



Construir con Bambú

(Caña de Guayaquil)

Manual de construcción

2015

Tercera Edición adaptada para Perú
Autor: Jorge Morán Ubidia
Red Internacional de Bambú y Ratán, INBAR

Construir con Bambú

Manual de construcción

Autor: Arq. Jorge Morán Ubidia

- 3ra Edición: Red Internacional del Bambú y Ratán - INBAR
Instituto de Vivienda, Construcción y Urbanismo - IVUC -
de la Universidad de San Martín de Porres - USMP
Dirección de Construcción del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
Esta edición es una adaptación de las ediciones anteriores a
las especificidades peruanas.
Profesionales encargados de la adaptación:
Arq. Yann Barnet, Arq. Faouzi Jabrane (IVUC)
Ing. Alejandro Espinoza (INBAR)
Arq. Roberto Prieto Sánchez (MVCS)
Lima – Perú
- 2da Edición: Red Internacional del Bambú y el Ratán – INBAR
Oficina Regional para América Latina y el Caribe
Eloy Alfaro y Amazonas, Edif. MAGAP, Piso 11, Of. 6.
Casilla 17-07-9804
Tel: +593-2-2558381 Fax: +595-2-2235942
Página web: www.inbar.int/la_office/default.htm
Quito, Ecuador, Gobierno de la Provincia de Pichincha
- 1ra edición: Red Internacional del Bambú y el Ratán – INBAR
2005 Universidad Católica Santiago de Guayaquil
- Dibujos técnicos: Arq. Rocío del Pilar Yáñez Naupay
Universidad Católica Santiago de Guayaquil
Yann Barnet / Faouzi Jabrane
- Diagramación: Carlos Alberto Andrade
Yann Barnet / Faouzi Jabrane
- Fotografías: Ronald Poppens
Jorge Morán U.
Shyam Paudel
Yann Barnet / Faouzi Jabrane
Archivo fotográfico de INBAR
Archivo fotográfico IVUC

Este documento es fruto del trabajo de especialistas de INBAR: Jorge Morán Ubidia y Shyan Paudel, quienes junto a estudiantes y profesores de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y la Universidad Estatal de Guayaquil a través de sus Facultades de Arquitectura, participaron en la construcción de una vivienda donde se aplicaron diferentes tecnologías del bambú en todas sus fases constructivas. En esta 3ra edición, los expertos del IVUC, los arquitectos Yann Barnet y Faouzi Jabrane y de INBAR, el Ing. Alejandro Espinoza, han modificado unos textos e imágenes para adaptar este valioso documento a las especificidades del Perú.



Prefacio



Desde la época precolombina el bambú ha sido utilizado como material para la construcción de diferentes clases de edificaciones. En la obra de Oscar Hidalgo “Bambú, The Gift of The Gods” y en “Usos tradicionales y Actuales del Bambú en América Latina” de Jorge Morán Ubidia, autor de esta publicación, se encuentran testimonios de miles de usos en América y en otras regiones del Mundo.

Sin embargo de lo expuesto, el bambú se mira como un material perecible, ocasionado por la pérdida de conocimientos y prácticas tradicionales de preservación y por aplicaciones equivocadas que lo exponen a la humedad y la radiación solar.

En la actualidad, en algunas regiones y aún por profesionales, el bambú es considerado como “material de pobres”, sin embargo, su durabilidad dependerá de su forma adecuada de uso, tal cual lo requieren el acero, el hormigón y otros materiales de construcción.

Los testimonios de la durabilidad del bambú son edificaciones aún existentes que fueron construidas hace más de 100 años a lo largo del Eje Cafetero en Colombia, o en ciudades como Guayaquil, Jipijapa, Montecristi en Ecuador. En la Costa Norte del Perú como Piura y Tumbes, existe también una larga tradición del uso del bambú como principal material para la construcción de viviendas.

Esperamos que este manual, además de ser una herramienta útil para la construcción, pueda evidenciar que el bambú, acoplado a un desarrollo tecnológico sostenible y amigable, puede reemplazar o disminuir el uso de materiales convencionales como el acero, el cemento, generando oportunidades de empleo para campesinos, productores, obreros y profesionales, disminuyendo de esta manera la migración y la pobreza.

Por sus características de material local y renovable, el bambú ofrece además la posibilidad de bajar la huella ecológica de las edificaciones, lo que resulta importante para uno de los sectores industriales más contaminantes del planeta.



Al lector



- Al referirnos a bambú, aludimos a la especie *Guadua angustifolia*, conocida en Ecuador como caña o caña guadúa, en Perú como caña Guayaquil o simplemente Guayaquil y en Colombia como “guadua”. Otros términos frecuentemente utilizados dentro de la construcción con bambú son: caña, para referirnos al tallo o culmo; latilla (lata o tira de bambú) y caña chancada (esterilla, caña picada, caña abierta o tabla de caña). En este manual el término “bambusal” se refiere a extensiones silvestres de bambú y cuando se trata de la guadua (caña Guayaquil), se le denomina gradual.
- Este manual recoge y presenta técnicas tradicionales y mejoradas de construcción con bambú que han sido validadas en varios países de América Latina.
- La guadua o guayaquil, sobresale entre otras especies de su género por las propiedades estructurales de sus tallos, tales como la relación peso – resistencia (similar o superior al de algunas maderas), siendo incluso comparado con el acero y con algunas fibras de alta tecnología. La capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión, hace que esta especie de bambú sea un material ideal para construcciones sismorresistentes.
- Mediante Decreto Supremo Nro. 011-2012-VIVIENDA, del 03 de marzo del 2012 se aprobó la norma E.100 Bambú, que establece los lineamientos técnicos que se deben seguir obligatoriamente para el diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes con bambú en el Perú.
- Los procesos de preservación y secado que son expuestos en este manual, no son necesariamente aplicados en todos los países. Se están realizando investigaciones al respecto, a fin de optimizarlos y obtener resultados garantizados y estandarizados para aceptación general. En este manual constan métodos de uso actual en el Perú, respaldados por investigadores de conocida solvencia en América Latina, sin decir con ello que son definitivos.

¿Por qué construir con caña de guayaquil?

- Es un material excelente y versátil para la construcción.
- Es liviana y resistente.
- Es atractiva y natural.
- Es económica y abundante en el Perú.
- Es un material renovable, de rápida regeneración y ecoamigable.
- Su uso requiere de herramientas manuales, económicas y de fácil uso.



Proyecto de Restaurante, Chancay - Arq Barnet & Jabrane

Índice



Introducción	9
Recomendaciones claves para el buen uso del bambú	10
Materia prima	11
Preservación y secado	21
Ubicación segura y edificación saludable	27
Cimientos	29
Instalaciones eléctricas y sanitarias	35
Uniones	39
Estructura portante	51
Muros y paneles no estructurales	57
Entrepiso y cubierta	65
Acabado y mantenimiento	71
Construcciones con bambú en el Perú y la región andina	73
Bambú: preguntas frecuentes	76
Glosario	77



Introducción



El contenido de este manual ha sido recogido y desarrollado en la región andina de América Latina, especialmente en Perú, Ecuador y Colombia; los temas expuestos están de acuerdo con la realidad y la experiencia de los mencionados países.

La sección 1 trata sobre la “materia prima”, donde se describe el método para su selección, aunque la experiencia se refiere exclusivamente a la especie *Guadua angustifolia*, principal bambú aprovechado en muchas comunidades de la región; podría ser aplicado a otros bambúes que cuenten con características similares a la especie mencionada. Otros temas que se tratan en esta sección están relacionados con la calidad de la materia prima e incluyen técnicas apropiadas de corte, así como la transformación a productos intermedios que son utilizados en la construcción. Estos temas son compatibles con el uso de otras especies, sin embargo, en los aspectos relacionados con el manejo del Guayaquil, son diferentes a los de especies originarias de otras regiones de mundo.

La sección 2 describe dos métodos de preservación, uno tradicional y otro con el uso de químicos inocuos (no contaminantes) para la salud y el medio ambiente; y el método de secado de las cañas.

Las secciones 3 a 9 describen varios aspectos importantes de la construcción: ubicación segura de la edificación, cimientos, instalaciones básicas, uniones, estructuras portantes, paredes y paneles, cubierta y entrepiso, que, aunque tratados de forma general, la información es aplicable para cualquier tipo de edificación con bambú.

La sección 10 describe las recomendaciones para los acabados y mantenimiento de las cañas, que ayudarán a prolongar su vida útil, y mantener su belleza natural.

Finalmente la sección 11 muestra ejemplos de proyectos construidos en base a bambú en el Perú y la región andina, que esperamos sirvan como fuente de inspiración para los usuarios de este manual.

Recomendaciones claves para el buen uso del bambú

1 Usar una buena materia prima

Para contar con bambú de calidad es necesario usar cañas maduras, por su resistencia y menor contenido de humedad, que hayan sido debidamente preservadas (inmunizadas) y secadas. El uso de cañas no maduras o frescas (sin secado), puede ocasionar rajaduras, fisuras y hasta el colapso de la construcción. Para la obtención de cañas chancadas y latillas, se utilizan cañas maduras pero frescas.

2 Mantener columnas y paredes aisladas de la humedad del suelo

Para construir columnas o paredes con bambú es necesario que no se las empotre directamente en el concreto o en el suelo para evitar su deterioro (pudrición). Las cañas tienen una alta capacidad de absorción de la humedad del ambiente, del suelo y de la lluvia.

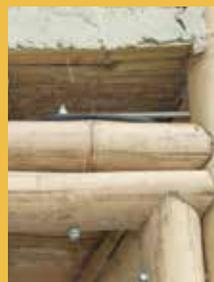
3 Proteger las cañas de la lluvia y de los rayos solares directos

La humedad excesiva produce hongos como en cualquier otro material y los rayos solares blanquean y deterioran las cañas, por lo cual es imperativo protegerlas del agua y del sol directo, construyendo aleros lo suficientemente amplios. Si se usa caña chancada, es necesario recubrirla con mortero de arena-cemento o con una mezcla de materiales orgánicos con tierra (tipo quincha).

4 Evitar el aplastamiento y la fisura de las cañas

Cuando se aplica un peso localizado sobre el entrenudo, éste se aplasta, pudiendo deteriorar toda la estructura. Para evitarlo, se debe colocar las cargas sobre los nudos y/o rellenar la caña de concreto. Además es necesaria la presencia de un nudo en cada extremidad de las cañas para evitar que se fisure.

X



✓





1 Materia prima

La calidad de la construcción, inicia con la selección de las cañas que se utilizarán. Se debe adquirir o cortar cañas maduras, debido a que sus fibras son resistentes. Además, es importante usar cañas que no tengan fisuras o enfermedades. Las cañas rollizas se pueden transformar en cañas chancadas, que tienen variadas aplicaciones en la construcción.



Madurez y Calidad



Cosecha o corte de tallos



Caña chancada



Latillas

Madurez y calidad

En construcción se deben utilizar solo cañas maduras, sanas y sin defectos de forma. La madurez se alcanza a los 4 años de edad y el método más seguro para conocer la edad de la caña es marcarla desde su nacimiento. Sin embargo, existen algunas características exteriores, que pueden contribuir a su selección adecuada.

Estado de madurez:

1 Brote nuevo

Los tallos nuevos del bambú se llaman brotes y nacen del rizoma. Los brotes nacen protegidos por vainas de color café llamadas “hojas caulinares”.



2 Brote en crecimiento

Antes de un año de edad, los brotes llegan a su altura máxima, pero conservan sus hojas caulinares. A medida que las hojas caulinares se desprenden, se debe realizar la marcación de la caña.



3 Tallo tierno o verde

Cuando el tallo tiene entre 1 y 3 años, ha perdido sus hojas caulinares y se distingue por su color verde brillante. En esta fase el tallo es aún demasiado tierno para su uso en la construcción.



4 Tallo maduro

Cuando el tallo tiene más de 4 años, está listo para su corte y aprovechamiento. Se dice que está “maduro” y se le distingue por su color verde opaco. El tallo está parcialmente cubierto con manchas de líquenes blancos.



5 Tallo sobremaduro

Cuando los tallos están cubiertos totalmente de color amarillo blanquecino significa que han perdido sus características físicas y mecánicas para su uso en construcción. Se dice que el tallo está sobremaduro y se corta para proveer abono a las demás plantas o para usarse como leña.



Marcación de edad



Marcación de tallo por edad



En esta plantación cada color indica una edad.

Características no deseadas en un tallo

1 Con huecos o rajaduras

Los pájaros carpinteros e insectos pueden hacer huecos en el bambú, estos tallos no son recomendables para la construcción debido a que pueden presentar defectos mecánicos. Los tallos rajados pueden ser utilizados como latillas o cañas chancadas.

2 Con deformaciones o conicidad alta

Decoloraciones del tallo pueden indicar una enfermedad que ha afectado las características físicas para ser usados en construcción.

3 Con entrenudos muy largos

Los tallos con entrenudos mayores a 50 centímetros no son recomendables para el uso en la construcción.

4 Con pudrición o síntomas de enfermedad

Los tallos con evidencia de pudrición no deben ser utilizados. Hay que tener cuidado de no confundir la pudrición con las manchas blancas de los líquenes. Sin embargo, decoloraciones del tallo pueden indicar una enfermedad que ha afectado las características físicas necesarias para ser usados en la construcción.



Tallo maduro y de buena condición, con líquenes



X Caña con hueco



X Caña con deformación



X Caña con enfermedad

Cosecha o corte de tallos

Las técnicas de corte son importantes para asegurar un adecuado abastecimiento de cañas de calidad para la construcción. Además, es importante el arreglo del tocón después del corte para garantizar su regeneración natural; así aseguramos la sostenibilidad de la producción.

1 Hacer el bisel

Con el machete o motosierra, se realiza un corte en bisel en el tallo en la dirección de la caída. Es importante cortar el tallo justo por encima del nudo, lo más bajo posible para evitar la aparición de nuevas ramas que dificulten el manejo de la plantación o el guadual. El uso de la motosierra asegura un mayor rendimiento.

2 Hacer el corte

Al lado opuesto del primer corte se hace un “segundo corte” para tumbar la caña. Es importante dejar libre la ruta de caída de la caña para evitar accidentes.

3 Halar y liberar el tallo

En caso de que el tallo quede sujeto a otros por las ramas de la parte superior, se lo liberará halándolo en la dirección de la extracción.



4 Arreglar el tocón

Se debe evitar el empozamiento de agua en el tocón, lo que provocaría la pudrición de las raíces. Con el machete o la motosierra se puede realizar un corte que permita la salida del agua o que deje una superficie plana que impida la acumulación de agua de lluvia.



5 Desramar y trozar

Se cortan las ramas laterales del bambú tumbado usando el machete. El corte debe ser de abajo hacia arriba. Luego se cortan los trozos o segmentos con las medidas requeridas.



El tocón



X Mal corte



X Pudrición provocada por un mal corte



Corte al ras del nudo



Corte con desfogue

✓ Buenos cortes



Caña chancada

La caña chancada tiene gran variedad de aplicaciones en la construcción. Es usada como molde o soporte para vaciados de barro o concreto, cielos rasos, paredes entre otros. La elaboración de caña chancada se realiza con cañas maduras y recién cosechadas, utilizando hacha y machete. Requiere trabajo manual y experiencia del encargado.

1 Picar o chancar desde un extremo

Se hacen incisiones profundas en los nudos, con una separación de 1 a 2 centímetros, empezando en un extremo de la caña en dirección hacia la mitad.



2 Picar o chancar desde el otro extremo

Se repite el trabajo desde el otro extremo de la caña.



3 Cortar longitudinalmente

Desde un extremo se corta longitudinalmente la caña, haciendo al mismo tiempo movimientos transversales con el hacha o machete, lo que provoca la rotura de los tabiques interiores.



4 Abrir la caña

Con las manos o los pies se abre completamente la caña, apoyándose sobre sus bordes y caminando sobre éstos.

5 Limpiar

Se extrae la parte blanca e interna de la caña para evitar la aparición de insectos y hongos; dejando solamente el material fibroso. Esta limpieza se hace con machete o palana.



Vista exterior de cañas chancadas

Limpeza de la caña chancada



1 Caña recién chancada



2 Limpieza de los nudos interiores



3 Extracción de parte blanda



4 Caña chancada limpia

Latillas

Las latillas son tiras longitudinales de las cañas. Tienen varias aplicaciones en la construcción. Se aprovecha el bambú fresco por su facilidad de rajado. Hay dos técnicas para hacerlo, una a mano, usando machete o hacha, y otra con una máquina latilladora. Después de obtener las tiras se extrae el material blanco del interior de cada tira, ya que es vulnerable al ataque de insectos y microorganismos.

Latillado a mano:

1 Hacer las latillas

Se inserta un machete o hacha en el extremo de la caña y se desliza hacia el otro extremo, golpeando el borde con un mazo, martillo o trozo de madera.



Corte con machete



Corte con hacha

2 Limpiar las latillas

Con machete se quita el material blanco del interior de cada tira para hacerla uniforme y evitar el ataque de insectos o la aparición de hongos.



Limpieza con machete



Con latilladora

La latilladora es una herramienta manual o motorizada que permite obtener latillas de bambú con el ancho deseado.

1 Seleccionar e introducir la estrella de cuchillas

Se instala un juego de cuchillas intercambiable, o “mariposas”, de acuerdo al número y ancho de latillas a sacar.

2 Colocar la caña

Se coloca la punta de la caña en el centro de la mariposa o estrella y la base se coloca sobre un peso asegurado sobre el riel. Se recomienda colocar la máquina sobre una ligera pendiente para facilitar el deslizamiento del peso.

3 Latillar

Se obtienen latillas a golpes del émbolo o pesos que se deslizan sobre rieles. El número de golpes depende del diámetro y dureza de la caña. También existen latilladoras con motor.

4 Limpiar las latillas

Se limpian las tiras de bambú, esta actividad se hace a mano.



Limpieza de las latillas



1 Latilla antes de la limpieza



2 Nudo interior por sacar



3 Extracción de parte blanda



4 Latilla limpia



2 Preservación y secado

Se deben aplicar métodos de preservación para aumentar la vida útil del bambú y evitar que sea afectado por insectos o microorganismos. Hay métodos tradicionales y métodos químicos. Estos últimos deben ser adecuadamente aplicados para no afectar la salud del usuario y el ambiente. Se recomienda un método tradicional y otro químico (por ejemplo, con bórax y ácido bórico).



Preservación tradicional



Preservación química



Secado



Preservación tradicional

Existen una serie de métodos de preservación que han sido utilizados durante siglos por diferentes comunidades en la región andina. Los métodos han sido desarrollados de acuerdo a las características y los recursos presentes en las zonas en donde han sido utilizados. El vinagrado es uno de los métodos de preservación tradicional más extendidos. Este método es económico, inocuo y comprobado por la sabiduría popular. Sin embargo, ni éste ni los otros métodos tradicionales reemplazan la preservación química.

Vinagrado

En el vinagrado, se deja la caña sobre el mismo tocón o una piedra, apoyada a los bambúes vecinos durante 3 semanas, dejando ramas y hojas intactas. En este proceso se disminuye los almidones, azúcares y humedad, limitando la vulnerabilidad de la caña al ataque de insectos y microorganismos. La caña cambia temporalmente de color verde a naranja y huele a alcohol (“caña borracha”).



Otros metodos tradicionales



1 Inmersión en agua dulce o agua del mar



2 Inmersión con taninos



3 Ahumado

Preservación química

El método de inmersión en solución de bórax y ácido bórico, es el más recomendado, por su eficacia, costo, y seguridad para usuarios y medio ambiente. Según algunos expertos, la inmersión debe realizarse con cañas secadas durante una semana como máximo y que aún conservan su color verde.

1 Preparación de la poza

Se prepara un tanque suficientemente grande para sumergir el material a preservar. Se puede excavarlo y recubrirlo con plástico grueso, asegurado con pesos en sus bordes o construir una poza de concreto armado. En ambos casos deben tener una pendiente en el fondo. Por cada 100 litros de agua se recomienda entre 2 y 2.5 kg de cada uno de los químicos: bórax y ácido bórico. Éstos son inocuos, pero debe evitarse el contacto con los ojos.



2 Perforación de los tabiques internos

Para permitir la entrada de la solución en la caña, se perforan todos los tabiques que existen en el interior de la caña, con una varilla larga de acero con punta de aproximadamente 1/2" de diámetro.



3 Inmersión

En el tanque con el preservante, se introducen las cañas rollizas previamente lavadas, latillas o caña chancada. Se aseguran con piedras u otros pesos colocados encima para que todo el material esté sumergido. La colocación de las cañas rollizas sobre un declive permite el escape del aire atrapado.

La caña rolliza tiene que estar sumergida un mínimo de 5 días, mientras que las latillas y caña chancada requieren por lo menos 24 horas de preservación. Antes de sacar el material se deja escurrir sobre el tanque. Se debe evitar el acceso del agua de lluvia mediante una cubierta.



4 Escurrido

Una vez terminado el proceso de inmersión, se debe escurrir el exceso de preservante contenido en el interior de las cañas. Para ello se inclina las cañas cabeza abajo y se giran dos veces al día durante dos días.

Preparación de la solución



1 Sales de bórax y ácido bórico



2 Disolver en agua caliente



3 Llenado de tanque



4 Mezclado en el tanque



Secado

Para concluir el proceso de preparación de la caña, éstas deben ser secadas. Este proceso puede ser llevado a cabo al aire libre o en secadores solares; Con un secador solar, se puede alcanzar niveles de humedad menores en comparación con el método al aire libre.

Secado al aire libre

1 Sobre caballete

La forma de secado más usada es apoyar las cañas sobre un caballete; aislando las cañas del contacto directo con el suelo natural. Para un secado uniforme, se recomienda un giro parcial y diario de cada uno de las cañas durante los primeros 15 días y después de manera menos frecuente. El tiempo de secado puede variar entre 2 y 6 meses según las condiciones climáticas.



2 Secado y almacenamiento bajo techo

En este método, las cañas de proceso de secado se realizan protegiendo las cañas del contacto directo con el sol que puede provocar rajaduras y torceduras. Para que el proceso de secado sea eficiente, se deben colocar separadores para facilitar el buen flujo de aire.



Secado con secador solar

1 Pasivo

En este método se utiliza un invernadero cerrado, cuyas paredes y techo son de plástico o vidrio. De esta manera, se generan mayores temperaturas al interior del ambiente, lo que promueve el secado de las cañas.



2 Activo

En este método, se añade a la infraestructura básica del invernadero una serie de ventiladores que aceleran el aire caliente entre las cañas, reduciendo el tiempo del proceso.



Métodos alternativos de secado

1 Horno

Se pueden secar las cañas en hornos idénticos a los que se utilizan para la madera.



2 Inyección de aire caliente

Con un ventilador y mangueras de plástico conectadas al interior de cada caña se inyecta aire caliente.





3 Ubicación segura y edificación saludable

Determinar adecuadamente el terreno donde se va a construir la vivienda es uno de los criterios más importantes para contar con una vivienda segura y confortable. El objetivo es ubicar la vivienda en un lugar que no esté expuesto a un peligro particular.

La aspiración de cada ser humano, es vivir en un espacio seguro y saludable, en el cual cada integrante se sienta cómodo en un ambiente confortable y armónico donde exista bienestar.

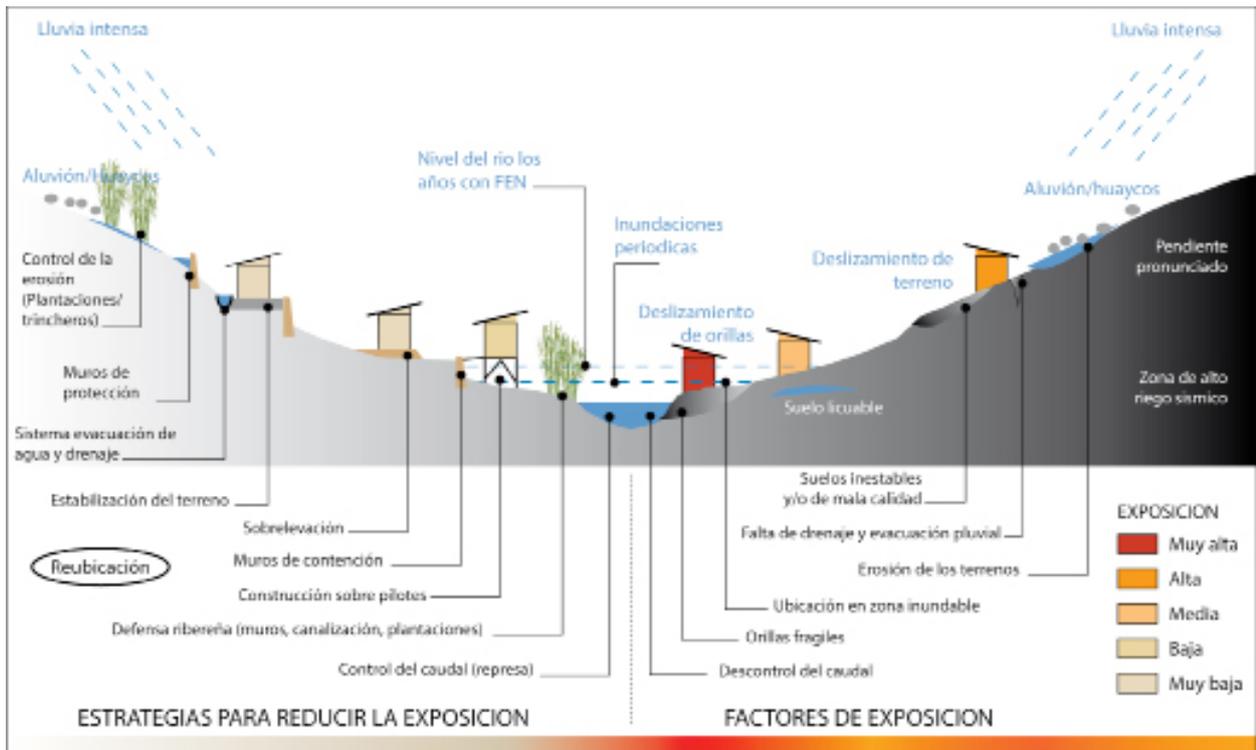
1 Una edificación segura

Por tanto el terreno de una edificación segura debe cumplir con los siguientes criterios al momento de definir el sitio de la construcción:

- No estar cerca a quebradas o ríos donde puede haber riesgo de crecientes de agua.
- Evitar terrenos con pendientes pronunciadas donde pueden existir deslizamientos.
- Alejarse de los cauces naturales de agua, así el terreno se muestre árido, puesto que en cualquier momento una fuerte lluvia es suficiente para crear huaycos.
- No ubicarse sobre suelos inestables y rellenos o terrenos propicios a la licuación de suelos.

Por tal motivo, el lugar donde se quiera construir debe ser seguro a fin de que no ocurran accidentes por causa de terremotos, huaycos, derrumbes, hundimiento del terreno, inundaciones, etc.

Gráfico de los factores de exposición por evitar y estrategias para reducir la exposición del terreno.



2 Un ambiente saludable

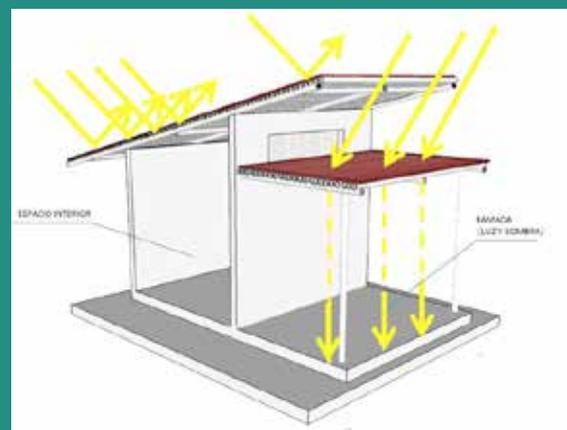
Asimismo, debe ser un sitio saludable, es decir, no debe ubicarse cerca a lugares que emitan vapores tóxicos, malos olores, etc. o que pueda ser propenso a propagar enfermedades, epidemias, virus, etc.

El confort depende también de una buena iluminación y ventilación natural, por lo cual es importante tomar en cuenta el clima, la orientación del sol y los vientos dominantes para localizar la vivienda y determinar la ubicación de las aperturas.

Ubicar de forma adecuada la aperturas y aleros



1 Ventilación natural



2 Protección de la luz directa



4 Cimientos

Se describe una cimentación aplicable en sitios libres de inundación y adecuados para la construcción. Esto permite la ejecución de pisos sólidos. De todas formas, los sitios en los que se van a construir deben contar con rellenos adecuados, de mínima altura para evitar la afectación por lluvia o por humedad.



Cimentación



Sobrecimientos



Piso



Cimentación

Las cimentaciones son las bases que sirven de sustentación al edificio; se calculan y proyectan teniendo en consideración varios factores como la composición y resistencia del terreno, las cargas del edificio. Se recomienda basarse sobre un estudio de suelo previo. Según el cálculo, la cimentación puede ser de concreto simple, concreto ciclópeo o concreto armado. De todo modo, se procede a la cimentación en sitios libres de maleza y de la capa orgánica.

1 Trazado y nivelación

En el replanteo se indica los límites perimetrales de la construcción y los ejes de las componentes estructurales: paredes portantes y columnas. Para ello, se utilizan cordeles y tiza para señalar los ejes y se establece los diferentes niveles que puede tener la vivienda, usando mangueras transparentes con agua.



2 Excavación y vaciado de la cimentación

Se excava según los ejes indicados en el trazado hasta encontrar el suelo firme y se vacía con el hormigón (por ejemplo con la proporción 1:3:5 - cemento, arena, piedra). El vaciado deberá tener la altura suficiente para nivelar la superficie donde se colocará el sobrecimiento. Si es necesario sobresalir del nivel del terreno se encofra los bordes utilizando madera o caña chancada. Desde el cimiento pueden nacer las varillas de acero en las cuales se colocarán las cañas.



Sobrecimientos

Los sobrecimientos son la parte inferior de la estructura de la edificación que le sirve de anclaje y apoyo donde se transmiten las cargas a la cimentación. Sirven también para aislar la estructura de bambú del terreno y así evitar el contacto con humedad. Los sobrecimientos pueden ser de concreto armado o bloques prefabricados.

1 Construcción del sobrecimiento

El sobrecimiento se coloca encima del cimiento. Puede ser de concreto (vaciado, bloques prefabricados, etc.).

La altura mínima del sobrecimiento es 20 cm. Sin embargo, en las zonas muy lluviosas, se recomienda una altura mayor y un canal de drenaje al costado donde lleguen las aguas que caigan del techo.

En caso de bloques con hueco, se recomienda rellenarlos con piedras, tierra y/o cemento.

2 Instalación de los conectores metálicos

Si no se hizo desde la cimentación, se aseguran en el sobrecimiento segmentos de fierros de construcción para conectar las columnas de bambú o pares de varilla de acero para conectar los paneles de pared.



Fierro de construcción para conectar una columna



Varillas de acero para conectar un panel de pared



Piso

Antes de proceder con el vaciado de la loza, se debe apisonar el piso y colocar los tubos de instalación sanitaria y eléctrica. El piso final debe quedar por lo menos 15 centímetros por encima del terreno natural o al nivel de la vereda.

1 Relleno con piedras

Se rellena el espacio limitado por la sobrecimentación con material pétreo. Se distribuye el material sobre toda la superficie para que quede uniforme y plana.



2 Hidratar y compactar

El relleno se hidrata y compacta con un pisón de madera o con una máquina compactadora, observando las cotas de nivelación.



3 Instalar los tubos de instalaciones

Se coloca las tuberías de agua desagüe y luz que estarán empotrados en la loza, con sus salidas verticales respectivas.



4 Maestras de nivelación

Se nivela la superficie utilizando piola y nivel. Usando un mortero de arena-cemento, se hacen pequeños montones encima de los cuales se coloca un pedazo de caña, lo que sirve de maestras de nivelación y de referencia para la colocación del piso.

Se recomienda un espesor mínimo de 10 cm.



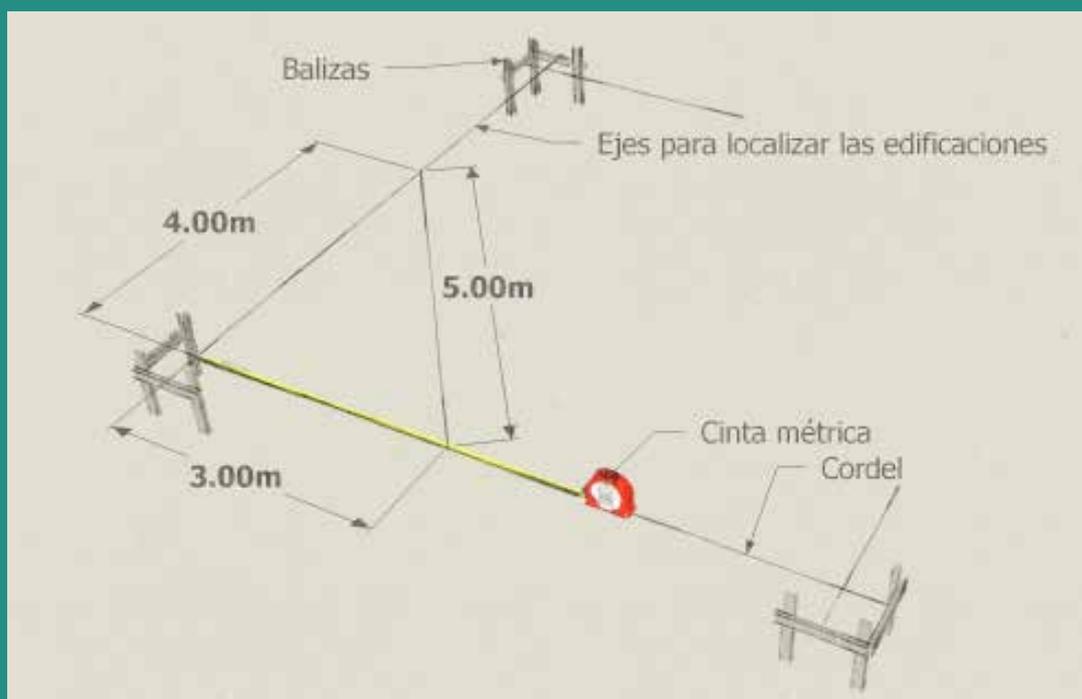
5 Vaciado del piso

Con referencia a las maestras de nivelación se coloca el piso de hormigón simple (1:3:5 - Cemento, Arena, Piedra). Se debe verter, y nivelar con regla.

En caso de querer colocar un cerámico luego, se debe rayar la superficie antes de que seque completamente.



Trazado de ángulo rectos





Construcción del esqueleto de bambú sobre los cimientos



Edificación terminada con sus acabados e instalaciones

Casa dos pisos, San Clemente - Arq Barnet & Jabrane



5 Instalaciones eléctricas y sanitarias

Los cables de luz y tuberías de agua, siempre deben instalarse antes de colocar el piso y en algunos casos antes de colocar las paredes. Las siguientes fotografías y gráficos muestran diferentes ubicaciones de las instalaciones en una vivienda de bambú.



Instalación Eléctrica



Instalaciones de agua



Instalaciones de desagüe

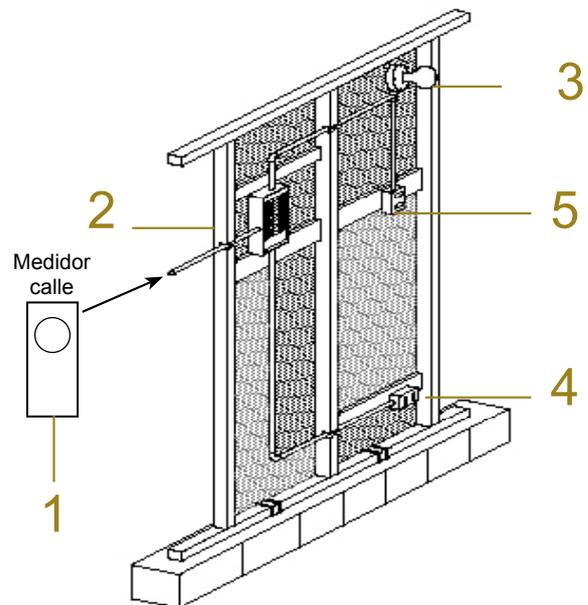
Instalaciones eléctricas

Toda vivienda inicia su instalación eléctrica con el medidor que recibe electricidad de la red pública, usualmente ubicado en un muro de la fachada. Éste se conecta al tablero general, que debe ubicarse en una zona segura al interior de la vivienda y desde donde saldrán los circuitos (tuberías y cables) que reparten hacia los puntos de luz y los tomacorrientes.

Las instalaciones pasan por las paredes y los cielos rasos dentro de los cuales se dejan empotradas las respectivas cajas de pase y cajas de salida de los puntos de luz y tomacorrientes.

Consideraciones normativas

- 1 Las instalaciones eléctricas pueden ser empotradas dentro de los muros estructurales de bambú. En caso de requerirse perforaciones éstas no deberán exceder de $1/5$ del diámetro de la pieza de bambú.
- 2 Los conductores eléctricos deben ser entubados o de tipo blindado, con terminación en cajas de pases metálicos o de otro material incombustible. Los empalmes y derivaciones serán debidamente aisladas y hechas en las cajas de pase.
- 3 La instalación eléctrica no debe ser perforada o interrumpida por los clavos que unen los elementos estructurales.



Componentes de instalación eléctrica:



1 El medidor



2 Tablero general



3 Punto de Luz



4 Tomacorriente



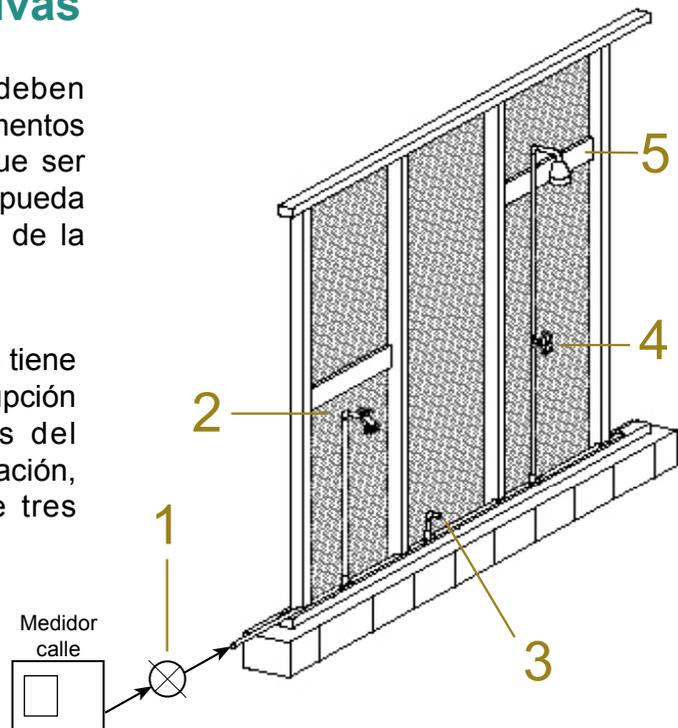
5 Interruptor

Instalaciones de agua

Toda vivienda inicia su instalación sanitaria en el medidor, usualmente ubicado en la vereda junto a la vivienda. El medidor recibe el agua de la red pública y se conecta a los puntos de salida de agua (lavatorio, inodoro, ducha, etc.). Cuando la presión de la red pública es insuficiente, se construye una cisterna bajo el suelo cuya agua es impulsada a un tanque elevado que abastece el sistema de alimentación de la edificación.

Consideraciones normativas

- 1** Las instalaciones sanitarias no deben estar empotradas dentro de los elementos estructurales de bambú. Tienen que ser adosadas para evitar que una fuga pueda deteriorar elementos estructurales de la edificación.
- 2** El sistema de alimentación de agua tiene que ser dotado de válvulas de interrupción (llaves) ubicadas justo después del medidor, en cada piso de la edificación, y en cada ambiente con más de tres aparatos sanitarios.



1 Válvula de interrupción



2 Grifería de lavabo



3 Acometida de baño



4 Ducha



5 Llave de la ducha

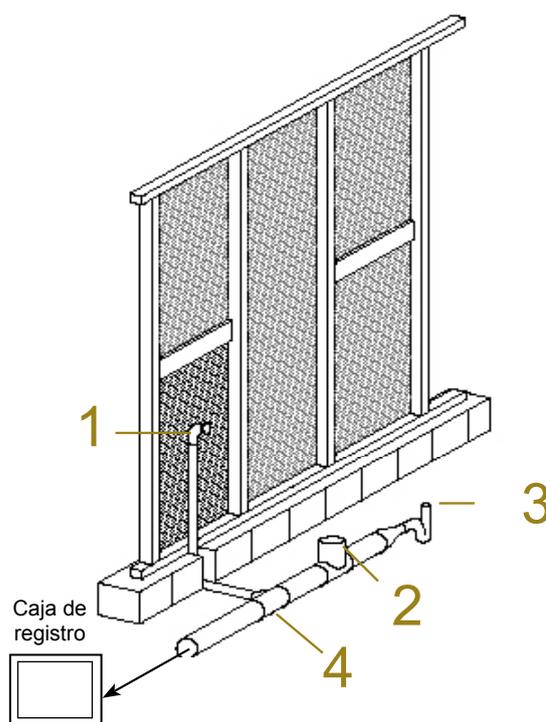


Instalaciones de Desagüe

Los desagües de lavatorios, duchas, lavaderos o similares se evacuan mediante tuberías de 2". Los desagües de inodoros se evacuan mediante tubería de 4". Ambos tipos de tuberías se conectan a una tubería de 4", la cual llevará los desagües a cajas de registro (sitios de control, para limpieza y mantenimiento). De las cajas de registro, las tuberías se orientarán hacia la red de alcantarillado público o tanques sépticos.

Consideraciones normativas

- 1** Las instalaciones sanitarias no deben estar empotradas dentro de los elementos estructurales de bambú.
- 2** La pendiente de los colectores y ramales tiene que ser uniforme y no menor a 1%.
- 3** El empalme entre colectores y ramales de desagüe se harán con un ángulo no mayor a 45° salvo que se hagan en una caja de registro.



Componentes de instalación de desagüe:



1 Evacuación del lavadero



2 Tubería de inodoro 4"



3 Tubo de 2" para evacuación de ducha con codo



4 Conexión entre tuberías de 2" y 4"

6 Uniones

Por uniones nos referimos a medios para unir bambúes, cañas chancadas u otros materiales como maderas entre sí. Por ser huecas y cilíndricas, no es posible hacer uniones con caña rolliza como se las realiza con madera. El uso de clavos y alambres debe ser muy limitado, porque los primeros provocan rajaduras y los segundos no son resistentes. Se describirán algunas técnicas apropiadas para realizar uniones con bambú utilizando ensambles tradicionales, elementos metálicos y rellenos con mortero.



Entalladuras y ensambles



Perno pasante



Perno tensor



Unión longitudinal



Relleno de mortero



Clavos y alambre



Entalladuras y ensambles

Para unir el extremo de una caña rolliza con otra, es necesario moldear aquel extremo de acuerdo al diámetro de la otra y al ángulo de acople, de tal manera que la unión quede fuerte y fija. Se distinguen dos tipos básicos de entalladuras: boca de pescado y pico de flauta. Antes de moldear la entalladura se traza su forma sobre el extremo de la caña. Es necesario que la parte más entallada del bambú se encuentre a menos de 4cm de un entrenudo.

Corte tipo “boca de pescado”

La “boca de pescado” se utiliza para unir el extremo de una caña rolliza de bambú a otra perpendicular.

Para obtener una unión más fija, se puede modelar una “oreja”, que es un segmento corto de caña ubicado en el punto más bajo de la boca y que sirve para insertar en una perforación hecha en la otra caña. Debe ser realizado a 2cm o 3 cm. del nudo inmediato inferior, como lo muestra la fotografía.

Para hacer este tipo de uniones, se requiere mazo y formón. También se puede realizar con arco de sierra, sierra de copa, moladora o caladora.



Boca de pescado

Menos de 6cm



Boca de pescado con 'oreja'



Alternativas

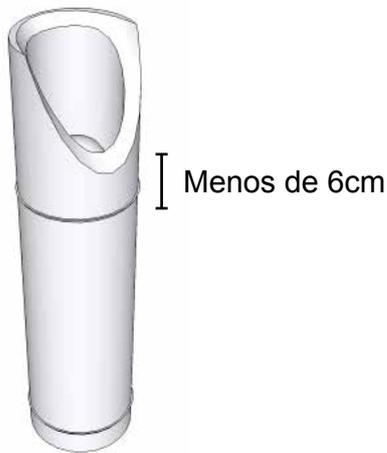
Existen otras formas de unir cañas sin usar entalladuras, pero suelen ser más costosas.



Corte tipo “pico de flauta”:

Para unir el extremo de una caña rolliza a otra, con un ángulo diferente a 90 grados, se debe utilizar la entalladura “pico de flauta”.

Una característica del pico de flauta, es que siempre queda una parte del extremo intacto (sin cortar). También esta entalladura puede contar con una “oreja” para una unión más fija.



Pico de flauta



Pico de flauta con 'oreja'



Aplicación de un pico de flauta con “oreja”.



Aplicación de boca de pescado y pico de flauta

Trazar y cortar una boca



1 Trazado con wincha



2 Molde de PVC para trazar



3 Corte boca de pescado con formón y martillo



4 Corte boca de pescado con caladora



Perno pasante

Para fijar y asegurar uniones de bambú y otros materiales, en muchos casos se utilizan elementos pasantes. Dependiendo del material disponible y el presupuesto, se puede usar pernos de acero galvanizado con varillas roscadas, tuercas y arandelas, o tacos de madera dura, o varillas de acero lisas. Aquí se describen 5 aplicaciones de pernos pasantes.

1 Para fijar 2 o más bambúes alineados

Para fijar dos o más cañas se atraviesa un perno de forma perpendicular por dos o más cañas. Se utiliza particularmente para realizar columnas o vigas compuestas.



2 Para realizar una articulación entre 2 o más bambúes.

Para fijar dos o más cañas articuladas, se atraviesa un perno de forma perpendicular a las cañas.



3 Para fijar una unión de pico de flauta

Para uniones de pico de flauta se recomienda el uso de pernos con varillas roscadas. La dirección del perno es perpendicular al corte en pico de flauta.



4 Para fijar un bambú sobre otro bambú

Se atraviesa los bambúes con un perno perpendicular a las cañas. Si se requiere, se puede regular la distancia entre los dos bambúes a través de tuercas y contratuercas como lo enseña la foto.



5 Para fijar 2 paneles

Los paneles de bambú tienen que ser unidos entre sí, en particular en los ángulos. Se utiliza también pernos con varillas roscadas con la posibilidad de regular la distancia y plomada entre los paneles con tuercas y contra-tuercas.



6 Para fijar un muro o panel de bambú a la estructura portante

La estructura portante está compuesta por columnas, vigas y diagonales. Para fijar un panel de muro a una estructura portante se atraviesa un perno horizontal por la columna y la estructura del muro (bastidor). Cuando no hay acceso al interior del muro, se aplica una varilla de acero liso o un taco de madera dura.



1 Perno con varilla roscada, tuercas y arandelas de acero



2 Varillas lisas de acero



3 Tacos de madera

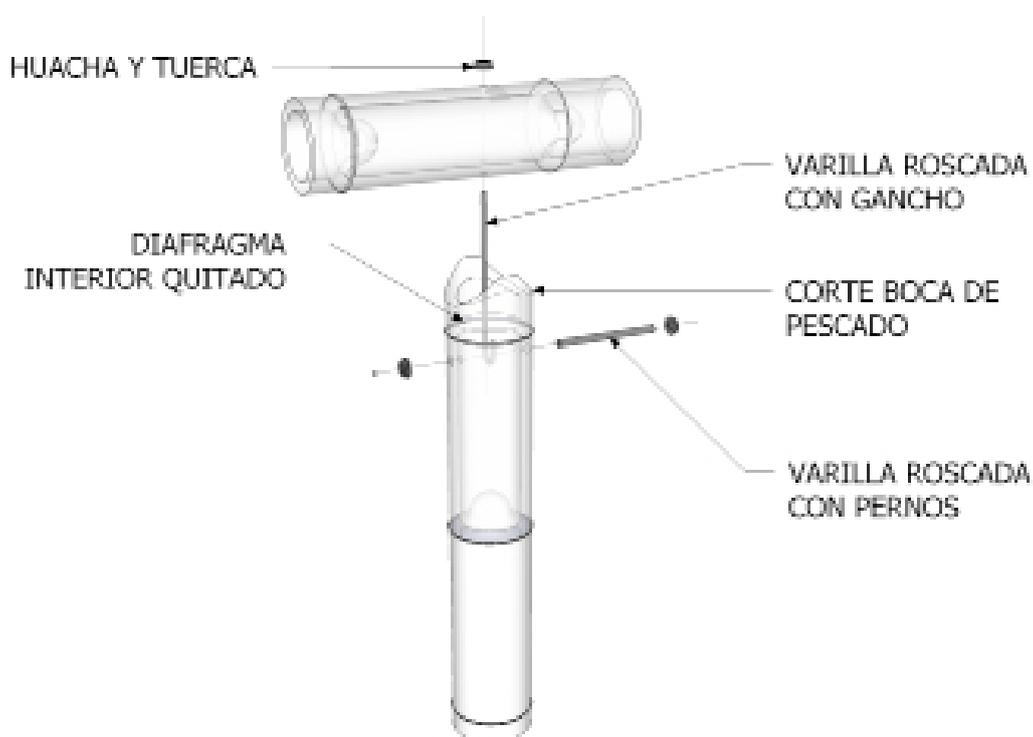


4 Perforación previa con un taladro y su broca con extensión



Perno tensor

Este tipo de unión es aplicable solo para uniones tipo boca de pescado. Requiere dos piezas de acero: una varilla roscada o con hilo en un extremo y gancho en el otro (varilla tensor) y un perno de menor longitud (anclaje). La varilla tensor, ubicada en la caña que no tiene boca de pescado, penetra en la otra caña y se engancha en el perno de anclaje. La ventaja de esta unión es que se puede asegurar apretando la tuerca y queda discreta.



1 Quitar el diafragma interior

En la pieza de bambú con la boca de pescado, se retira con un formón o una varilla con punta el diafragma interior del nudo detrás la boca para dejar pasar el gancho.



2 Colocar el perno de anclaje

Se posiciona el perno tensor sobre la unión para estimar el lugar de perforación del perno de anclaje. Luego se perfora con el taladro y se coloca el perno de anclaje.



3 Ubicar el perno tensor y perforar

Con el perno tensor (con gancho) ubicado sobre la unión, se estima la posición de las perforaciones del perno tensor. Luego se utiliza el taladro para perforar la(s) caña(s) perpendicular(es) a la caña con boca.



4 Instalar y asegurar el perno tensor

Con mucho cuidado el gancho debe asegurarse al perno de anclaje, girándolo hasta que se ancle con éste. Se asegura el perno tensor mediante tuerca con arandela.



Preparar el perno tensor



Formar un gancho.
Calentar la varilla para facilitar el proceso



Alternativa al gancho:
soldar una arandela



Si la varilla es lisa, hilar la otra extremidad

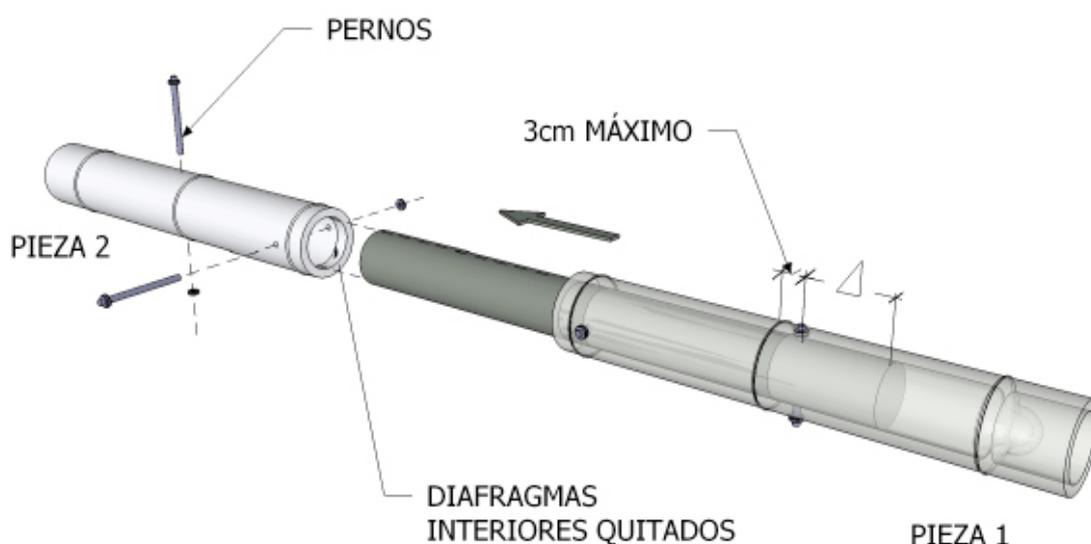


Extremo de la varilla con hilo

Uniones longitudinales

Para unir dos cañas longitudinalmente, se seleccionan bambúes de similar diámetro. Se realiza el corte de tal manera que la unión a realizar presente dos nudos cercanos (menos de 6cm de la extremidad.)

Esquema normativo



1 Insertar un segmento de caña o madera

Se elimina el relleno natural (tabique) interior de los extremos de cada una de las cañas a unir y se introduce una caña de menor diámetro o un segmento de madera en el extremo de una de aquellas. La caña o pieza a introducir debe llegar hasta la mitad de cada caña entrenudo y nudo.



2 Acoplar las cañas nudo a nudo

Se introduce el segmento de caña o madera en el extremo de la otra caña y se acoplan las dos, nudo a nudo.



Dos cañas unidas con sogas de presión y colocación de dos pernos.

3 Sujetarlas mediante cuerdas y pernos

Se aplica un torniquete de cuerdas sobre la unión a realizar y se colocan dos pernos, uno a cada lado de la unión, que atraviese la caña o pieza de madera interior, asegurándolo con tuercas y anillos.

4 Ubicación de los pernos finales

Se colocan dos pernos finales de tal manera que sean perpendiculares a los anteriores y se realiza el ajuste con tuercas y anillos.

Posición de pernos

En esta unión se aplican dos pares de pernos perpendiculares entre sí. Para evitar que se raje la caña es necesario que cada par de pernos sean colocados perpendicularmente entre sí.

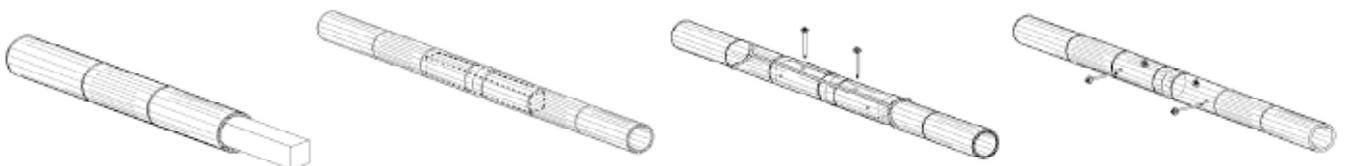


Perno mal ubicado



Perno bien ubicado

Pasos a seguir:



1 Insertar segmento de bambú o madera

2 Acoplar las dos cañas.

3 Sujetarlas mediante cuerdas y pernos

4 Ubicación de los pernos finales



Relleno con mortero

Se procede al relleno de los canutos de bambú para reforzar uniones. Esta técnica sirve para fijar las uniones con pernos o fierros empotrados, evitar el aplastamiento y aumentar la resistencia del bambú al corte. En particular, se aplica para unir columnas de bambú a los cimientos, en los cuales previamente se ha empotrado una varilla de acero. A continuación se describe los pasos para realizar esta unión.

1 Fijar la varilla en la cimentación

En cada uno de los sitios de cimentación, destinados para ubicar columnas de bambú se empotra una varilla de acero de 3/8" o 1/2" de diámetro, que sobresalga como mínimo 40 centímetros del sobrecimiento.



2 Colocar la columna y hacer perforaciones

Se perforan los diafragmas (tabique internos) inferiores de la columna de bambú hasta dejar libre el espacio para colocarla encima de la varilla. Luego se realiza con taladro y sierra de copa una perforación entre 3cm y 4cm de diámetro, ubicada por encima del nivel de la varilla (más de 45cm desde el sobrecimiento)



3 Llenar el vacío

Mediante un embudo, se introduce un mortero semi-líquido formado por tres partes de arena gruesa y una de cemento (3:1), hasta el nivel de la perforación. Durante el llenado se procede a golpear la columna para que haya un reparto uniforme del mortero.



4 Tapar la perforación

Con la misma pieza (disco) de bambú que se ha extraído con la sierra de copa, se cierra la perforación.



Clavos y alambre

Los clavos y alambres se utilizan de manera provisional en trabajos con caña rolliza, ya que los primeros ocasionan rajaduras y los segundos no son estéticos. Además, ambos se oxidan y se aflojan con frecuencia. Sin embargo, se usan clavos y alambre para fijar caña chancada y tiras de bambú a la madera. Para eso se suele utilizar clavos con cabeza de 1,5 pulgadas.

Sujetar caña chancada

Para sujetar caña chancada a una estructura de madera se utilizan clavos de 1,5 pulgadas, ubicados de manera espaciada.

Se hace un pre-clavado inicial (hasta la mitad) y luego de unirlos mediante alambre galvanizado N°18, se realiza el clavado definitivo.

Se puede terminar el clavado torciendo el clavo sobre la caña para favorecer un mejor agarre.



Preclavado



Clavado definitivo después de colocar el alambre

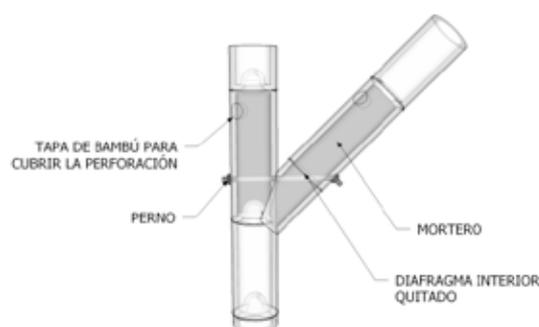


Otras uniones de la norma E.100

En cualquier unión, las piezas de bambú deben ser cortadas de tal forma que quede un nudo entero en cada extremo o próximo a él, a una distancia máxima de 6 centímetros del nudo. Las piezas de bambú no se deben unir con clavos.

Unión en diagonal con refuerzo de mortero

Para evitar que el perno corte el bambú bajo la carga que pasa por la unión, se refuerza la unión en diagonal rellenando los canutos de ambos bambúes.



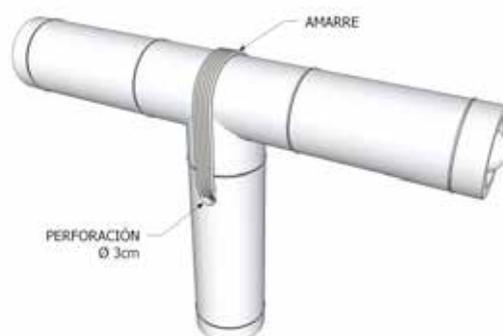
Unión en diagonal con bambú de refuerzo

Para evitar que el perno corte el bambú bajo la carga que pasa por la unión, se refuerza la unión en diagonal con un bambú vertical adicional emperrada a la columna y con un pico de flauta que se acopla a la pieza diagonal.



Unión perpendicular con amarre

El amarre puede ser de cuerda, zuncho metálico o plástico. Es importante asegurarse de la buena tensión del amarre y revisarlo periódicamente después de la construcción.





7 Estructura portante

La estructura portante es el esqueleto de una edificación y como tal debe soportar el peso propio de los muros, techos, personas, mobiliario así como las cargas de los sismos, vientos o de otros eventos circunstanciales como choques o impactos. En la estructura portante se distinguen los elementos verticales (columnas o pie derechos), los horizontales (vigas o soleras), y los inclinados (diagonales). De la calidad de la estructura portante depende la estabilidad de la edificación. Debe cumplirse la norma E.100 Bambú del Reglamento Nacional de Edificaciones.



Estructura aporticada



Pared bahareque



Estructura aporticada

En una estructura aporticada, el bambú rollizo asume todas las cargas de la estructura portante. Existen dos principales formas de trabajar: la primera consiste en construir directamente la estructura sobre su base de cimientos empezando por las columnas; mientras la segunda consiste en prefabricar componentes de la estructura en el suelo y colocarlos posteriormente en sus bases. La segunda solución suele facilitar y optimizar el trabajo, sobre todo si la edificación está compuesta de componentes repetitivos.

Construir en sitio

1 Colocar columnas

Realizada la cimentación y los sobrecimientos, las columnas deben ubicarse sobre las varillas que previamente se dejaron empotradas desde el cimiento y sobresalidas del sobrecimiento. De acuerdo al peso y al diseño de la edificación se utiliza 1, 2 o más bambúes.

2 Colocar vigas

Se ubican las vigas de bambú rollizo sobre las columnas mediante uniones adecuadas. Estas vigas pueden estar constituidas por 1, 2 o más cañas, de acuerdo a la separación entre columnas o al peso de la cubierta (según su diseño estructural).

3 Colocar diagonales y ariostres

Para evitar los movimientos laterales de la estructura (provocados por empujes, sismos, vientos) se colocan diagonales según el diseño estructural. Generalmente se las ubica en las esquinas o vértices de las edificaciones. Para ello, se suele utilizar uniones de pico de flauta. Antes de asegurarlas y fijar definitivamente la estructura, se tiene que plomear los elementos verticales y alinear los elementos horizontales.

4 Fijar columnas

Luego deben fijarse las columnas a la cimentación mediante el relleno de mortero de arena-cemento verificando la nivelación y plomada de cada elemento.



Prefabricar los componentes estructurales principales

1 Prefabricación en el suelo

Primero se traza en el suelo los componentes por prefabricar. Puede ser un pórtico entero, un semi pórtico, un tijeral, etc. Como los bambúes son irregulares, se suele utilizar únicamente los ejes de las cañas como referencia. Encima se unen los bambúes según el plano.



2 Montar la estructura

Una vez prefabricados los componentes principales, se colocan sobre los cimientos. Se recomienda el uso de cuerdas y andamios para facilitar el elevamiento de la estructura y el uso de puntales para asegurar temporalmente los elementos. Después se colocan los elementos horizontales que permiten unir entre si los componentes prefabricados.



3 Fijar la estructura

Luego se fija la estructura definitivamente con las diagonales complementarias y con el relleno de los canutos que lo requieren: conexión al sobrecimiento y uniones que reciben muchas cargas (según diseño estructural).



Ejemplo de ubicación de diagonales para estabilizar la estructura



X Estructura inestable en los 2 ejes



X Estructura inestable en 1 eje



✓ Estructura estable



Paredes Bahareque

Este tipo de pared es utilizado en zonas andinas de Colombia y Ecuador. Como su nombre indica pared bahareque tiene su origen en Arabia. Se refiere a una doble pared rellena con tierra, aunque también se la usa sin relleno en regiones cálidas y húmedas. Este tipo de pared está estructurada por pie derechos de caña unidos por soleras (elementos horizontales) y rigidizado por piezas en diagonal. Existen varios tipos de recubrimientos, aquí se describe la pared de “bahareque mejorado”, que esta revestida de mortero.

1 Armar el esqueleto de bambú

De la misma manera que las estructuras aporcadas, el esqueleto de caña de las paredes de bahareque se puede montar in situ o prefabricar en el suelo y conectar luego a los sobrecimientos. Es muy importante verificar la plomada de los paneles antes de unirlos entre sí.



2 Sujetar la caña chancada

La caña chancada se clava a la estructura portante de manera horizontal con la carra aspera al exterior si se va a tarrajearla. Es necesario realizar un pre clavado, para poder sujetarlos con alambre. Después, se finaliza el clavado. (ver pág. 49)



3 Rellenar el muro progresivamente

Se rellena con barro la parte del muro que ha sido cerrado con la caña chancada (como si fuera un encofrado). El relleno debe ser humedecido y no muy suelto para evitar que se salga por las grietas de la caña chancada cuando se compacta. El relleno se hace de manera progresiva (Aproximado 50cm a la vez). Una vez que se ha secado la primera capa se va sujetando nuevas cañas chancadas al muro sobre la primera para permitir su relleno y compactación.



4 Colocar la malla metálica

Se clava una malla tipo galinero en las carras exteriores de las paredes.



5 Aplicar recubrimiento final

Se aplica un mortero como recubrimiento final en los dos lados del muro, o solo en el exterior para tener bambú a la vista en el interior. Es importante que previamente se haya concluido el clavado u otras actividades que pueden afectar el recubrimiento durante su aplicación y secado. Se coloca una primera capa que se deja secar antes de colocar una segunda capa más fina para el acabado final.



De arriba hacia abajo:
 - caña chancada con malla
 - primera capa de mortero
 - segunda capa de mortero

Preparar el relleno



1 Cernida de tierra



2 Tierra con arena



3 Mezcla de materiales



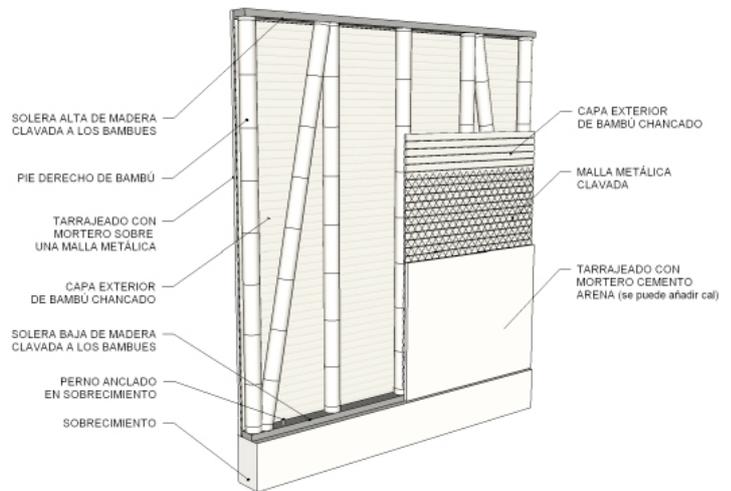
4 Material de relleno

Muros estructurales de bahareque según la norma E.100

Están compuestos de un entramado de bambúes, o de bambúes y madera, constituidos por elementos horizontales llamados soleras, elementos verticales llamados pie-derechos, diagonales y recubrimientos. Las cañas tendrán un diámetro superior o igual a 8cm.

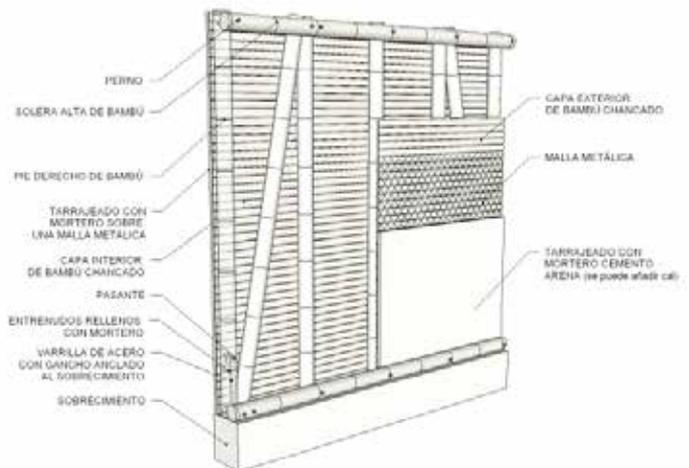
1 Muro con solera de madera

Las soleras de madera tendrán un ancho mínimo igual al diámetro de los bambúes usados como pie-derechos. El espesor mínimo de la solera superior e inferior será de 35 mm y 25 mm respectivamente.

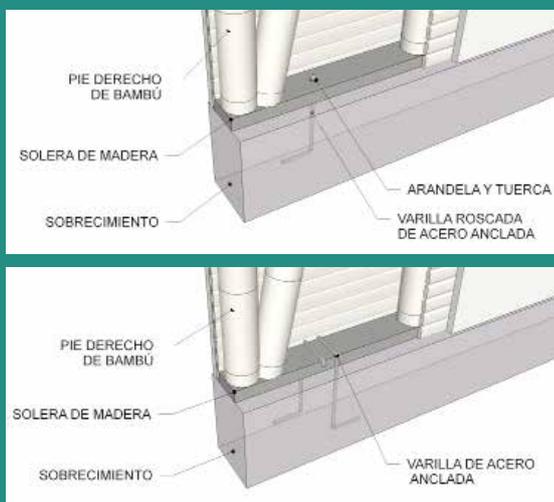


2 Muro con solera de bambú

Con este tipo de pared, se tiene que conectar los pie derechos al sobrecimiento con varillas y relleno de mortero en tramos no superiores a 2,50m. Según la Norma E100, se sugiere rellenar con mortero de cemento los entrenudos de la solera superior donde se apoyan las vigas.

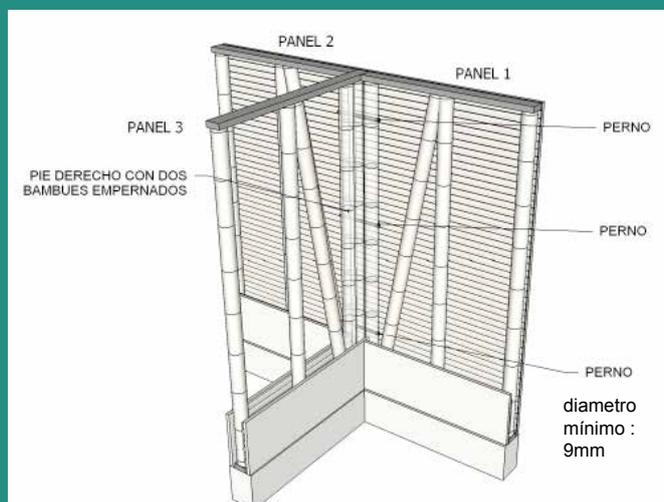


Unión entre sobrecimiento y paneles con solera de madera con una distancia máxima de 2.50m



Unión entre muros mediante pernos o zunchos

Debe tener como mínimo tres conexiones por unión, colocadas a cada tercio de la altura del muro.



8 Muros y paneles no estructurales

El bambú es un excelente material para construir gran variedad de muros o paneles. La diferencia entre paneles y muros es que los paneles son prefabricados (se llevan listos a la obra) mientras que los muros se construyen en el mismo lugar. La prefabricación siempre es recomendable, ya que es más rápida y económica. Las paredes presentadas a continuación son originarias de lugares muy diferentes, por lo que responden a diversos climas y se combinan con recursos locales. Cada tipo tiene ventajas y desventajas como división o cerramiento, pero ninguno es estructural.



Recubrimiento tipo quincha



Muro Ipirti



Panel Romero



Paneles varios



Muros de Quincha

Este tipo de pared tiene su origen en el Perú, aunque en otras partes del mundo se han usado técnicas similares. En este manual, la pared de quincha se refiere al recubrimiento de una pared con caña chancada revestida de una mezcla de estiércol, tierra y paja.

1 Sujetar la caña chancada

Con clavos de 1½ pulgada se sujeta la caña chancada a la estructura portante o al muro. (ver pág. 49). Se deja la cara áspera del bambú hacia afuera para recibir el recubrimiento. Como las cañas chancadas son ligeramente trapezoidales, se pueden invertir de sentido para controlar el nivel.

2 Cortar los sobrantes de la caña chancada

Con un tira línea, se marca el borde definitivo de la pared y se corta la caña chancada con una amoladora.

3 Preparar el mortero

Para obtener el mortero de revestimiento se mezcla barro y paja hasta obtener una consistencia pastosa. Se puede añadir eventualmente otras sustancias naturales espesas (por ejemplo, mucílagos de cactus o bosta). El estiércol de vaca es preferible por sus fibras finas. La paja puede ser de cualquier tipo en longitudes no mayor a 10 centímetros.



4 Aplicar el mortero

Se aplica sobre la caña chancada una primera capa de aproximadamente 2cm de espesor, distribuyéndolo de manera pareja. Se deja secar durante una semana adecuadamente protegido de la lluvia y del sol directo. Es importante realizar previamente clavados u otras actividades, que pueden afectar al recubrimiento por movimientos o golpes.



5 Segunda capa de recubrimiento

Con una unidad de estiércol y 2 unidades de una mezcla de arena (70%) y arcilla (30%), se prepara otro recubrimiento sin paja, que se aplica sobre la primera capa cuando ésta haya secado bien. Éste servirá como revestimiento final.



6 Blanquear o aplicar una capa de cal

Se puede pintar la pared o blanquearla con una mezcla de cal con agua, para aumentar su protección y darle otro tipo de acabado.



Quincha blanqueada
Museo de Agua Blanca

Materiales de recubrimiento



Esteriércol
de vaca



Arcilla con
arena



Paja

=



Mezcla de
materiales con
agua



Muro Ipirti

Este tipo de muro es originario de la India, donde fue construido por la organización IPIRTI. Se caracteriza por una malla hecha con tiras de bambú horizontales y verticales que están sujetas (mediante tacos de madera dura o segmentos de varillas de acero) a las cañas rollizas verticales. Luego se fija una malla de gallinero con una cocada pequeña a fin de recubrirla con mortero de barro.

1 Hacer las perforaciones

Utilizando un taladro se hacen agujeros cada 15 cm en las cañas que forman la estructura del muro. En cañas vecinas, los agujeros deben estar perfectamente alineados. En caso de un bambú situado en la mitad del muro se hacen los agujeros a través de toda la caña, de tal manera que los agujeros estén alineados con los de los otros bambúes.



2 Introducir los tacos de madera o varillas de acero

Se elaboran e introducen los tacos de madera dura en los agujeros o las varillas de acero. En las cañas ubicadas en zonas intermedia de la pared, los tacos deben tener más longitud ya que atraviesan todas las cañas.



3 Sujetar las tiras de bambú

Utilizando alambre se sujetan a los tacos las tiras de bambú horizontales. Luego se sujetan las tiras horizontales con las tiras verticales utilizando alambre o fibras vegetales, de tal forma que formen cuadrículas. El ancho de las latillas está entre 3cm y 4cm



4 Colocar malla de gallinero

Se coloca malla de gallinero de cocada fina para cubrir la parte exterior del muro la misma que se sujeta a las tiras de bambú con alambre galvanizado N° 18.



5 Aplicar recubrimiento

Se aplica un recubrimiento de mortero cemento-arena (1:3) o de quincha (ver pág. 59), sobre el lado interior de la pared después de haberla cerrado provisionalmente con tablas en el exterior. Es importante que previamente se haya concluido el clavado u otras actividades que pueden afectar el recubrimiento durante su aplicación y secado. Luego se aplica el mortero por la parte exterior.



2 tipos de anclaje



Anclajes pasantes en cañas ubicadas en parte intermedia de la pared



Anclajes a un solo lado en cañas en la extremidad de la pared

Preparar tacos de madera con chonta



Segmentos de madera



Segmentos de madera



Taco de madera como anclaje



Panel Romero

Este tipo de pared lleva el nombre del arquitecto que la diseñó. Se arma por separado y luego se sujeta a la estructura de la edificación. Tiene una función decorativa para realizar divisiones en el interior de la edificación. Se caracteriza por sus latillas de bambú diagonales a la vista y por los espacios intermedios con recubrimiento de mortero.

1 Sujetar la malla sobre una armadura de bambú

Primero se conforma la armadura con un marco y tiras longitudinales de latilla anchas de bambú empernadas entre sí.

Luego, se coloca la malla de gallinero encima y se la sujeta con clavos.



2 Sujetar las latillas diagonales

Se sujetan latillas diagonales a la estructura portante mediante clavos de 1,5 pulgadas por ambos lados de la malla. Las latillas deben tener la parte exterior a la vista.



3 Levantar y sujetar la pared

Se levanta la pared y se la sujeta a la armadura de caña con pernos o varillas cuyo diámetro sea 3/8" o 10 milímetros.



4 Aplicar el recubrimiento

Se aplica un primer recubrimiento de cemento-cal-arena (1:1:3) sobre la malla y entre las latillas diagonales. Después de 8 días se aplica una segunda capa de cemento y arena (1:3). Se debe hidratar ambas capas continuamente para evitar rajaduras y fisuras.



5 Blanquear y barnizar

Se obtiene un buen acabado mediante el blanqueado del recubrimiento y el barnizado de las latillas de bambú a la vista y de las cañas rollizas.



Paneles varios

Las variantes de diseño que pueden tener los paneles de Bambú son innumerables. En los paneles se puede combinar el uso de latillas, caña chancada y caña rolliza con madera. Los paneles pueden servir como divisiones, rejas de ventilación, puertas, ventanas o simplemente tener una función estética o decorativa.

Con caña chancada

La caña chancada se combina fácilmente con madera o caña rolliza. Para obtener un panel, se clavan piezas de caña chancada sobre un bastidor de madera o de bambú rollizo. Esos paneles también pueden recibir un mortero de recubrimiento.

Con latillas de bambú

Con latillas de bambú sobre un marco de madero o cañas rollizas, se puede realizar acabados o rejas de ventilación.

Con latillas de bambú cepilladas

Cepillando las latillas de bambú sobre los costados o sobre sus 4 caras, se pueden integrar a elementos de carpintería como puertas o ventanas.



9 Entrepiso y cubierta

En las edificaciones de bambú, la cubierta y el eventual entrepiso son elementos que requieren de mucho cuidado en cuanto a su diseño y su construcción. La cubierta tiene un papel clave en el sentido que funciona como sombrero protector frente la lluvia y los rayos solares directos, mientras el entrepiso tiene que asumir cargas elevadas.



Entrepiso



Cubierta



Entrepiso

La norma E. 100 del Reglamento Nacional de Edificaciones permite construir hasta dos pisos con bambú; por lo cual puede haber la necesidad de construir un entrepiso. Para no sobrecargar la estructura portante de bambú, el entrepiso tiene que ser de tipo liviano, como por ejemplo de madera o de bambú. Salvo que se justifique con un cálculo estructural, no se puede utilizar losa de concreto. A continuación se describe una alternativa de entrepiso con estructura de bambú que soporta cañas chancadas revestidas de un contrapiso de cemento.

1 Colocar las vigas

Por las cargas relativamente altas de un entrepiso, las vigas suelen estar compuestas de 2 o más bambúes superpuestos. Para trabajar correctamente como un solo elemento, esos bambúes tienen que ser emperrados o zunchados entre sí.

2 Relleno de los canutos de las extremidades

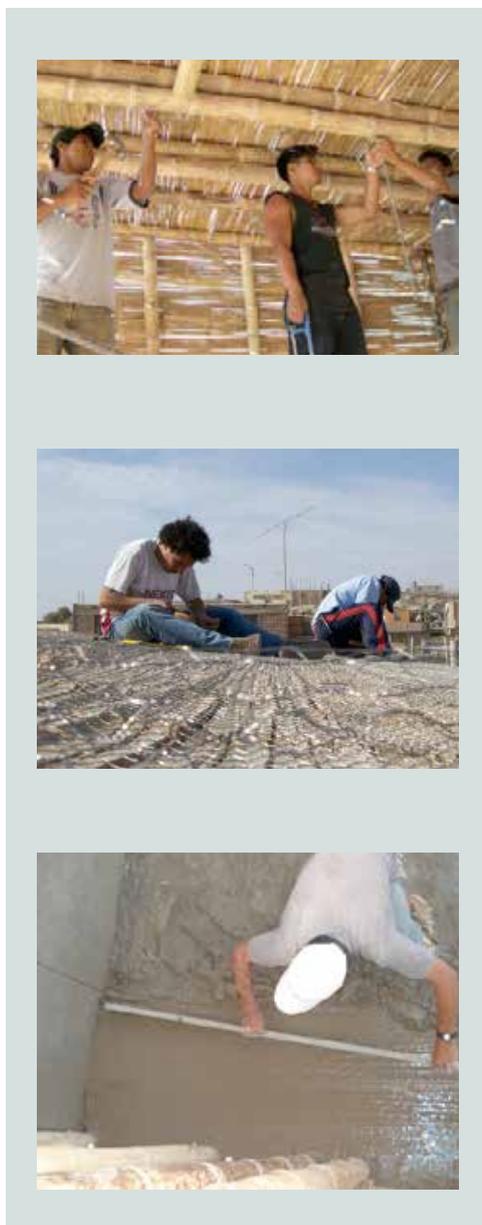
En cada extremidad de las vigas donde se reposa, se tiene que rellenar de concreto los canutos para evitar el aplastamiento de la caña. (ver proceso pág. 48)

3 Colocar la caña chancada y una malla de fierros

Se clava la caña chancada a las vigas con la parte lisa hacia abajo. Encima se coloca la malla metálica.

4 Vaciar en contrapiso

Se vacía el contrapiso con un espesor promedio de 5cm, nivelando las irregularidades de la estructura de bambú. La mezcla puede ser de cemento - arena - agregado pero se recomienda también el uso de concreto liviano con rocas volcánicas o perlas de tecnopor.

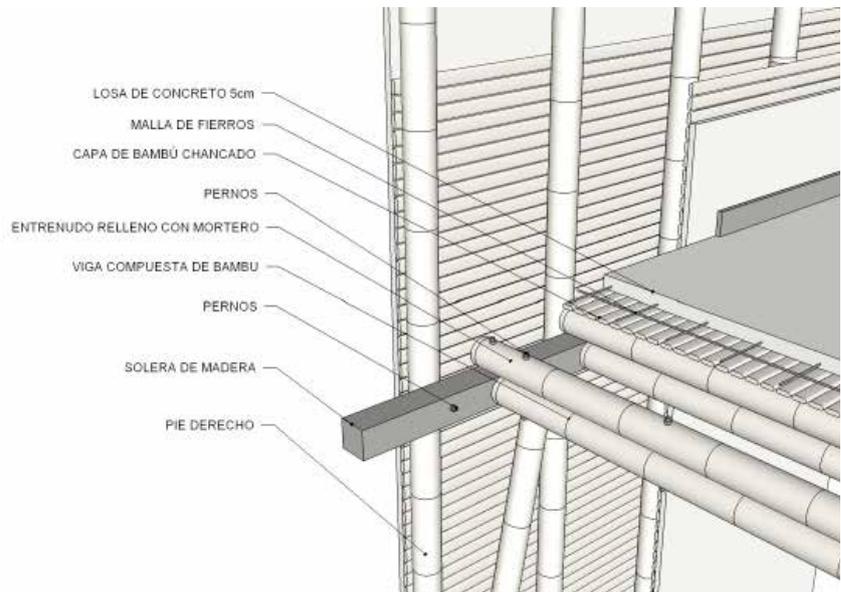


Consideraciones de la norma E100

- El recubrimiento del entrepiso debe ser con materiales livianos, con peso máximo de 120 Kg/m², salvo que se justifique con el cálculo estructural correspondiente.
- Si se construye cielo raso debajo de la estructura de entrepiso, debe facilitarse la ventilación de los espacios interiores.

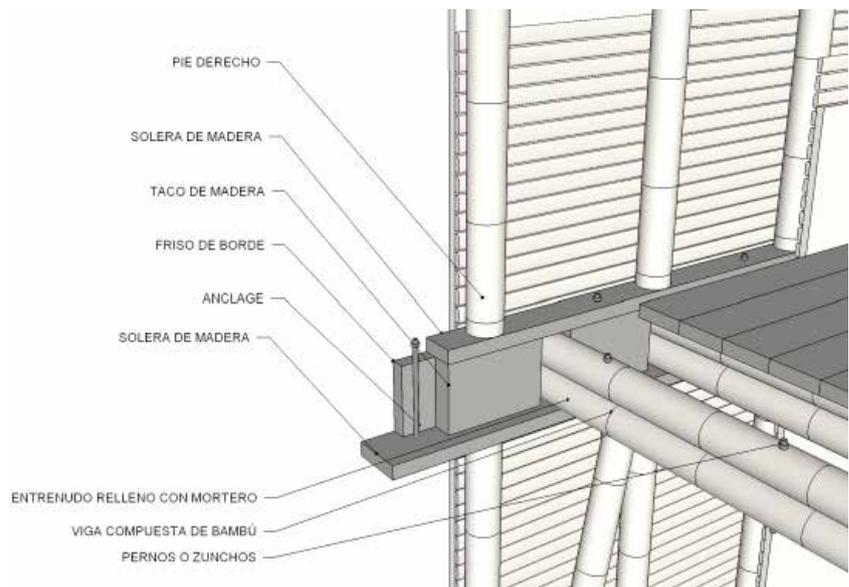
Esquema de un piso caña chancada revestida de un contrapiso de concreto

En este caso las vigas de bambú reposan sobre una solera de madera adosada a la pared y se rellena el canuto superior del bambú superior para evitar su aplastamiento. En esta configuración no existe problema de pandeo de las vigas y las cargas de la pared del segundo piso no reposan sobre las vigas.



Esquema de un piso con entablado de madera

En este caso las vigas de bambú reposan sobre el panel del primer piso. Para evitar su pandeo y protegerlas de la sobrecarga de la pared superior, se coloca tacos de madera, de peralte igual al de la viga de bambú. Para facilitar el nivelamiento del piso se recomienda empernar listones de madera encima de las vigas de bambú sobre los cuales se coloca el piso.





Cubierta

Existe gran variedad de tipos de cubiertas de diversos costos y características. En el caso de las edificaciones de bambú es importante utilizar cubiertas livianas y los materiales utilizados deben garantizar una impermeabilidad suficiente para proteger de la humedad a los bambúes y a la madera de la estructura de soporte. Ya que es muy importante proteger los bambúes de los rayos solares directos, los techos de las edificaciones de bambú suelen presentar aleros generosos. A continuación se presenta unas opciones de cubierta comunes.

Estructura

1 Colocar la estructura del techo

Sobre la estructura portante de la edificación se coloca la estructura del techo, con separaciones de las correas de bambú en función del recubrimiento elegido y el cálculo estructural. Se empieza por las correas de las dos extremidades del techo y se coloca un cordel entre ellas para alinear las otras correas. Para aleros mayores de 60 cm, deberá proveerse de un apoyo adicional, salvo que se justifique estructuralmente. Se suele realizar este apoyo con una caña colocada en diagonal que se llama “pie amigo”.

2 Colocar las piezas diagonales

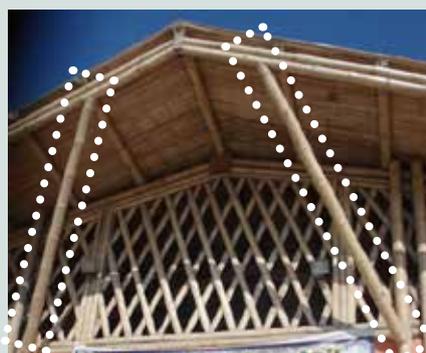
Para evitar la deformación del techo, sobre todo en los casos de coberturas no rígidas como las calaminas, se colocan tirantes por debajo de las correas. Esos tirantes pueden ser de bambú o de otro material estructural.

3 Rellenar de mortero los puntos de apoyo

Si el peso propio de la cobertura lo requiere o si es una cobertura transitable, el cálculo estructural ubicará las vigas y correas que necesitan un relleno de concreto en sus puntos de apoyo. (ver método pág. 48)



Colocación de la correas



Pies amigos que soportan el alero



Tirante que asegura la rigidez del techo

Recubrimiento con cielo raso de caña chancada y calamina



1 Colocar cielo raso

Sobre la estructura del techo se coloca la caña chancada con la parte lisa hacia el interior del ambiente. Se recorta los bordes con una amoladora. El cielo raso sirve de aislante térmico y acústico, lo que provoca mejor confort al interior, pero también puede inducir la presencia de insectos por lo que se debe de mantener limpio.



2 Colocar listones de madera

Para asegurar la cobertura final, se atornillan listones de madera (1"x2") transversales a las vigas estructurales del techo. El espacio entre cada uno debe estar de acuerdo al tamaño y características de las planchas que se van a colocar encima.



3 Colocar la calamina

La calamina se atornilla a los listones utilizando protectores de cabeza para evitar las filtraciones de agua.



4 Opcional: colocar borde o canaleta

Opcionalmente se colocan bordes o canaletas para controlar el escurrimiento del agua de la cubierta y proporcionar un mejor aspecto.



Recubrimiento tipo asfáltico sobre panel de madera



1 Colocar listones y paneles de madera

Sobre la estructura del techo se emperran listones de madera (1"x2") transversales a las vigas estructurales del techo con una separación acorde a los paneles que se van a colocar encima.



2 Colocar el friso de madera

Con pletinas metálicas emperradas a las correas de bambú, colocar el friso de madera.



3 Colocar el recubrimiento asfáltico

Encima de los paneles de madera, se coloca el recubrimiento asfáltico. Según los productos (rollo, tejas, manta) este recubrimiento se engrapa, pega o clava al panel de soporte.



Alternativas de coberturas



Tejas



Paja o hojas



Telas tensionadas

Cubierta

10 Acabado y mantenimiento

Toda edificación de bambú requiere de un buen acabado para mantener su valor estético y aumentar su durabilidad. El acabado de las cañas debe ser realizado con ceras, lacas, barnices o pinturas. La periodicidad del mantenimiento depende del grado de exposición y del nivel de exigencia estructural de la piezas.

1 Sellar cavidades en extremos de cañas

Se llena la cavidad de la caña con un pedazo de malla y luego se recubre con un mortero para sellarla. También se puede utilizar yeso o una mezcla de aserrín con cola de madera. Opcionalmente, se puede pintar.



2 Tratamiento de piezas expuestas

Las cañas chancadas, latillas y cañas rollizas ubicadas hacia el exterior deben ser protegidas mediante un mantenimiento periódico. Se recomienda pinturas con óleo o cualquier tipo de laca para exteriores. Para piezas de bambú expuestas a la intemperie se debe realizar el mantenimiento como mínimo cada 6 meses. Para piezas de bambú en exteriores, protegidas de la intemperie, se debe realizar el mantenimiento como mínimo cada año.



3 Tratamiento de piezas interiores

De igual manera, las piezas interiores de bambú deben ser tratadas con sellador, barniz y similares. Se recomienda realizar el mantenimiento cada 2 años.

4 Cortar sobrantes de pernos y protegerlos de la corrosión

Los sobrantes de pernos y varillas que sobresalen de las tuercas deben ser cortados para evitar accidentes, además estéticamente se luce mejor. Después se tiene que pintar los pernos con anti-corrosivo, a menos que se utilice acero inoxidable.



5 Examinar la estructura periódicamente

Después de la construcción:

- Se deberán reajustar los elementos que por contracción del bambú, por vibraciones o por cualquier otra razón se hayan desajustado.
- Si se encuentran roturas, deformaciones excesivas, podredumbres o ataques de insectos en las piezas estructurales, éstas deberán ser cambiadas y se deberá realizar el tratamiento adecuado para eliminar el problema.
- Si las uniones están oxidadas, tendrán que ser sustituidas.

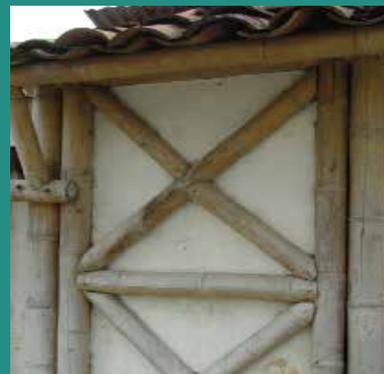
Signos de deterioro del bambú



Rajaduras



Hongos y polillas



Emblanquecimiento



11 Construcciones con bambú en el Perú y la Región Andina

Ejemplos de construcciones con bambú en el Perú

Obras de los Arquitectos Yann Barnet y Faouzi Jabrane
Instituto de Vivienda, Urbanismo y Construcción - USMP



1. Iglesia de la Compañía de Jesús, Pisco - Ica

2. Módulo de Vivienda Social, San Clemente - Ica

Obras en Lima



Restaurante El Camión. Villa El Salvador
Arquitectos Michelle Llona, Fernando Mosquera,
Rafael Zamora

Ampliación de oficinas del Ministerio del
Ambiente, San Isidro
Arquitectos Mauricio González y Lorena Nolte

Obra en la Selva - Satipo



Sala Múltiple de la Universidad Arawak - Arquitecto Mauricio González

Ejemplos de construcciones con bambú en la Región Andina

Obras del Arq. Simón Veléz en Colombia



1. Iglesia sin Religión



2. Pabellón Zeri

Fundación Escuela para la Vida en Cali, Colombia - Arquitecto Andrés Bappler



Obras en Ecuador



Centro de Documentación de Bambú.
Universidad Católica de Guayaquil
Arq. J.Morán Ubida



Museo Amantes de Sumpa, Sta. Elena
Arq. Daniela Loaiza.



Oficinas de Hogar de Cristo, Guayaquil,
Arq. Saul Vera

Bambú:

preguntas frecuentes

¿Cuál es la velocidad de crecimiento de los bambúes?

La velocidad de crecimiento de los bambúes es variable y está en función a la especie de bambú, a las características ambientales, tipos de suelo, etc. En estudios específicos realizados en Ecuador, el crecimiento era de 13.5 cm por día.

¿Cuánto tiempo se requiere para cosechar un bambú como la *Guadua angustifolia*?

El nivel de madurez para su cosecha, donde alcanza su mayor capacidad de resistencia, se estima dependiendo de las condiciones del sitio, alrededor de 4 años, lo que posibilita un rápido aprovechamiento en comparación con los árboles. Además tiene la capacidad de generar nuevos brotes, sin necesidad de volver a sembrar. Por eso se habla de un recurso altamente renovable.

¿Pueden reemplazar los bambúes a la madera?

Así es. No existe estructura u objeto de madera que no pueda ser construido con bambú rollizo o bambú procesado.

¿El bambú es un material altamente inflamable?

El fuego no se propaga fácilmente; la preservación con bórax y ácido bórico contribuye a su protección. Los recubrimientos lo protegen y retardan su combustión, por lo que se recomienda recubrir con mortero las paredes y cielo raso de los ambientes expuestos como la cocina.

¿El bambú se considera un material sismo-resistente?

Por ser liviano, flexible, resistente, por su forma cilíndrica y hueca, el bambú es un material que al ser usado con un buen diseño estructural, contribuye a resistir los sismos y es una solución constructiva idónea en suelo de baja capacidad portante. Se debe aplicar la Norma E.100 Bambú.

¿El bambú es un material durable?

Si se cosecha cuando está maduro, es preservado y secado adecuadamente, se protege de la humedad y de la acción directa del sol y se aplica un mantenimiento apropiado, su durabilidad está garantizada por más de 50 años.

¿Las edificaciones de bambú requieren mayor mantenimiento?

Al igual que toda edificación, se requiere mantenimiento para eliminar el polvo y hongos, así como mantener su textura y color original.

¿Es más barato construir con bambú?

Al igual que todos los materiales, el costo de construcción depende mucho del diseño del proyecto y de su ubicación. En el caso de las viviendas, para las cuales una gran parte del presupuesto se destina a las instalaciones, los acabados y la carpintería, construir con bambú no permite un ahorro muy significativo comparado a la albañilería confinada. Sin embargo, para proyectos que requieren de grandes espacios con techo liviano, el uso del bambú suele ser una opción muy económica.

Glosario

Caña: forma técnica para denominar al tallo de bambú ya cosechado.

Estructura portante: conjunto de columnas, vigas y diagonales de una edificación.

Émbolo: peso que se moviliza para ocasionar un empuje o golpe

Destaje: o también “entalladura”- calado en el extremo de una guadúa para formar una unión con otra u otras guadúas.

Hojas caulinares: hojas temporales que protegen la yema de los bambúes y que se desprenden cuando salen las ramas.

Inocuo: que no es tóxico o no produce daño.

Líquenes: manchas blanquecinas en forma de motas en el culmo de la guadúa. Es indicativo de su madurez, siempre y cuando cubran parcialmente el culmo.

Pandeo: deformación que sufren las columnas por ser delgadas, altas y de reducido diámetro.

Tallo: parte aérea del sistema rizomático del bambú en pie que sostiene a las ramas y hojas.

Tocón: parte inferior del tallo que queda luego de cortar una caña.

Vocabulario de las partes de la caña

