40x180 D: corresponde a elementos dobles de sección 40x180mm

11.3.2 Entrepisos de Guadua

Para los entrepisos de Guadua se asumieron elementos con diámetros desde 100mm hasta 140 mm, todos con un espesor mínimo de pared de 10 mm, elementos con espesores superiores son aceptados, también se presentan viguetas conformadas por 2 y 3 Guaduas, las viguetas dobles se armarán con una Guadua sobre la otra conectadas con pernos cada 10 cm en los tercios finales y cada 30 cm en el tercio central, para las viguetas triples se pueden poner en arreglo vertical o en arreglo triangular, con la misma cantidad de pasadores.

Tabla 12. Secciones requeridas para viguetas de Guadua.

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.5 kN/m ²				Acabados livianos CM=0.7 kN/m ³			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.25	0.30	0.35	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40
2.0	1G D: 100mm	1G D: 100mm	1G D: 110mm	1G D: 110mm	1G D: 100mm	1G D: 100mm	1G D: 100mm	1G D: 100mm
2.5	1G D: 120mm	1G D: 120mm	1G D: 130mm	1G D: 130mm	1G D: 110mm	1G D: 120mm	1G D: 120mm	1G D: 130mm
3.0	1G D: 140mm	1G D: 140mm	2G D: 120mm	2G D: 130mm	1G D: 130mm	1G D: 140mm	1G D: 140mm	2G D: 120mm
3.5	2G D: 130mm	2G D: 130mm	2G D: 140mm	3G D: 130mm	2G D: 120mm	2G D: 130mm	2G D: 130mm	2G D: 140mm
4.0	2G D: 140mm	3G D: 130mm	3G D: 140mm	X	2G D: 140mm	2G D: 140mm	3G D: 130mm	3G D: 140mm
4.5	3G D: 140mm	X	X	X	3G D: 130mm	3G D: 140mm	X	X

1G: una Guadua, 2G: dos Guaduas, 3G: tres Guaduas, D: diámetro exterior.

11.3.3 Mortero de acabado

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 cm² 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.

11.4 Balcones y elementos en voladizo

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.

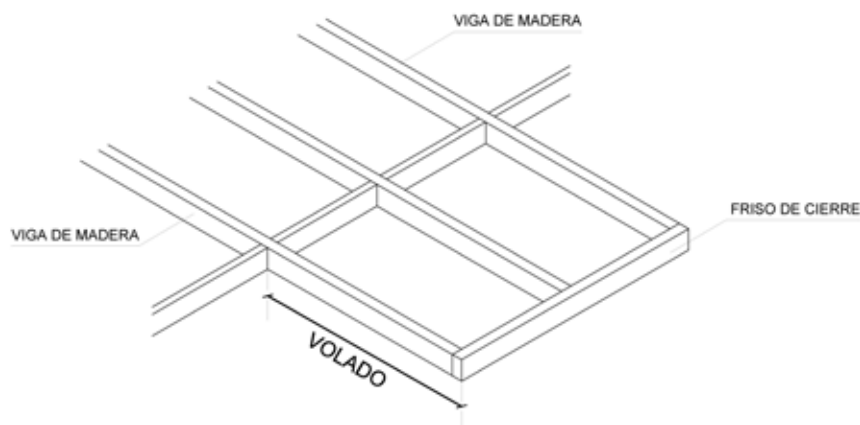


Ilustración 25. Detalle voladizo. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

11.5 Ventilación de entrepisos

Si se construye cielo raso debajo de la estructura de entrepiso, debe facilitarse una corriente de aire en los espacios interiores, con el fin de evitar la condensación en el interior.

12. Estructura de cubierta

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. Las conexiones deben ser lo suficientemente fuertes para resistir las cargas.

12.1 Composición de cubierta

Las correas y demás elementos que transmitan las cargas de cubierta a los muros estructurales deben fijarse entre sí y conectarse con la solera superior que sirve de amarre de los muros estructurales. Las correas pueden construirse en madera aserrada o en Guadua.

Los elementos que conforman la cubierta son los siguientes:

- Sistema de correas o viguetas: pueden ser de madera o Guadua, estarán apoyadas en las soleras de los muros debidamente conectadas a estos, pueden soportar directamente las tejas.
- Sistema secundario de viguetas: si se requiere para soportar las tejas dependiendo del material, se podrá instalar un sistema secundario de viguetas que irán apoyadas sobre las correas y conectadas a estas debidamente.
- Cielo raso: el cielo raso se deberá instalar sobre las correas o sobre las viguetas secundarias según sea el caso, podrá ser de caña picada cosida, paneles de madera contrachapada o paneles de fibrocemento.
- Tejas o acabado final: las tejas podrán ser de cualquier material incluyendo las de barro, de cemento, de fibrocemento, plástica etc., también se permite una losa de mortero de máximo 40mm de espesor, reforzada con malla electrosoldada de 4 mm @150mm, sobre la cual se deberá instalar un manto bituminoso (o asfáltico) para garantizar la impermeabilidad.

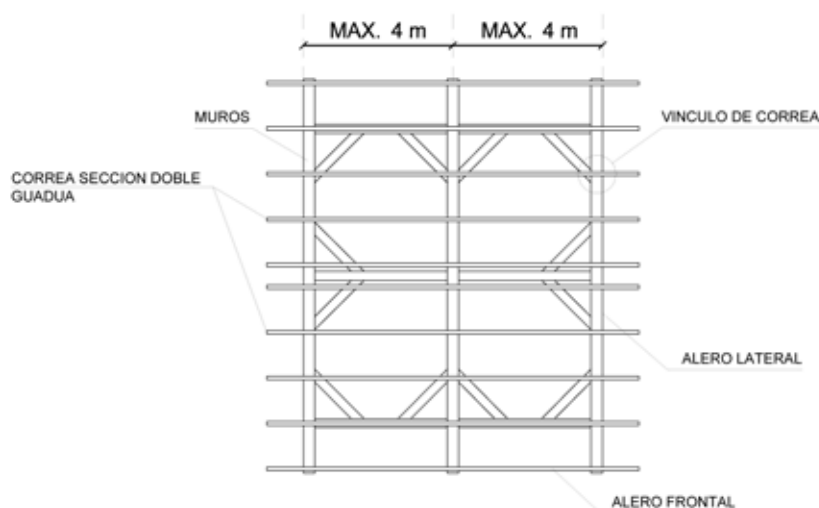


Ilustración 26. Planta cubierta. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

12.1.1 Cargas de la cubierta

Debido a que el peso de la cubierta puede afectar notablemente el desempeño sísmico de la edificación, se recomienda utilizar materiales livianos y de instalación segura.

- a) Carga muerta: Para las recomendaciones de estructura de cubierta se toman dos tipos de cubierta la pesada que corresponde a teja de barro o placa de mortero y la liviana teja plástica o de fibrocemento, para la primera se asume una carga de 1.2 kN/m^2 y para la segunda de 0.6 kN/m^2
- b) Carga viva: se uso una carga de 0.7 kN/m^2 (incluye granizo)
- c) Carga de viento: se uso una presión positiva de 0.5 kN/m^2 .

12.2 Estructura de cubierta en madera

La estructura de cubierta podrá construirse con piezas de madera aserrada, que se deberán conectar adecuadamente a los muros de bahareque, se podrán usar maderas de densidad baja mínimo 0.37 a densidad media 0.60.

Existen dos tipos de dimensiones en los mercados andinos para la madera aserrada, por una parte están las maderas nativas que se comercializan en secciones de 40x80 mm, 40x180 mm, 80x180 mm y están las maderas importadas con estándar mundial que se comercializan en medidas de 40x90 mm, 40 x140 mm y 40x180 mm, las primeras por lo general son maderas latifoliadas y las segundas suelen ser coníferas.

Para el dimensionamiento de la estructura de cubierta se utilizaron maderas del grupo C del Manual de diseño para maderas del grupo andino y del grupo ES6 de la Norma Colombiana NSR-10.

Cuando las correas o viguetas se construyan con madera, las secciones y separación entre los elementos se podrán tomar de la Tabla 13 y de la **Tabla 14**.

Tabla 13. Secciones requeridas en mm para estructuras de cubierta de maderas nativas, del grupo C o del grupo ES6

Luz (m)	Acabados pesados $CM=1.2 \text{ kN/m}^2$				Acabados livianos $CM=0.5 \text{ kN/m}^3$			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.4	0.50	0.60	0.80	0.4	0.50	0.60	0.80
2.0	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180
2.5	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180
3.0	40x180	80x180	80x180	80x180	40x180	40x180	40x180	40x180
3.5	80x180	80x180	80x180	X	40x180	40x180	80x180	80x180
4.0	80x180	X	X	X	80x180	80x180	80x180	X
4.5	X	X	X	X	80x180	X	X	X

Tabla 14. Secciones requeridas en mm para viguetas de cubierta de maderas importadas, pino radiata

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.2 kN/m ²				Acabados livianos CM=0.5 kN/m ³			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.4	0.50	0.60	0.80	0.4	0.50	0.60	0.80
2.0	40x140	40x140	40x140	40x180	40x140	40x140	40x140	40x140
2.5	40x180	40x180	40x180	40x180 D	40x140	40x140	40x180	40x180
3.0	40x180 D	40x180 D	40x180 D	X	40x180	40x180	40x180	40x180 D
3.5	40x180 D	X	X	X	40x180	40x180 D	40x180 D	40x180 D
4.0	X	X	X	X	40x180 D	40x180 D	X	X
4.5	X	X	X	X	40x180 D	X	X	X

40x180 D: corresponde a elementos dobles de sección 40x180mm

12.3 Estructura de cubierta en Guadua

Para la estructura de cubierta de Guadua se asumieron elementos con diámetros desde 100mm hasta 140 mm, todos con un espesor mínimo de pared de 10 mm, elementos con espesores superiores son aceptados, también se presentan viguetas conformadas por 2 y 3 Guaduas, las viguetas dobles se armarán con una Guadua sobre la otra conectadas con pernos cada 10 cm en los tercios finales y cada 30 cm en el tercio central, para las viguetas triples se pueden poner en arreglo vertical o en arreglo triangular, con la misma cantidad de pasadores.

Tabla 15. Secciones requeridas para viguetas de Guadua.

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.2 kN/m ²				Acabados livianos CM=0.5 kN/m ³			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.4	0.50	0.60	0.80	0.4	0.50	0.60	0.80
2.0	1G D: 100mm	1G D: 100mm	1G D: 110mm	1G D: 110mm	1G D: 100mm	1G D: 100mm	1G D: 100mm	1G D: 100mm
2.5	1G D: 110mm	1G D: 120mm	1G D: 130mm	1G D: 140mm	1G D: 100mm	1G D: 110mm	1G D: 120mm	1G D: 130mm
3.0	1G D: 140mm	2G D: 120mm	2G D: 130mm	2G D: 140mm	1G D: 120mm	1G D: 130mm	1G D: 140mm	2G D: 120mm
3.5	2G D: 130mm	2G D: 140mm	2G D: 140mm	3G D: 140mm	1G D: 140mm	2G D: 120mm	2G D: 130mm	2G D: 140mm
4.0	2G D: 140mm	3G D: 140mm	3G D: 140mm	X	2G D: 130mm	2G D: 140mm	2G D: 140mm	3G D: 140mm
4.5	3G D: 140mm	X	X	X	2G D: 140mm	3G D: 130mm	3G D: 140mm	X

1G: una Guadua, 2G: dos Guaduas, 3G: tres Guaduas, D: diámetro exterior.

13. Uniones

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 transmitir las con seguridad a la cimentación.

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.

13.1 Tipos de cortes en uniones de elementos de Bambú Guadua

Los tres tipos de cortes más utilizados para la fabricación de uniones con elementos de Guadua, son: corte recto, corte boca de pescado y corte pico de flauta, no obstante existen más posibilidades, pero si se propone construir una unión nueva esta deberá estar avalada por pruebas de laboratorio que garanticen la resistencia de la misma.

13.1.1 Corte recto

Corte plano perpendicular al eje de la Guadua, puede ser también con algún grado de inclinación.

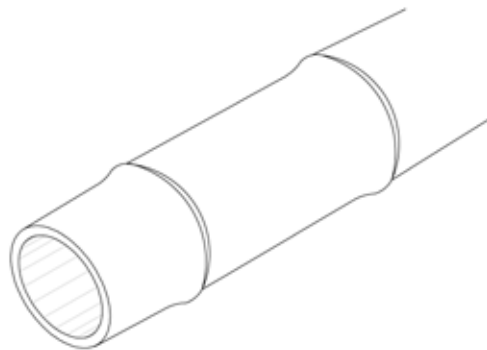


Ilustración 27. Corte recto. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

13.1.2 Corte boca de pescado

Corte cóncavo transversal al eje de la Guadua, generalmente se utiliza para acoplar dos elementos de Guadua, también se puede realizar con ángulo de inclinación cuando el encuentro de las dos Guaduas no es a 90°, la distancia entre el nudo y la parte baja de la boca de pescado no debe ser mayor a 50mm.

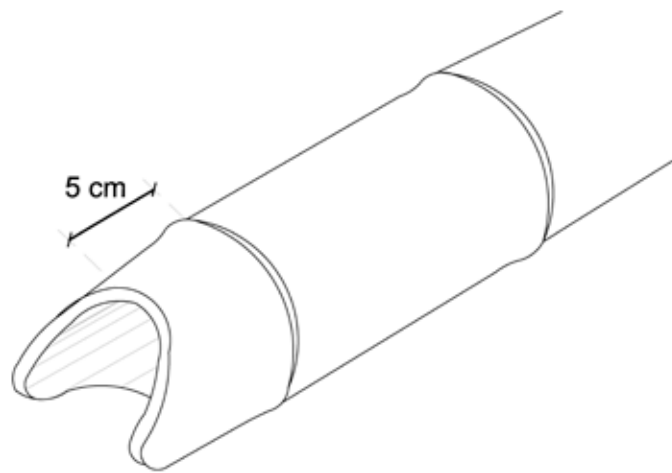


Ilustración 28. Boca de pescado. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

13.1.3 Corte pico de flauta

Este corte se utiliza para acoplar Guaduas que llegan en ángulos diferentes a 0° y 90° , se puede hacer como una boca de pescado inclinada o con dos cortes rectos, es muy utilizado cuando se fabrican diagonales o riostras de Guadua en muros de bahareque.

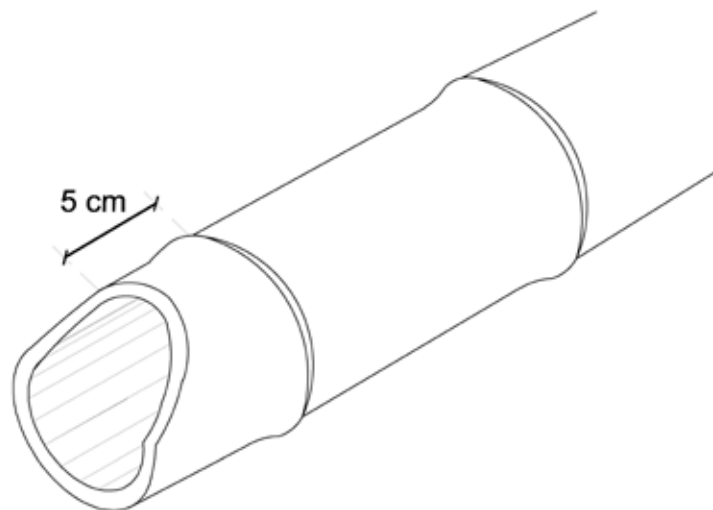


Ilustración 29. Pico de flauta. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

13.2 Tipos de uniones

Según el material utilizado para la conexión entre Guaduas o entre madera y Guaduas, las uniones se clasifican en uniones clavadas y uniones Pernadas.

13.2.1 Uniones clavadas madera - Guadua

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.

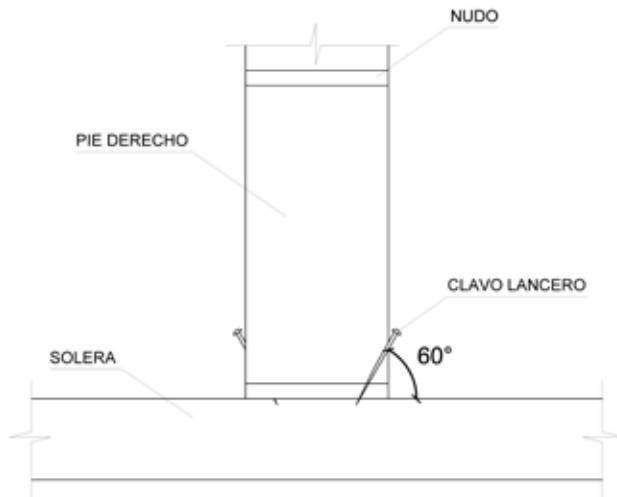


Ilustración 30. Uniones clavadas

Las uniones clavadas deben usarse solamente para ajuste temporal del sistema durante el armado cuando se conectan dos Guaduas entre sí y no deben tenerse en cuenta como conexiones resistentes entre elementos estructurales de Guadua.

13.2.2 Uniones pernadas Guadua - Guadua

Las uniones pernadas son las más comunes para realizar la conexión de dos elementos de bambú, generalmente se hacen para conectar elementos que pasan en planos paralelos con pernos perpendiculares al eje del bambú, como se ve en la Ilustración 31, o para conectar elementos que se encuentran en el mismo plano como se ve en la Ilustración 32, esta conexión se conoce con el nombre de "Perno tensor".

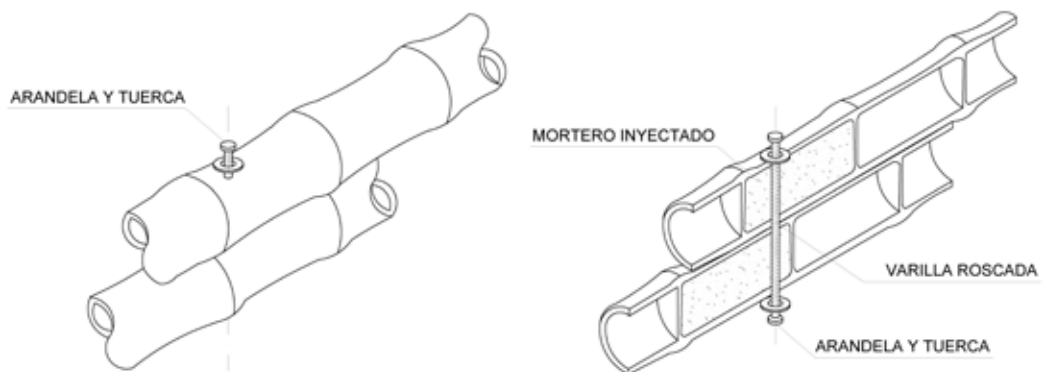


Ilustración 31. Unión pernada en planos paralelos. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

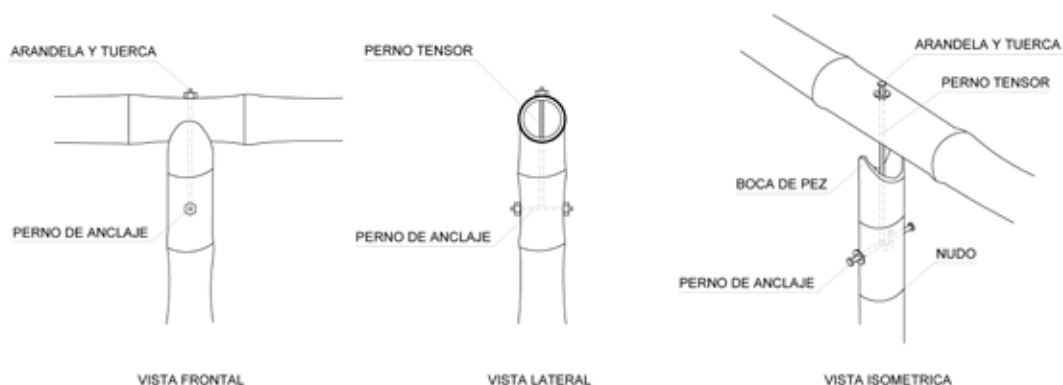


Ilustración 32. Unión perno tensor. (INBAR, 2011)

También se pueden realizar conexiones en el mismo plano para dar continuidad a elementos de Guadua, se debe tener en cuenta que esta conexión no transmite momento, por lo tanto nunca se deberá construir en la mitad de un elemento que este a flexión.

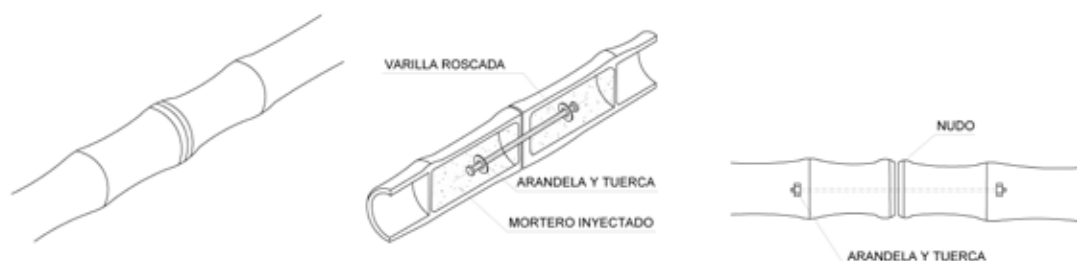


Ilustración 33. Empalme a tope de Guaduas. (INBAR, 2011)

13.2.2.1 Recomendaciones generales para uniones pernadas.

- Todos los cañutos a través de los cuales se atraviesen pernos o barras deben rellenarse con mortero de cemento.
- 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.
- Para inyectar el mortero debe realizarse una perforación de máximo 25 mm de diámetro, lo más cercano posible al nudo, dicha perforación debe realizarse con un taladro de alta velocidad. A través del orificio se inyectará el mortero presionándolo a través de un embudo, con la ayuda de una bomba manual o simplemente con una varilla, una vez se haya llenado el cañuto este deberá ser golpeado con una martillo de goma o con un pedazo de madera para sacar el aire.
- Los pernos pueden ser varillas roscadas y deberán tener una resistencia mínima de $f_y=240\text{MPa}$.

13.2.3 Uniones zunchadas

Las uniones zunchadas están permitidas siempre y cuando sean para garantizar que dos elementos de Guadua se acoplen correctamente entre ellos, pero no dependerá del zuncho la transmisión de carga, también se recomienda zunchar las puntas de las conexiones de Guadua para evitar el agrietamiento.

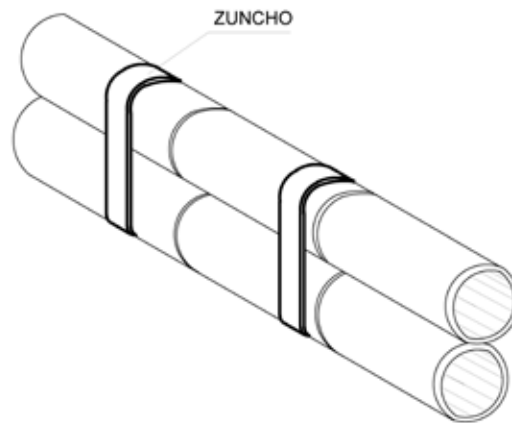


Ilustración 34. Unión zunchada. (Ministerio de la vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2012)

13.3 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:

13.3.1 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.

13.3.1.1 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 hormigón o de la mampostería con plástico u otra barrera similar.

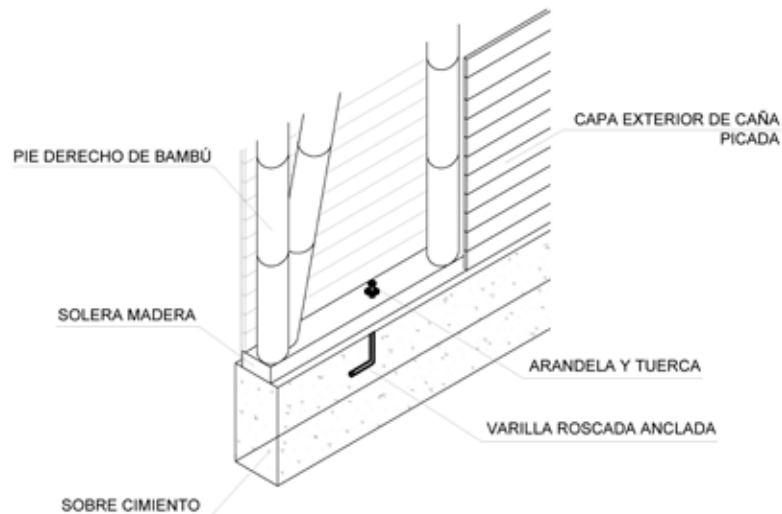


Ilustración 35. Unión muro de bahareque con solera de madera a cimiento. (Ministerio de la vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2012)

13.3.1.2 Unión con soleras de Guadua

Para muros fabricados sólo con elementos de Guadua, deberán conectarse a los cimientos fijando los pie-derechos necesarios, a la cimentación, se recomienda que la solera sea discontinua en la base y los pies derechos lleguen hasta el sobre cimiento, para evitar el aplastamiento de la solera, todos los pies derecho se conectaran al cimiento por medio de varillas embebidas que deberán entrar por lo menos 60 cm, todos los cañutos por donde pase la varilla deberán se rellenados con mortero.

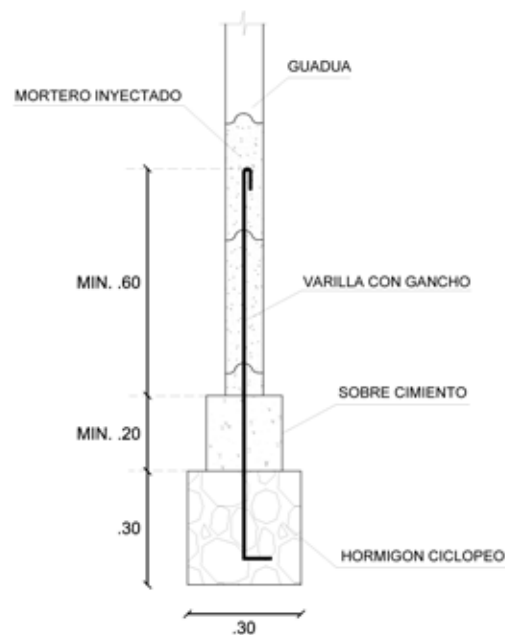


Ilustración 36. Unión pie-derecho a cimiento, en muros de bahareque sin soleras de madera. (Ministerio de la vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2012)

Esta conexión es obligatoria en todos los pie-derechos de inicio y final de un muro, así como en los pies derechos de las esquinas de la casa y al lado de cada vano, lo anterior con el fin de prevenir el vuelco de la estructura cuando es sometida a cargas de sismo o viento.

13.3.2 Unión entre muros

Los muros deben estar conectados entre sí, en especial cuando se construyan viviendas con muros prefabricados, a continuación se presentan las tipologías de conexiones que se deben realizar para conectar muros en diferentes configuraciones.

13.3.2.1 Muros en el mismo plano

Los muros en el mismo plano se unen entre sí mediante pernos, tuercas y arandelas, como se ilustra en la Ilustración 37. Debe haber por lo menos dos conexiones por unión, puestas cada tercio de la altura del muro. El perno debe tener, por lo menos 9.5 mm de diámetro. Si los pie-derechos son de Guadua los cañutos atravesados deben rellenarse con mortero.

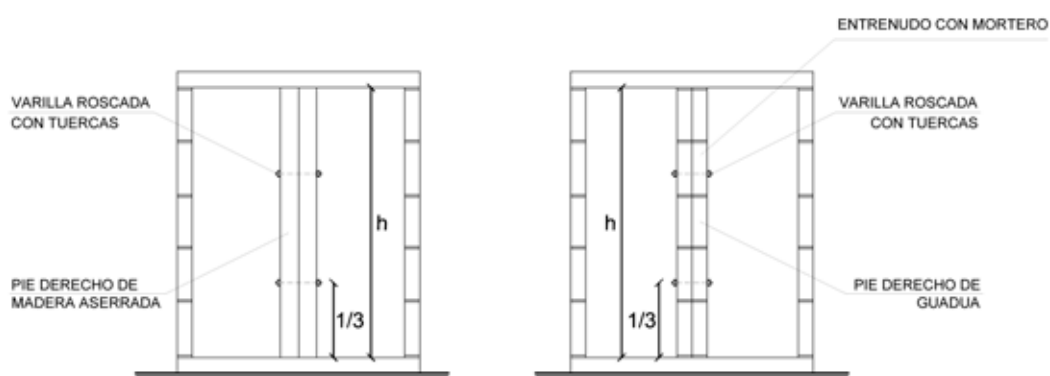


Ilustración 37. Unión muros en el mismo plano. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

13.3.2.2 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 ve en las Ilustración 38-40. Debe haber por lo menos dos conexiones por unión, puestas cada tercio de la altura del muro.

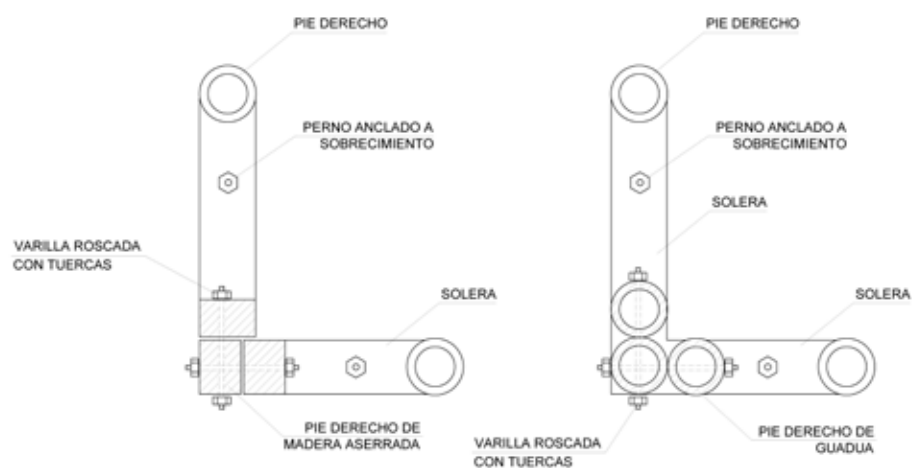


Ilustración 38. Unión muros en L (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

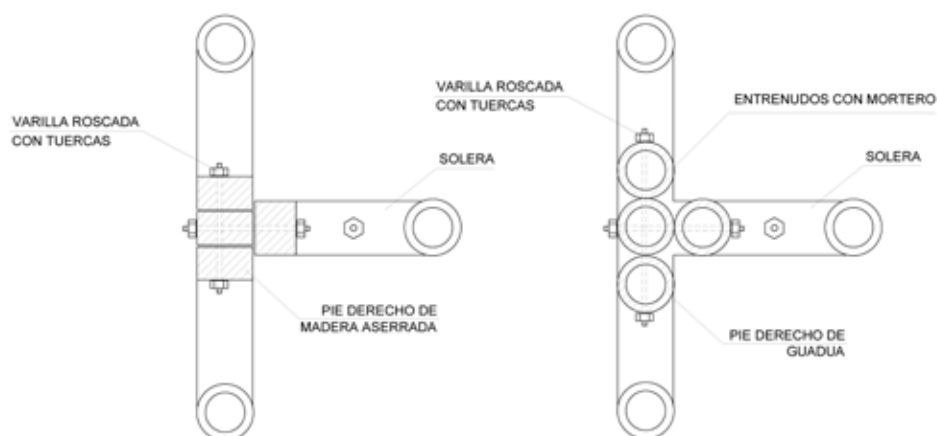


Ilustración 39. Unión muros en T (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

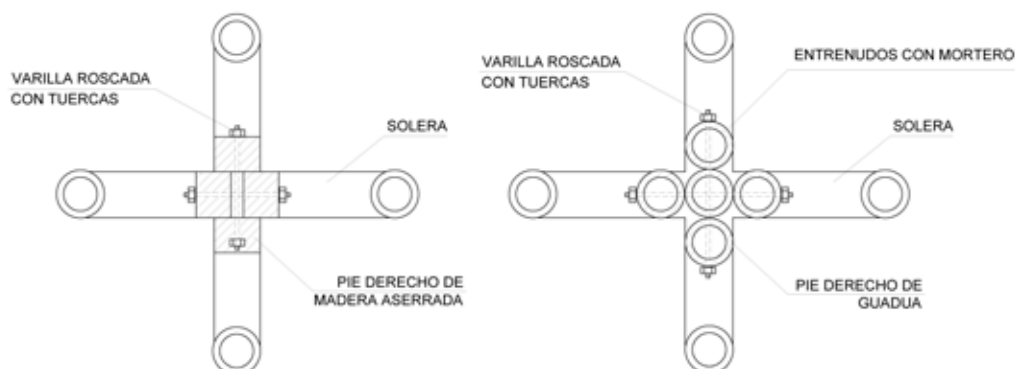


Ilustración 40. Unión muros en cruz. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

13.3.2.3 Continuidad de la solera superior

Se debe garantizar una continuidad en la solera superior de los muros, en especial cuando se construyen casas con muros prefabricados, para cumplir este fin se debe colocar una solera adicional que conecte los muros adyacentes, cuando la solera es de madera esta se podrá fijar por medio de clavos de 63 mm ó 2 ½" cada 200 mm en zigzag, cuando la solera sea de Guadua está se conectará por medio de pernos pasantes de diámetro 9 mm ó 3/8" cada 800 mm como máximo y rellenando los cañutos por los que pasan los pernos.

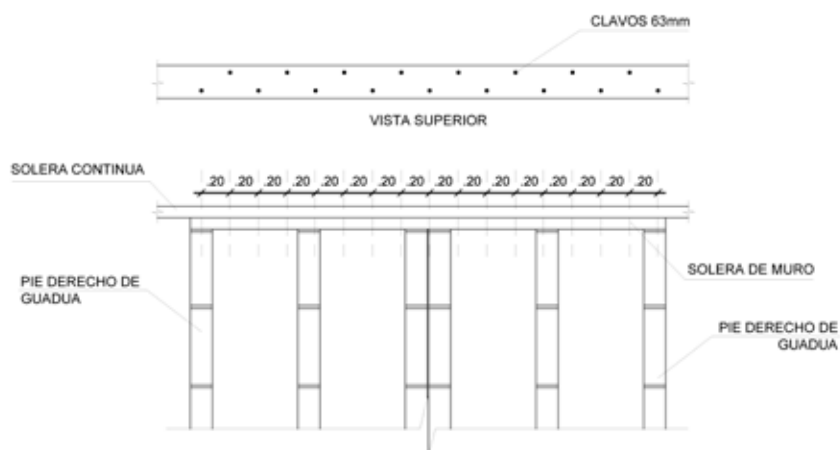


Ilustración 41. Solera continua de madera.

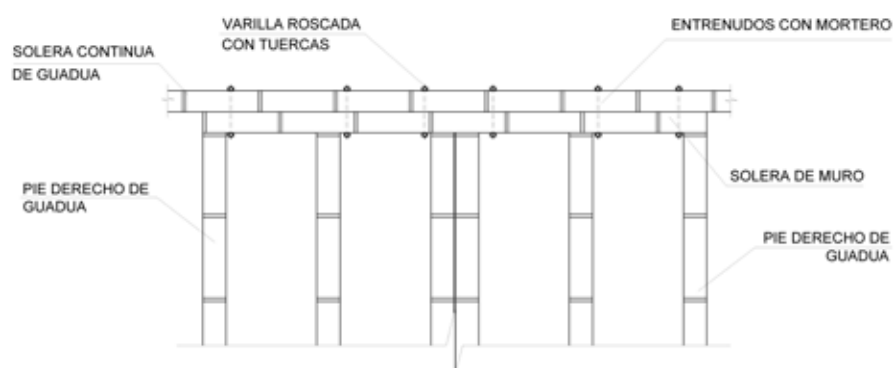


Ilustración 42. Solera continua de Guadua.

13.3.3 Unión muros del primer piso con muros del segundo piso

Cuando se construyen casas de dos pisos es muy importante vincular correctamente los muros del primer piso con los del segundo piso, con el fin de que se transmitan correctamente los cortantes debidos a cargas laterales de sismo o viento, además una buena conexión de los muros en el sentido vertical garantiza la integridad estructural de la vivienda.

La conexión se realizará en todos los casos por medio de pernos de 12 mm ó ½", con una separación no mayor a 1.0 m, que vinculen la solera superior de los muros del primer piso con la solera inferior de los muros del segundo piso, incluyendo el entrepiso.

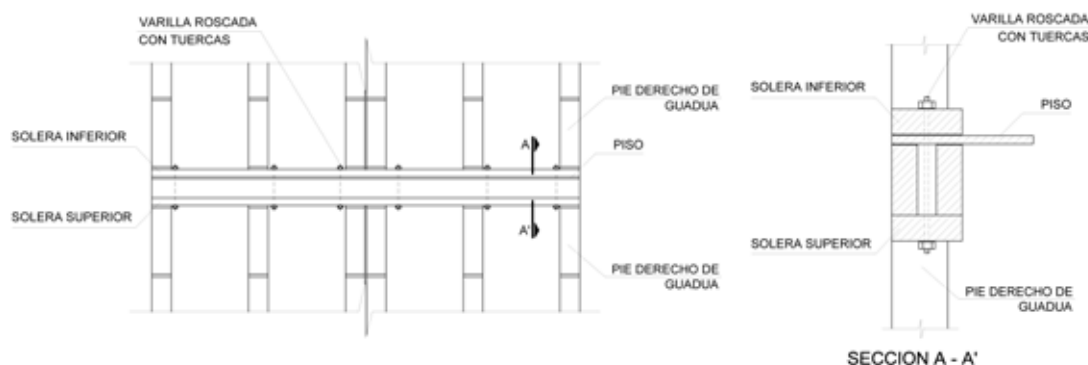


Ilustración 43. Unión muros primer piso con muros del segundo piso.

13.3.4 Unión entre muros y cubierta

La conexión de las correas con los muros debe hacerse a la solera superior, a través de un perno pasante que sujete la correa y la solera.

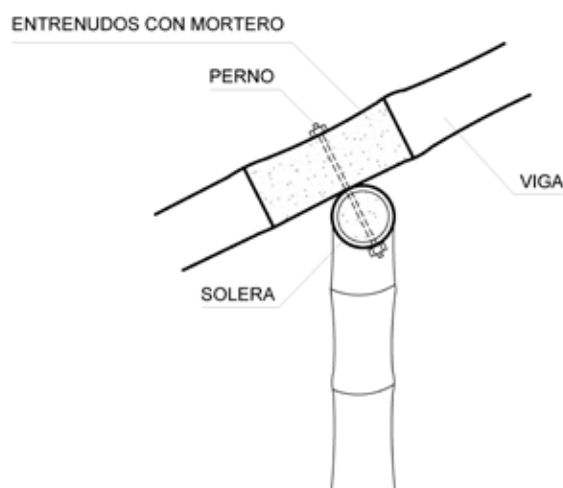


Ilustración 44. Unión vigueta cubierta a solera.

Cuando los muros se fabriquen mediante paneles debe ponerse un elemento continuo uniendo las carreras de los paneles. La conexión con la cubierta, se realizará de la misma forma mostrada en la Ilustración 44.

En zonas con vientos fuertes la conexión de las viguetas y la cubierta deberá ser más fuerte utilizando la conexión de perno tensor y sujetando el pie-derecho, la solera y la vigueta.

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

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.

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 60° 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.

14. ANEXO A. Procedimiento detallado de diseño estructural de casas de bahareque de uno y dos pisos

14.1 Alcance

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 todos los capítulos de la presente norma, salvo el requisito de cantidad de muros en cada dirección expresado en 9.3, para el cual el presente procedimiento puede usarse en forma alternativa.

La utilización de este anexo está restringida a ingenieros civiles con especialización en el diseño de estructuras, que puedan hacer un diseño más eficiente y seguro al mismo tiempo. La verificación de resistencia de los muros de bahareque encementado se basa en el método de esfuerzos de trabajo.

14.2 Procedimiento de diseño

A continuación se presenta un procedimiento paso a paso para el diseño estructural de una vivienda de muros de bahareque encementado usando el anexo A.

- a) Definición del proyecto arquitectónico.
- b) Ubicación de los ejes estructurales en sentido X (numéricos) y en sentido Y (alfabéticos)
- c) Identificación de cada uno de los muros de la vivienda en cada uno de sus pisos.
- d) Determinación del sistema de muros, material de recubrimiento, caras recubiertas, resistencia la corte debido al sistema elegido, peso de los muros.
- e) Determinación de la masa de la casa, incluyendo muros entrepiso y cubierta.
- f) Determinación del cortante basal por el método de la fuerza horizontal equivalente o por el método expresado en cada una de las normas nacionales.
- g) Determinación del cortante basal debido a cargas de viento
- h) Cálculo de la capacidad de resistencia a cargas horizontales de los muros de la vivienda en cada dirección de acuerdo a la configuración estructural elegida, siempre debe ser mayor que el cortante basal, de lo contrario volver al literal a.
- i) Chequeo de la simetría de muros.
- j) Chequeo de vuelco en cada muro, elemento a compresión y elemento a tracción
- k) Diseño de elementos de entrepiso a flexión y a deflexiones.
- l) Diseño de elementos de cubierta.

14.3 Solicitaciones consideradas

14.3.1 Combinaciones de cargas

El sistema de muros de bahareque encementado debe diseñarse para los efectos de las cargas combinadas correspondientes a los esfuerzos admisibles o cargas de servicio.

D
D+L
D + (Lr ó G ó Le)
D+0.75L + 0.75(Lr ó G ó Le)
D+ W
D+ 0.7E
D+ 0.75W+ 0.75L + 0.75(Lr ó G ó Le)
D+ 0.75(0.7E) + 0.75L + 0.75(Lr ó G ó Le)
0.6D+W
0.6D+ 0.7E
Donde:
D: Carga muerta
L: Carga viva
Lr: carga viva de cubierta
Le: carga de empozamiento de agua
G: carga de granizo.
W: carga de viento
E: carga de sismo.

La carga de granizo se aplicará solo cuando las casas se encuentren a más de 1600 msnm, y serán de 0.5 kN/m² para cubiertas con ángulo menor a 15° y 1 kN/m² para cubiertas con ángulo mayor a 15°.

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 E, obtenidos dividiendo la fuerza sísmica ó cortante basal V_s , determinada de acuerdo con los requisitos del método de fuerza horizontal equivalente, por el coeficiente de capacidad de disipación de energía R, $E = V_s / R$

14.3.2 Coeficiente de disipación de energía, r

El coeficiente de capacidad de disipación de energía, R, debe tomarse como 2.0 para muros de bahareque encementado.

14.3.3 Determinación de fuerzas sísmicas

La determinación de fuerzas sísmicas se hará según lo establecido en el Método de la fuerza horizontal equivalente, a partir de la evaluación de la amenaza sísmica.

14.4 Período fundamental de la edificación

Para efectos del cálculo de la aceleración espectral, podrá tomarse como período fundamental de la edificación el que resulte de la aplicación de la Ecuación 5.

$$T_a = 0.25 * h^{0.75} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

h= altura de la casa hasta el nivel medio de la cubierta en m

14.5 Fuerzas de viento

Deben calcularse de acuerdo con el capítulo de viento de la norma del país, se deben calcular las presiones verticales para el diseño de los elementos de cubierta y las presiones horizontales para chequear la resistencia la corte de los muros y el efecto del vuelco.

14.6 Distribución de fuerzas

14.6.1 Fuerza lateral

Las fuerzas laterales del sismo o viento se aplicarán en cada dirección y se repartirán proporcionalmente a cada uno de los muros dependiendo de su longitud.

Las fuerzas laterales se deben aplicar dependiendo del nivel de la casa para casas de un piso será la fuerza sísmica debida a la masa de toda la casa, así como para los muros del primer piso en casas de dos pisos, para los muros del segundo piso en casas de dos pisos se tomara la masa del segundo piso incluyendo la cubierta para el cálculo de la fuerza de sismo y el área de la fachada y al cubierta para el cálculo de la presión de viento.

14.6.2 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.

14.7 Resistencia al corte de muros de bahareque encementado

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 16 y Tabla 17, de acuerdo con las características de estructuración y materiales empleados en cada tipo de muro.

$$\Sigma L_i * V > 0.7E$$

Ecuación 6

Donde

- SL_i = Sumatoria de la longitud efectiva de cada muro en la dirección i, en m
 V = Valor del cortante admisible tomado de la Tabla 16 ó de la Tabla 17, en kN/m
 E = V_s/R , en kN.
 V_s = Cortante basal calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente, en kN.
 R = Coeficiente de capacidad de disipación de energía.

Los valores expresados presuponen que los muros serán anclados a la cimentación, y entre sí, de acuerdo con lo establecido en los numerales 13.3 del presente documento. De no lograrse valores que satisfagan la Ecuación 6, deberá incrementarse la longitud de muros en la dirección bajo consideración ó se deberá escoger una configuración diferente de entramado o recubrimiento, hasta obtener su cumplimiento.

Tabla 16. Resistencia al corte admisible en muros de bahareque encementado, con recubrimiento de caña picada, malla de gallinero y mortero de cemento.

Composición del muro	Diagonales	Recubrimiento	Resistencia al corte admisible V(kN/m)
Entramado de Guadua y madera, con soleras en madera y pie-derechos en Guadua cada 800mm,	No	Caña picada, fijada con clavos de 38 mm 1 1/2" cada 150 mm cocidos con alambre, malla de gallinero y mortero de cemento.	9.8
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas.		13.5
	Si, 2 diagonales en platina metálica de 1 1/2" y 1/8" de espesor fijada con pernos de 3/8" a cada elemento que atraviesa		18
Entramado de Guadua con soleras y pie-derechos en Guadua cada 800 mm.	No		7
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas		9.5
	Si, 2 diagonales en platina metálica de 1 1/2" y 1/8" de espesor fijada con pernos de 3/8" a cada elemento que atraviesa		12.8

Tabla 17. Resistencia al corte admisible en muros de bahareque encementado, con recubrimiento de malla expandida y mortero de cemento.

Composición del muro	Diagonales	Recubrimiento	Resistencia al corte admisible V(kN/m)
Entramado de Guadua y madera, con soleras en madera y pie-derechos en Guadua cada 800mm,	No	Malla venada o malla expandida, fijada con clavos de 25 mm 1" cada 150 mm cocidos con alambre y mortero de cemento.	6.9
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas.		9.5
	Si, 2 diagonales en platina metálica de 1 ½" y 1/8" de espesor fijada con pernos de 3/8" a cada elemento que atraviesa		12.6
Entramado de Guadua con soleras y pie-derechos en Guadua cada 800 mm.	No		4.9
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas		6.7
	Si, 2 diagonales en platina metálica de 1 ½" y 1/8" de espesor fijada con pernos de 3/8" a cada elemento que atraviesa		9.0

14.8 Sistema de muros

Al igual que en el procedimiento simplificado se deberá verificar el cumplimiento de la simetría de los muros, de acuerdo a lo estipulado en el numeral 9.3.4.

14.9 Vuelco

Debido a que los las casas de bahareque son livianas es necesario hacer un chequeo a vuelco de cada uno de los muros de la casa, debido a cargas de sismo y viento.

Los muros se deben asumir como elementos individuales trabajando en voladizo, tal y como se ve en las siguientes ilustraciones.

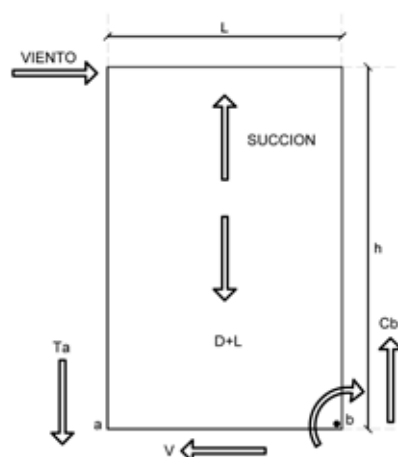


Ilustración 45. Chequeo vuelco combinaciones de carga con viento.

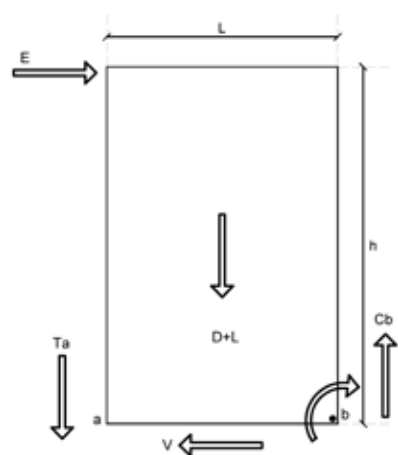


Ilustración 46. Chequeo vuelco combinaciones de carga con sismo.

Una vez hecho el análisis estático del muro se determinará la máxima tensión y la máxima compresión, con el fin de verificar la capacidad de los pie-derechos extremos del muro, si la carga actuante en el pie-derecho es mayor a la dada en la siguiente tabla se deberá utilizar doble pie-derecho en el extremo.

Tabla 18. Resistencia a la compresión y a la tracción de pie-derechos extremos en muros sometidos a vuelco.

Pie dere- cho extre- mo	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la tracción (kN)	Observaciones
Guadua	14.0	10.0	La resistencia a la tracción se proporciona con una conexión de varilla embebida de ½", con una longitud dentro de la Guadua de mínimo 600 mm
Madera.	10.0	13	La resistencia a la tracción se proporciona por medio de uniones antivuelco típicas de construcciones de madera.

Bibliografía

ISO 22156:2004 Bamboo - Structural Design.

ISO/22157-1:2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements.

ISO/22157-2:2004 Bamboo – Determination of physical and mechanical properties – Part 2: Laboratory manual.

Junta del acuerdo de Cartagena PDAT – REFORT, Manual de diseño para maderas del grupo andino, 1984

Ministerio de vivienda construcción y saneamiento del Perú, Norma Técnica E 100 Bambú, 2009.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Preservación y secado del culmo de Guadua Angustifolia Kunth. NTC 5301. Bogotá D.C.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Uniones de estructuras con Guadua Angustifolia Kunth. NTC 5407. Bogotá D.C.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth. NTC 5525. Bogotá D.C.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título E, Casas de uno y dos pisos y Título G estructuras de madera, estructuras de Guadua. Bogotá D.C. 2010.



ISBN: 978-92-95098-73-2

Esta publicación es posible gracias al aporte de:



«La presente publicación ha sido elaborada gracias al financiamiento del Fondo Común de Productos Básicos, CFC y la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva del autor, y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista de CFC y la Unión Europea».