

GUÍA TÉCNICA



CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ

PARA EL MAESTRO
ESPECIALIZADO



Tabla de contenidos

© GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ. Para el maestro especializado. Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR).

Esta publicación cuenta con licencia para su uso bajo la Atribución-No Comercial-CompartirIgual 3.0 España (CC BY-NC-SA 3.0 ES). Para ver esta licencia visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/deed.es>.

Acerca de la Organización Internacional del Bambú y el Ratán

La Organización Internacional del Bambú y el Ratán, INBAR, es un organismo intergubernamental dedicado a la promoción del desarrollo sustentable del bambú y del ratán. Para mayor información, por favor visitar: www.inbar.int.

Acerca del presente documento

Este trabajo es una publicación de INBAR producida como parte del proyecto APOYO A LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE A TRAVÉS DE LA ESCUELA TALLER DE MANABÍ Y EL FORTALECIMIENTO DE LA CADENA PRODUCTIVA DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ, financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID, en conjunto con la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia – CEDIA, en el marco de la Convocatoria del Fondo Concursable 1 a 1.

Se agradece la colaboración de Rafael López, Fabián Moreno, Delia Rodríguez, los estudiantes de la Escuela Taller Construcciones Sostenible con Bambú – ETCSB, al personal de la PUCE sede Manabí, y todas las personas que colaboraron en este proyecto.

Organización Internacional del Bambú y el Ratán

P.O. Box 100102-86, Beijing 100102, China Tel: +86 10 64706161; Fax: +86 10 6470 2166. Email: info@inbar.int.

© 2022 Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR).

1. ¿Qué debemos solicitar antes de comenzar una obra?	5
2. Consideraciones previas respecto al diseño	7
3. Planificación de la obra	9
Localización del terreno	13
Limpieza y preparación del terreno	17
Trazado y replanteo	21
Excavación y cambio de suelo	21
Armado y colocación de hierros	21
Encofrados	21
Instalación de tuberías eléctricas, hidrosanitarias, gas y especiales	21
Fundición	22
Revisiones de la cimentación previas a la utilización del bambú en la obra	22
Fecha de iniciación de la obra	22
Condiciones del proyecto, servicios y logística	24
Revisión del diseño y/o plano	25
Planos completos o bocetos	27
Altura de los pisos	27
Orientación de la casa	28

Afectación directa del sol y lluvia	28
Árboles o vegetación perimetral	
Tipo de techos recomendables	30
Acceso al agua	31

Condiciones del terreno y áreas de trabajo

Definición del personal de acuerdo a las necesidades del proyecto	33
---	----

Plan de obra y presupuesto	35
----------------------------	----

4. Ejecución de la obra

I. Preliminares

Limpieza y preparación del terreno	45
Trazado y replanteo	46

II. Cimentación

Excavación y cambio de suelo	47
Armado y colocación de hierros	48
Encofrados	49
Instalación de tuberías eléctricas, hidrosanitarias, de gas y especiales	53
Fundición	53

III. Armado de la estructura de bambú

Revisión de la cimentación previas a la utilización del bambú	54
Selección de culmos para las secciones de columnas	56
Montaje de columnas	58
Montaje de vigas compuestas: Principales y perimetrales	60
Diagonales	61
Pie de amigo	62
Llenado de canutos de las columnas con mortero	62
Vigas para pisos	64
Paredes	65
Techos	71

IV. Instalación de puertas, ventanas, electricidad, gasfitería y otros servicios	72
--	----

V. Terminaciones y acabados

VI. Chequeo previo a la entrega	74
---------------------------------	----

5. Glosario

Antecedentes

El desarrollo de esta guía contó con el apoyo de la Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR), por sus siglas en inglés; organización de carácter intergubernamental internacional establecida en 1997, con el fin de mejorar la vida de los productores y consumidores de los recursos del bambú y el ratán mediante su manejo sostenible, uso y comercialización. INBAR brinda apoyo a sus 49 estados miembros, en la identificación y empleo innovador del bambú para el desarrollo económico y la preservación de entornos, la biodiversidad y la disminución de los efectos del cambio climático, reducción de la pobreza y el facilitar intercambios más justos y ventajosos para los sectores más vulnerables.

INBAR se encuentra implementando entre sus proyectos el denominado “Apoyo a la Construcción Sostenible a través de la Escuela Taller de Manabí y el Fortalecimiento de la Cadena Productiva de Construcción con Bambú”, que cuenta con el co-financiamiento de la Agencia Española para la Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID), y tiene como objetivo “Contribuir a la construcción sostenible de viviendas e infraestructura social con bambú aportando a la mitigación y adaptación de los efectos del cambio climático y al desarrollo económico local en la provincia de Manabí”. Este proyecto contempla cinco componentes que son: 1) Apoyo a la política de vivienda sostenible, 2) Desarrollo de entorno normativo, 3) Generación de mano de obra formada y especializada a través de la Escuela en Construcción Sostenible con Bambú, 4) Fortalecimiento a la cadena de construcción sostenible y 5) Sensibilización y difusión.

CEDIA es la Red Nacional de Investigación y Educación, creada para estimular, promover y coordinar el desarrollo de las tecnologías de información y las redes de telecomunicaciones e informática, enfocadas al desarrollo científico, tecnológico, innovador y educativo en el Ecuador, por medio del proyecto de redes avanzadas; se convierte en un articulador dentro del ecosistema nacional de investigación e innovación, para potenciar la participación de los distintos actores en la generación de conocimiento, transferencia tecnológica e incubación de nuevas empresas y proyectos.

CEDIA a través del programa para la promoción de la vinculación Universidad - Empresa, apoya la externalización del proceso de Investigación, desarrollo e innovación "I+D+i" empresarial para el desarrollo de productos concretos en las instituciones de educación superior. El programa fue aperturado el 1 de septiembre del 2020 y consiste en gestionar y participar en el fondeo de I+D+i empresarial, de cuyo desarrollo sea encargado a la UNIVERSIDAD con el proyecto "Arquitectura Sostenibles Postterremoto – Manabí", beneficiario privado la EP Portovivienda y por parte de CEDIA e INBAR como cofinancistas del desarrollo.

En el marco de este programa se desarrolla el siguiente documento, que se retroalimenta de lecciones aprendidas y experiencias en el campo práctico de la construcción con bambú de maestros especializados, arquitectos e ingenieros miembros de la Mesa Sectorial del Bambú del Ecuador dedicados por varios años en este tipo de construcciones.

Introducción

El uso del bambú destinado a la construcción en Ecuador tiene 10.000 años de historia, de acuerdo a los hallazgos arqueológicos de la cultura Las Vegas en la provincia de Santa Elena. En el país durante los últimos 30 años se han realizado construcciones con bambú aplicando técnicas constructivas que incorporan cortes con sierras, utilización de pernos, rellenos de morteros, triangulación en los diseños, entre otras técnicas. Este desarrollo constructivo requiere mano de obra especializada, cuya formación ha sido relativamente lenta y se ha dado mayoritariamente por el paso de conocimientos y técnicas de maestros especializados con mayor experiencia hacia sus familiares o equipos de trabajo.

El terremoto del 16 de abril de 2016 pone en evidencia que las construcciones con bambú son sismo resistentes y facilitó la incorporación del bambú en la Norma Ecuatoriana de la Construcción como un material constructivo, incluido en la NEC-SE-GaK. A partir de entonces, entre varias acciones de promoción del bambú en la construcción, se incluye la promulgación de ordenanzas cantonales entre 2018 y 2021, en Santa Ana, Portoviejo y El Carmen, todos en la provincia de Manabí. Estos instrumentos promueven e incentivan las construcciones con bambú en sus territorios a través de exoneraciones tributarias. Por otro lado, en 2020 el MIDUVI elabora la "Agenda de Hábitat sostenible del Ecuador 2020 – 2036" y en 2022 lanza el programa de vivienda "Creamos Vivienda" que incorpora al bambú en las tipologías de vivienda social para la Costa y la Amazonía del Ecuador.

Para dar una respuesta a la creciente demanda de mano de obra especializada para las construcciones con bambú, en 2020 INBAR implementa la Escuela Taller Construcciones Sostenibles con bambú – ETCSB. Esta iniciativa atiende a dos públicos objetivos: los maestros constructores con más de 10 años de experiencia en construcciones con bambú y personas con poco o ningún conocimiento en este tipo de trabajo. Para el primer grupo se estableció un proceso de actualización y especialización de conocimientos que duró tres meses. Con el segundo grupo se implementó un proceso formativo teórico práctico con una duración de cerca de un año. La malla curricular desarrollada fue aprobada por el Ministerio de Trabajo, permitiendo la inclusión del oficio "Carpintería y montaje

de estructuras con bambú” en el catálogo nacional de perfiles ocupacionales de Ecuador, que habilita la obtención de una certificación por competencias laborales a quienes aprueban la evaluación correspondiente.

Para complementar los procesos de formación y considerando la información disponible, se identifica la importancia de contar con una guía, que explique de manera didáctica las diferentes etapas de la construcción con bambú estando en el sitio de la obra. El presente documento pretende contribuir a los maestros especializados en construcciones con bambú a tomar decisiones de manera oportuna y con mayor grado de certeza.

1



¿Qué debemos solicitar
antes de comenzar una obra?



En Ecuador un gran número de construcciones con bambú se construyen ilegalmente. Con el fin de ir posicionando las construcciones con bambú conformadas de manera correcta y que cuenten con todos los soportes técnicos es necesario que los maestros especializados procuren que sus construcciones:

- ✓ Cuenten con plano arquitectónico, plano estructural, planos eléctricos, planos hidrosanitarios y estudios de suelo si el proyecto lo requiere.
- ✓ Sean construidas con todos los permisos de construcción.
- ✓ Solicitar la certificación del bambú preservado que se adquiere. De no contar con una certificación proceder a realizar la prueba de cúrcuma en una muestra del 10% del bambú que se va a utilizar.





Consideraciones previas *respecto al diseño*



El maestro especializado debe analizar el diseño y verificar si este asegura la protección del material frente a la acción de la humedad y de la luz solar directa, en particular de aquellas piezas asignadas para uso estructural.

No olvidar las siguientes recomendaciones:

- a) Elevar la base de la estructura por encima de las cimentaciones con una pared corta de mampostería para protegerlo de la humedad o inundaciones.
- b) Utilizar una membrana resistente a la humedad para separar al bambú o madera del muro o soporte de concreto.
- c) Tener una cubierta resistente y con aleros generosos que sobresalgan lo suficiente para proteger de la luz solar directa y de la lluvia con viento.
- d) Proteger el bambú con bahareque encementado del exterior, cubriendo la parte interna del bambú (tripa).
- e) Nunca sumergir el bambú dentro del concreto.
- f) En lugares húmedos como las cocinas, lavanderías y los baños, es preferible usar bloques, planchas de ferrocemento, o bahareque con mortero adicionado productos impermeabilizantes, que eviten el paso de la humedad a la esterilla de las paredes.

El tipo de diseño de una vivienda nos permite tomar decisiones respecto a que partes pueden ser prefabricadas, lo que representa ahorro de tiempo y de esfuerzo principalmente en logística. Así, un diseño que permita la prefabricación nos puede representar las siguientes ventajas:

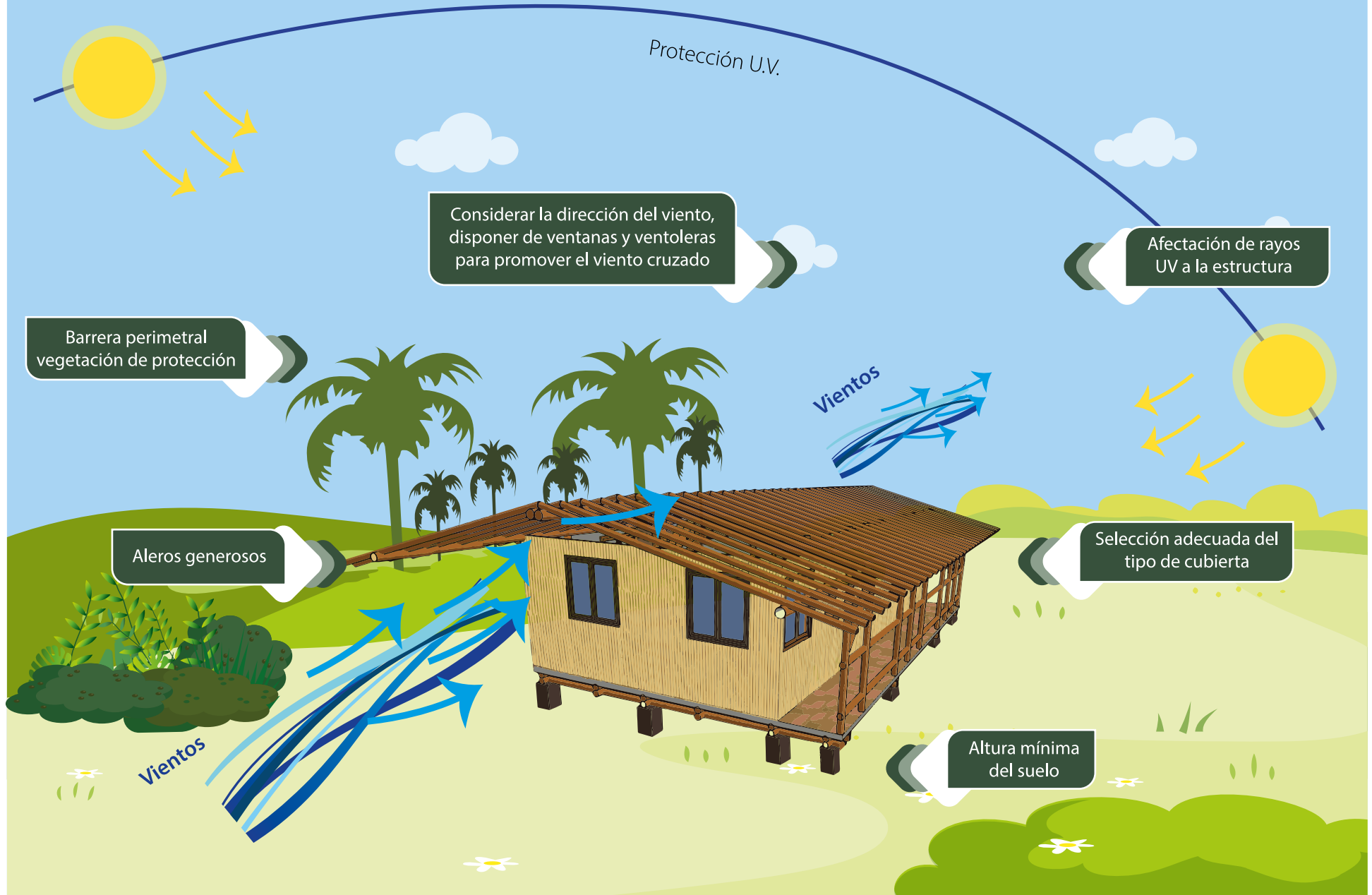
- a) Montar un taller de prefabricación en lugares que presten las condiciones favorables como energía eléctrica, disponibilidad de bambú, facilidades para trabajar, cercanía a la residencia de los trabajadores.
- b) Organizar mejor la materia prima preservada logrando al final tener menos desperdicios.
- c) Disminuir costos de alimentación, hospedaje del personal, al pasar menor tiempo en el sitio de la obra.
- d) Disminuir riesgos laborales, por tener mejores condiciones para la construcción.
- e) Disminuir la cantidad de mano de obra especializada, ya que todo se arma a partir de moldes.



Planificación
de la obra



Posición y orientación de la casa en el terreno



Localización del terreno

- ✓ Provincia, cantón, parroquia, sector.

Se debe hacer un análisis con vistas a establecer la disponibilidad y la logística del personal.

La localización del terreno influye también en el costo de la obra y el tipo de logística que se va a implementar, por ejemplo: Hay provincias que no dispone de bambú preservado cercano, saber a detalle la localidad nos dará información de la disponibilidad y calidad de energía eléctrica y agua para la obra, esta información ayuda a la planificación (hay que redactar ideas y plantear tips en logísticas, para ser más eficientes frente a estas dificultades que presenta la localidad).

Fecha de iniciación de la obra

Dependiendo del clima de cada lugar, se deben considerar condiciones de lluvia, neblinas, heladas o sol extremo; pues sobre todo en temporada de lluvia, los costos aumentan.

En épocas de mucho sol es recomendable proveerse de sarán para reducir la incidencia del sol en el bambú y mejorar las condiciones de trabajo del equipo de maestros.

En época lluviosa hay que planificar el trabajo para ubicar el techo lo más pronto posible o en su defecto hacer una cubierta provisional de plástico.

Condiciones del proyecto, servicios y logística

En función de la localización del proyecto, se debe considerar los siguientes aspectos:

- Comuna o municipio:

Reglamentos de construcción propios.

- Zonas urbanas:

Acceso a servicios básicos.
Horarios de trabajo y acceso.

- Zonas rurales:

- Acceso al agua: Pozo, tanquero u otros.
- Cobertura telefónica – operadora celular.
- Electricidad pública / solar / generador, definir necesidades y potencia.
- Acceso, carretera en buen estado o camino veranero.

- Abastecimiento:

- Centros de preservado.
- Ferreterías.
- Tiendas y otros servicios.

- Salud ocupacional:

- Centros de salud.
- Médico cercano.
- Cuerpo de bomberos.
- Policía.

Revisión del diseño o plano

1. Planos completos o bocetos

- ✓ Verificar a qué nivel de detalle está la información.
- PUNTOS PRINCIPALES
- ✓ Correcta posición, medidas y distancias de columnas y vigas de bambú.
 - ✓ Tipos de uniones y ensambles bien descritos.
 - ✓ Correcta posición de conexiones eléctricas e hidrosanitarias.
 - ✓ Longitud adecuada de los aleros.

2. Verificar la altura de los pisos

- ✓ En caso de ser vigas de bambú o madera, la altura mínima desde el suelo de 0.50 m, dependiendo de las condiciones climáticas y de humedad del lugar.



Foto 1. Separación del piso.

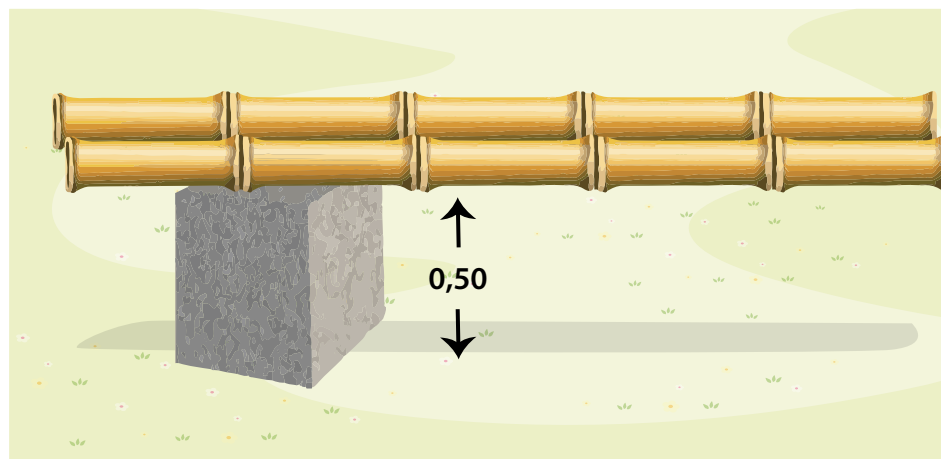


Ilustración 1. Elevación mínima sobre el suelo.

3. Orientación de la casa en el terreno para aprovechar flujos de viento

La correcta ubicación de la vivienda permite diseños en los que haya ventilación cruzada, de forma que la temperatura interior se optimice, disminuyendo o descartando el uso de artefactos de ventilación o enfriamiento artificial.

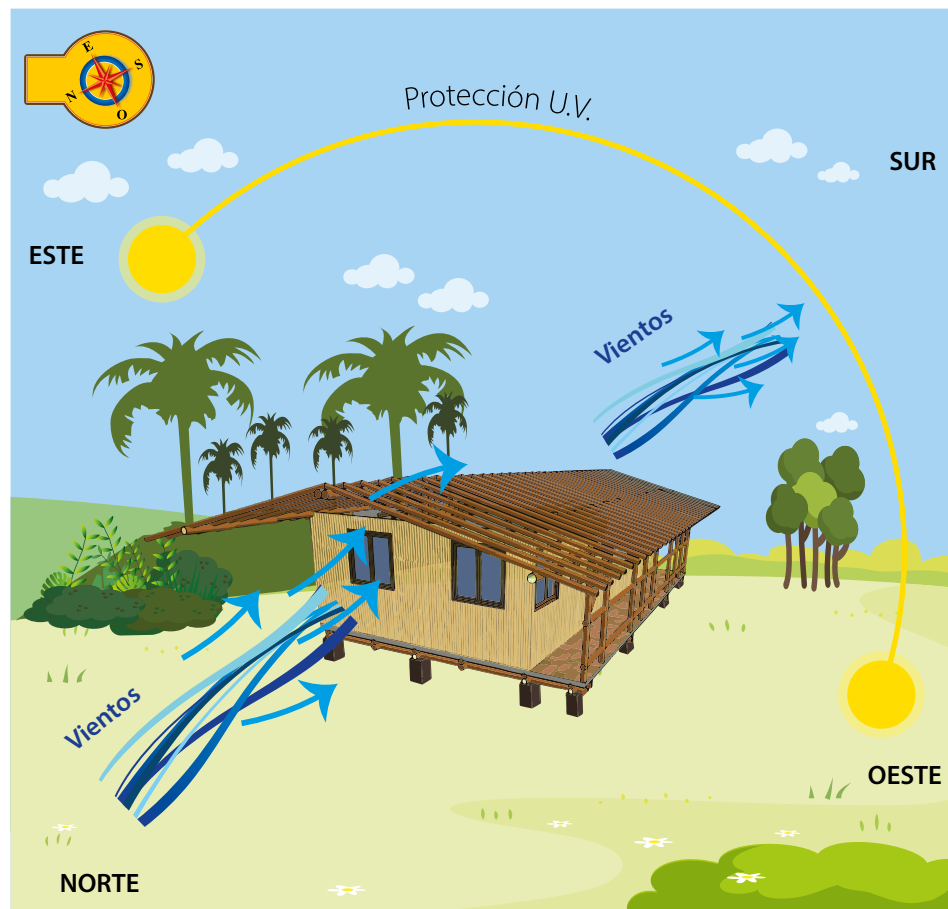


Ilustración 2. Orientación de la casa.

4. Afectación directa del sol y lluvia a los materiales

El maestro especializado debe analizar el diseño y verificar si asegura la protección del material frente a la acción de la humedad y de la luz solar directa, en particular de aquellas piezas asignadas

para uso estructural. En caso que no sea así, sugerir los correctivos que pueden ser de varios tipos, por ejemplo:

- ✓ Mejora del plano arquitectónico, aplicando protección por diseño.
- ✓ Sustitución de materiales en caso necesario.
- ✓ Colocación de cortinas vegetales, como paredes de maracuyá, cerco perimetral de guineos o plátanos, etc.

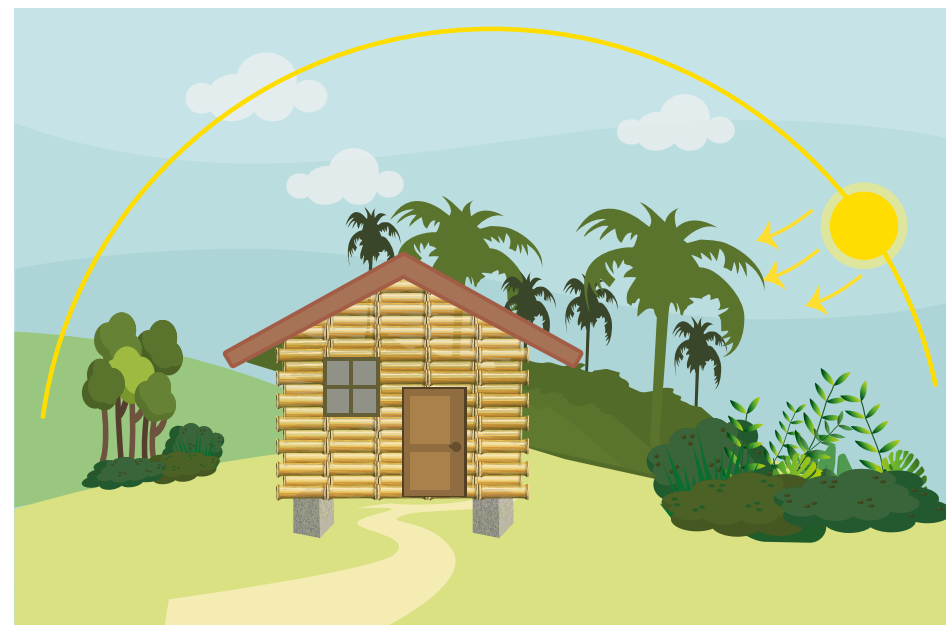


Ilustración 3. Vegetación aliada.

5. Árboles o vegetación perimetral

La vegetación absorbe la radiación solar y sombrea el suelo, contribuyendo a bajar la temperatura de la superficie. Al mismo tiempo refresca el aire circundante, funcionando como filtro y bajando varios grados de temperatura.

Se debe considerar el crecimiento futuro, para así evitar daños a la estructura por caída de ramas, o engrosamiento de raíces. Si son árboles de nueva plantación se debe escoger la especie más adecuada en función de su forma de crecimiento.

6. Tipo de techos recomendables

Dependiendo de las características del terreno y diseño de la casa, se debe seleccionar el techo que vaya a funcionar mejor para el proyecto.

- a. **Paja toquilla:** la mejor elección en techos vegetales, poco mantenimiento, alta frescura, no produce ruido bajo la lluvia.

Por otro lado, no es 100% aislante y permite el ingreso de pequeños insectos. Se debe tener en cuenta que si tenemos un árbol grande cerca, que deje caer muchas hojas sobre el techo, estas pueden provocar estancamiento y pudrirse en estas zonas.

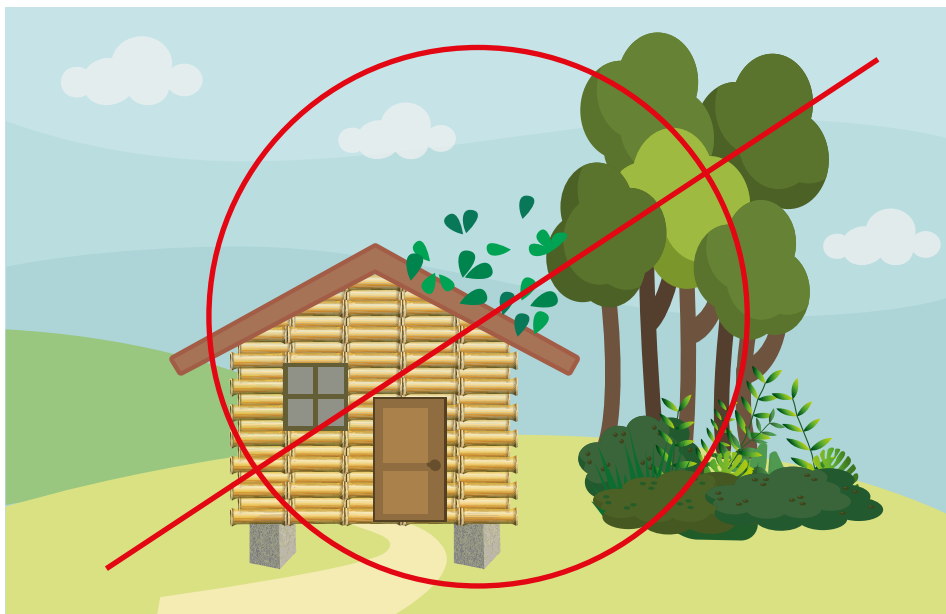


Ilustración 4. Árboles grandes junto a techos vegetales.

- b. **Cade:** Ideal para espacios secundarios o efímeros que se necesite crear sombra, por ejemplo las viseras. Mantenimiento o cambio a corto plazo.
- c. **Techos metálicos:** Opción económica y rápida de instalar. Como aspectos negativos tenemos el ruido en las lluvias, es caluroso si no tienen un cielo raso aislante y es de fácil corrosión.
- d. **Techos de PVC:** Opción rápida de instalar, poco ruido al llover y genera poco calor. Es una opción costosa.

- e. **Chova:** La opción ideal para formas irregulares y sellado de áreas hacia el interior. Requiere una estructura reforzada y genera mucho calor al interior de la vivienda.

- f. **Tetrapak reciclado (cubiertas de poli aluminio):** Reúne muchas características favorables. Es fácil de instalar, termoacústico, ecológico y tiene un precio medio. Como aspecto negativo, es que no tiene una terminación pulida y lisa.

- g. **Teja de barro:** Excelente apariencia exterior y termoacústica. Costo elevado del material. Requiere una estructura reforzada.

7. Acceso al agua potable

- ✓ Si el lugar cuenta con agua potable pero el abastecimiento no es continuo:
 - a) Se sugiere construir una cisterna o comprar tanques para almacenamiento de agua.
 - b) Considerar el uso de inodoros con compartimentos de agua según sea el caso.
 - c) Considerar el uso de llaves de agua temporizadas (tipo baños públicos).
- ✓ Si el lugar no cuenta con agua potable y además hay poca agua en el sector se deben analizar los sistemas de agua y saneamiento.
- ✓ Se recomienda el uso de baños secos.

Condiciones del terreno y áreas de trabajo

Con una buena planificación y coordinación, se puede trabajar en el mismo espacio en diferentes tiempos, no es necesario tener un área exclusiva para cada tarea.

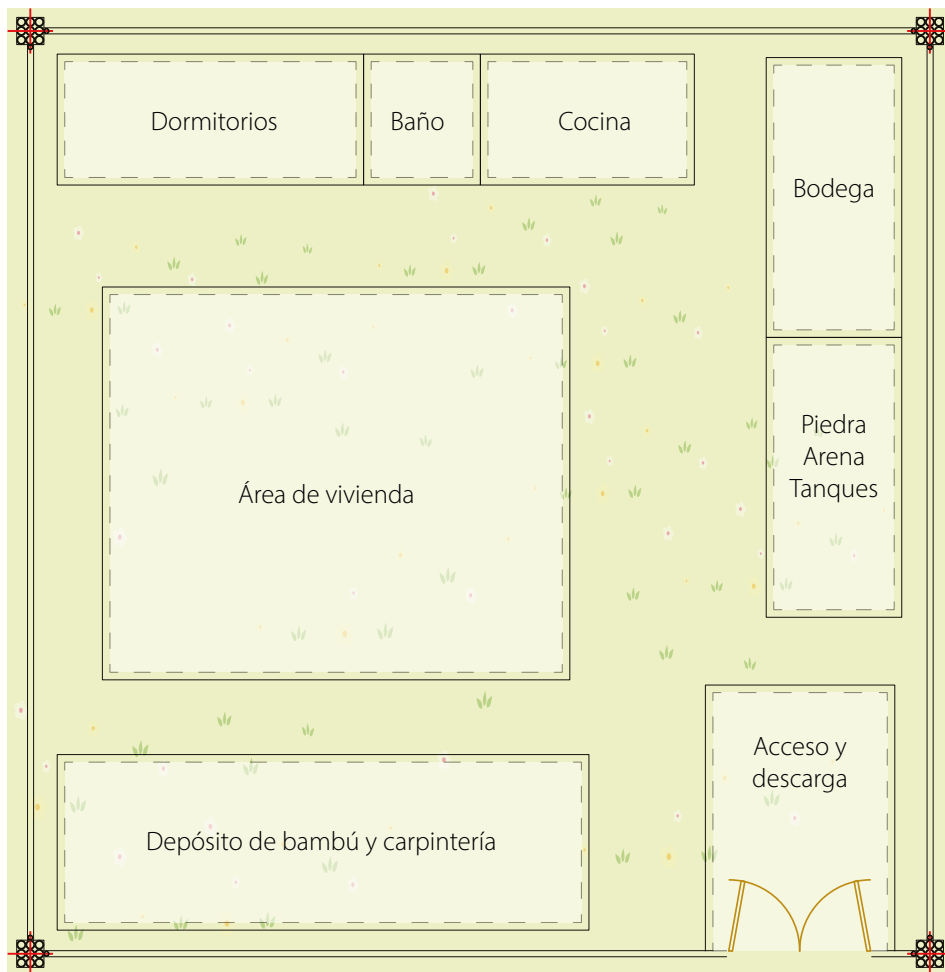


Ilustración 5. Campamento.

- ✓ Campamento, área para dormir, cocina y baños.
- ✓ Bodega de materiales y herramientas menores.
- ✓ Área de acceso y descarga de materiales.
- ✓ Área de depósito de materiales de cimentación (piedra bola, piedra chispa, arena y tanques de agua).
- ✓ Área de herramientas mayores (concretera, generador, etc.).
- ✓ Área de depósito de materiales secos (madera, bambú, cemento, cal, etc.).
- ✓ Área de trabajo para construcción seca o carpintería .
- ✓ Área de trazado y replanteo reservado para la construcción.

Se debe valorar lo que se pueda prefabricar en taller y represente un ahorro de tiempo, dinero y riesgos de trabajo, para tener mejores condiciones para la construcción.



Foto 2. Columna y cercha prefabricada, paneles prefabricados.

Definición del personal de acuerdo a las necesidades del proyecto:

- ✓ Proporción de hormigón, mampostería de bloques o ladrillo y materiales similares que requieran albañilería.
- ✓ Proporción de carpintería en bambú y/o madera.
- ✓ Cantidad de maestros.
- ✓ Cantidad de ayudantes.
- ✓ Cantidad de oficiales.

Plan de obra y presupuesto

Modelo de lista de materiales

PRELIMINARES			
Cantidad	Descripción	V. Unitario	Total
	Estacas de madera		
	Tiras de madera		
	Lb de cal		
	Rollo de piola		
	Libras de clavos de 2 1/2"		
	Botellón de agua		
CIMENTACIÓN			
Cantidad	Descripción	V. Unitario	Total
	Sacos de cemento		
	Piedra bola / m		
	Piedra chispa / m		
	Arena gruesa / m		
	Tablas de encofrado		
	Cuartones para encofrado		
	Tiras de madera para encofrado		
	Clavos de 2 1/2 lb		
	Agua para el hormigón		
	Alambre de amarre / lb		
	Repuestos de arco sierra		
	Discos de corte para amoladora de 4 1/2"		
	Varillas corrugadas de 12 mm		
	Varillas corrugadas de 10 mm		
	Varillas corrugadas de 8 mm		
	Estribos de 20 x 20 cm, en 10 mm		
	Mallas electrosoldadas		
	Botellones de agua		
	Pares de guantes		
	Gafas de protección		
	Broca de 12 mm para madera		
	Broca de 10 mm para madera		
	Fletes		
ESTRUCTURA DE BAMBÚ			
Cantidad	Descripción	V. Unitario	Total
	Cañas de andamio		
	Sogas para amarrar andamios		
	Bambú rollizo para columnas P. B.		
	Bambú rollizo para vigas principales P. B.		
	Bambú rollizo para vigas de piso		
	Bambú rollizo para columnas		
	Bambú rollizo para columnas P. A.		
	Bambú rollizo para vigas principales P. A.		
	Bambú rollizo para estructura de techo		
	Bambú rollizo para vigas simples de techo		
	Caña picada para paredes		
	Caña picada para cielo raso		
	Varilla roscada de 3/8		
	Tuercas de 3/8		
	Arandelas de 3/8		
	Tornillos de 2"		
	Punta de estrella #2 para taladro		
	Sierra de copa de 1 1/4"		

ESTRUCTURA DE BAMBÚ			
Cantidad	Descripción	V. Unitario	Total
	Viruta de metal #8		
	Repuesto de caladora # 111		
	Fletes		
	Cemento mezcla para rellenar canutos		
	Arena para mezcla para rellenar canutos		
	Botellones de agua		
	Gas para hacer ganchos de varillas		
	Repuestos de arco sierra		
	Piedra de afilar		
TECHOS			
Cantidad	Descripción	V. Unitario	Total
	Pernos autopercutor (si fuera techo industrial)		
	Cantidad de planchas y medidas		
	Cumbreros		
	Piola de amarre (si fuera cade)		
	Cantidad de ramas / bultos		
	Fletes		
TERMINACIONES Y ACABADOS			
Cantidad	Descripción	V. Unitario	Total
	Galones de barniz, lacas, selladores o aceites		
	Disolvente		
	Lijas		
	Guantes		
	Guaype		
	Masilla		
	Goma		
	Brochas o pistola para compresor		

Plan de trabajo

Plan de trabajo	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		Mes 5			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.- Limpieza y preparación del terreno												
2.- Trazado y replanteo												
3.- Excavación y cambio de suelo												
4.- Armado y colocación de hierros												
5.- Encofrados												
6.- Instalación de tuberías eléctricas, hidrosanitarias, gas, especiales.												
7.- Fundición												
8.- Revisiones de la cimentación previas a la utilización del bambú en la obra.												
9.- Armado de la estructura de bambú												
9.1 - Búsqueda y selección de culmos para las secciones de columnas con los siguientes criterio.												
9.2 - Montaje de columnas												
9.3 - Montaje de vigas compuestas / principales / perimetrales												
9.4 - Diagonales												
9.5.- Pie de amigo												
9.6.- Llenado de canutos de las columnas con mortero												
9.7.- Vigas para pisos												
9.8.- Paredes												
9.9.- Techos												
10.- Instalación de puertas, ventanas, electricidad, gasfitería y otros servicios.												
11.- Terminaciones y acabados.												



Ejecución
de la obra



Preliminares

Limpieza y preparación del terreno

Se realiza el desbroce y/o limpieza del área del terreno a utilizar en el desarrollo de la obra. Dependiendo de las dimensiones y facilidad de acceso se puede realizar de varias maneras:

- Limpieza manual, con machetes, rastrillos y carretillas.
- Limpieza con maquinaria:
 - Motoguadaña para áreas pequeñas o medianas y con presencia de árboles.
 - Retroexcavadora para extensiones más grandes y sin presencia de árboles, por ejemplo, los potreros.



Foto 3. Área de trabajo.

Trazado y replanteo

LISTA DE MATERIALES

- Cuartones y tiras de madera
- Clavos de 2.5" para madera
- Piola de construcción
- Machete
- Combo pequeño
- Escuadra
- Flexómetro
- Lápiz
- Manguera de nivel

1. Tomamos el punto más alto del terreno donde irá ubicada una columna esquinera descrita en el plano.



Foto 4. Estaca de trazado.

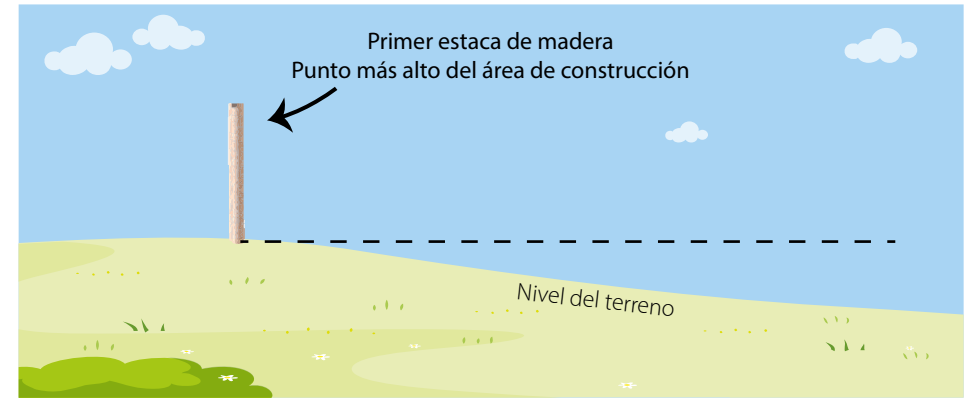


Ilustración 6. Punto más alto.

2. Armamos el caballete, alejándonos lo suficiente hacia afuera del área de excavación de la zapata.



Foto 5. Armado de caballetes.

3. Medimos la distancia hasta la posición de otra columna esquinera más lejana.
4. Armamos otro caballete, alejándonos lo suficiente hacia afuera del área de excavación de la zapata.

Es importante seleccionar bien las maderas para los caballetes en el caso de terrenos con pendiente, así las piezas largas los usaremos para las columnas altas, esto nos ayudará a tomar bien los niveles con la manguera.

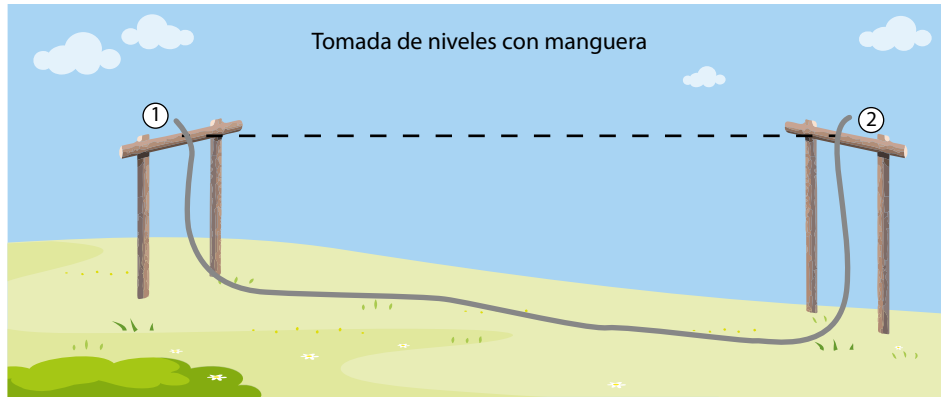


Ilustración 7. Tomada de niveles.

5. Para continuar ubicando la posición de las columnas laterales, es importante encontrar el ángulo de partida que generalmente es de 90° .
6. Para obtener el ángulo de 90° y marcar los siguientes elementos, nos valemos de 2 formas:
 - a) Se utiliza una escuadra grande con mucha precisión.
 - b) Trazado de triángulo 3, 4 y 5:
 - Desde el punto de inicio 1, medimos 4 metros hasta el punto 2.
 - Luego desde el punto 1 de manera perpendicular o lateral al movimiento anterior, medimos 3 metros, hasta el punto 3.
 - La distancia entre el punto 2 y el punto 3 debe medir 5 metros, obteniendo en el punto 1 el ángulo de 90° .

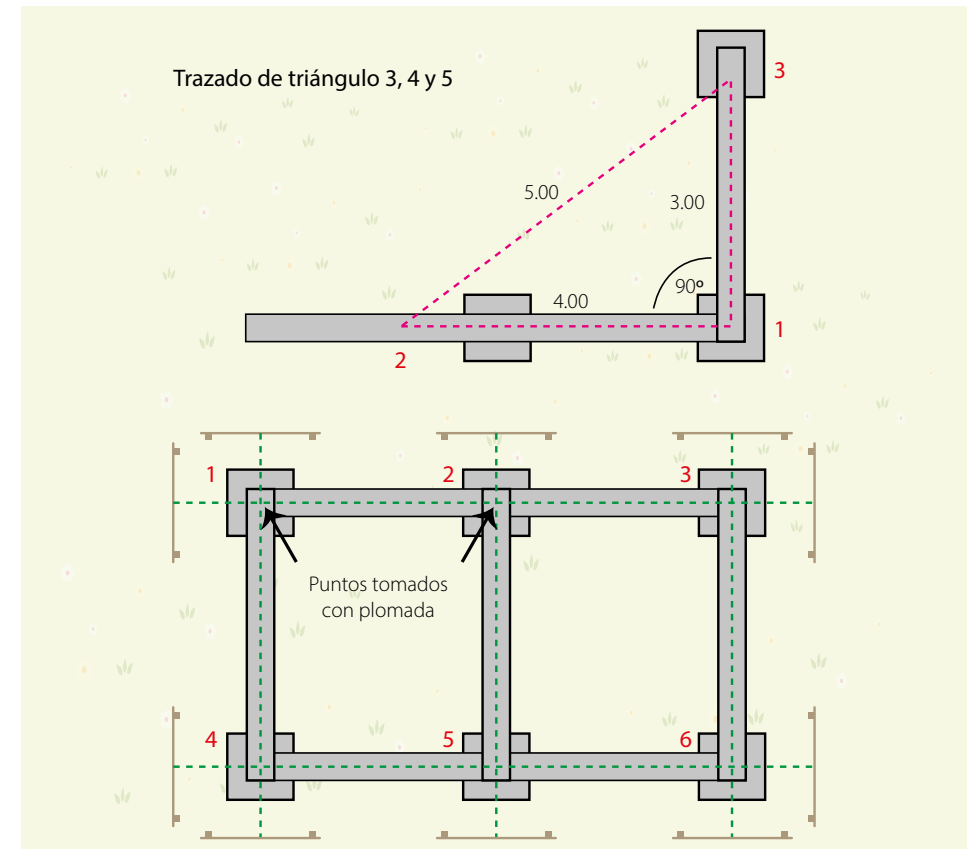


Ilustración 8. Trazado triángulo.

7. Una vez obtenido este ángulo, procedemos a tensar la cuerda entre los caballetes obteniendo la dirección de las columnas.

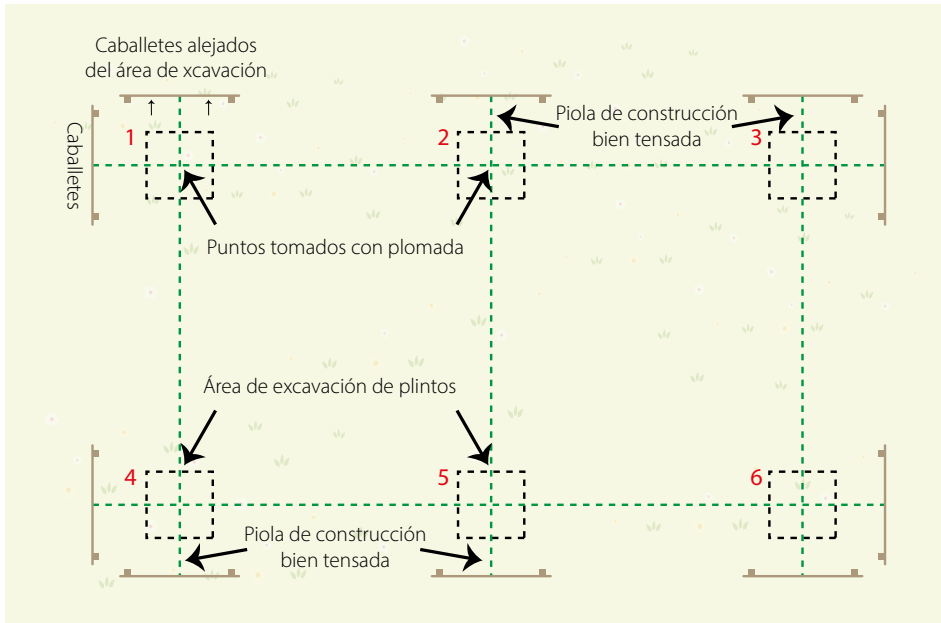


Ilustración 9. Trazado y replanteo.

8. Tensamos la piola entre 2 caballetes en dirección perpendicular a la primera. La intersección de ambas piolas es el punto o eje de la primera columna.
9. Los siguientes puntos de cada columna los obtendremos midiendo con el flexómetro o cinta y marcando cada uno de ellos, tradicionalmente se marca insertando un clavo en la piola, desde el cual se extenderá la plomada hasta el piso.



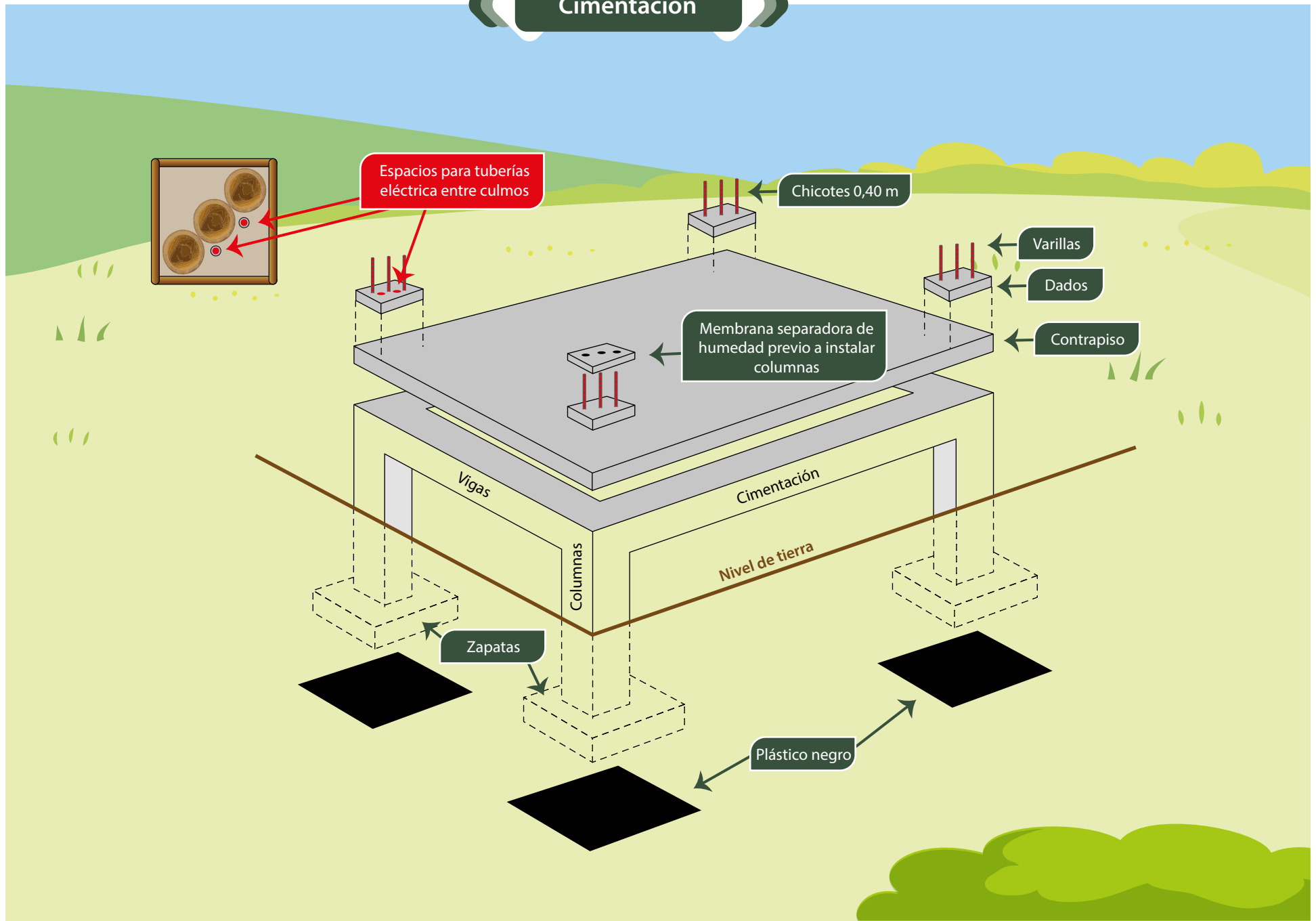
Foto 6. Plomada en replanteo.

10. Marcar con cal el punto exacto de la columna en la tierra, las zapatas, riostras y toda el área de excavación que el plano describa.



Foto 7. Trazado con cal.

Cimentación



Cimentación

Excavación y cambio de suelo



Foto 8. Cambio de suelo.



Foto 9. Excavación.

Los planos estructurales nos van a proporcionar la información precisa de la profundidad y ancho de los cimientos para las columnas y las zapatas, hasta llegar a una capa firme que presente una capacidad portante suficiente para soportar el peso de la estructura.

Cualquier otro elemento estructural o necesidad de cambio de suelo, debería estar detallado en los planos.

Armado y colocación de hierros

- ✔ Previo a la colocación de piedra bola y hierros, se puede colocar una capa de plástico negro de polietileno, para evitar la humedad ascendente a los cimientos y por ende a la estructura de bambú.
- ✔ Es importante seguir las instrucciones del plano estructural y revisar que los chicotes que vamos a necesitar para anclar las columnas de bambú se encuentren bien ubicadas y que tengan el largo adecuado 0.40 metros, de esta manera traspasan del primer canuto al segundo.

Normalmente deben situarse a 0.12 m de distancia cada una para evitar conflictos de espacio al momento de introducir las varillas en los culmos.



Foto 10. Armado de hierros.

Encofrados

- ✔ Es recomendable usar madera en buen estado o plywood para obtener una buena apariencia exterior del hormigón.
- ✔ Revisar que ninguno de los hierros queden muy juntos al encofrado, para evitar que el hierro este expuesto y se convierta en una vía de entrada para el óxido.

Este es un trabajo que puede realizarse de manera paralela a la excavación, reduciendo los tiempos y costos de obra en el caso de pagar guardianía.



Foto 11. Armado de hierros.

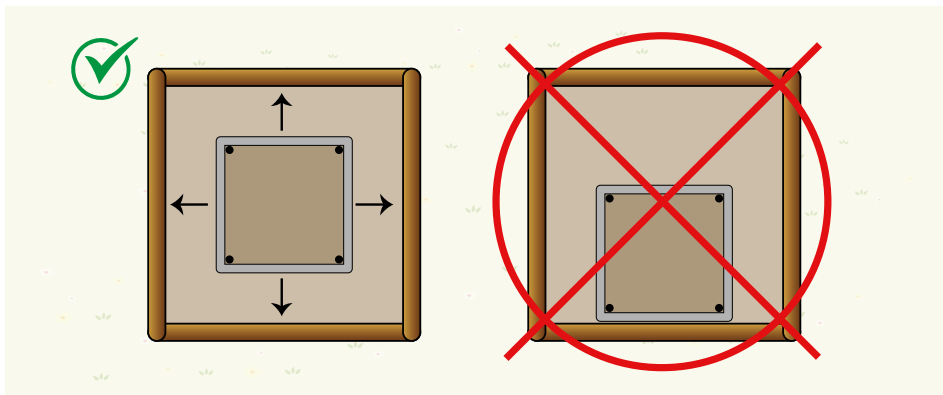


Ilustración 10. Hierro no toca el encofrado.

Instalación de tuberías eléctricas, hidrosanitarias, gas y especiales

El maestro especializado deberá coordinar con los instaladores de estos servicios para que sus componentes no tengan conflicto con los culmos de la estructura. Deben quedar ocultos entre los grupos de bambúes que forman las columnas, buscando el mejor resultado estético.



Foto 12. Instalación de tuberías en cimentación.

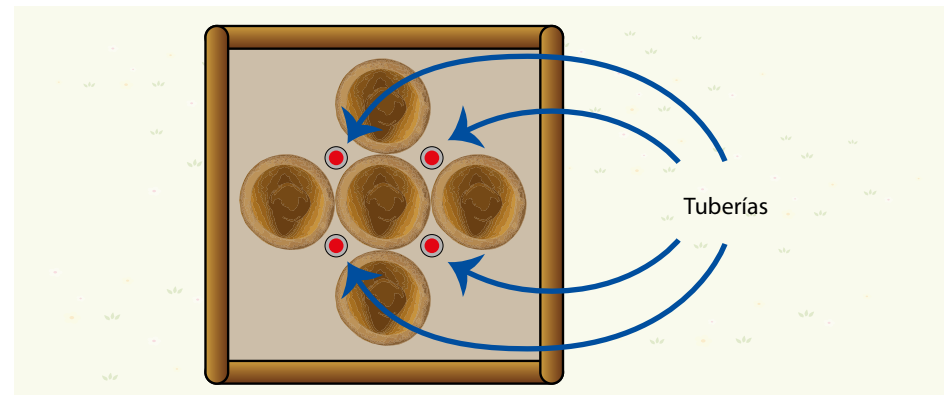


Ilustración 11. Ubicación de tuberías entre culmos.

Fundición

Se recomienda utilizar concretera y parihuelas en lugar de mezclar a mano con palas.

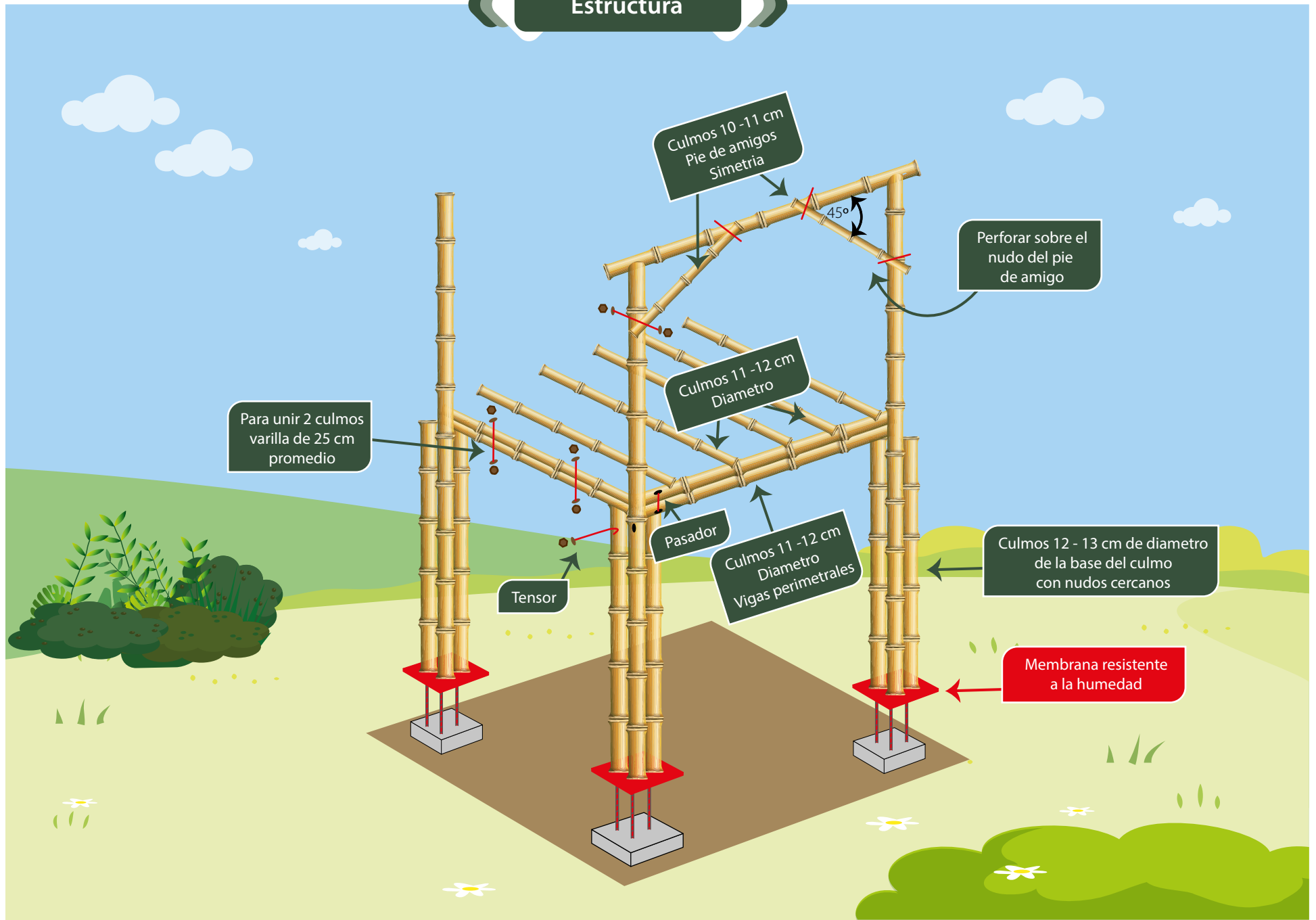
La concretera nos proporciona una mezcla más homogénea y a su vez puede cumplir a detalle con el tipo de hormigón especificado en los planos.

Un plastificante también nos ayuda a obtener una mejor calidad de mezcla de hormigón.



Foto 13. Mezcla de hormigón.

Estructura



Armado de la estructura de bambú

1. Revisión de la cimentación previa a la utilización del bambú en la obra

- ✓ Verificar medidas de cimentación, contrapiso y niveles.

Cualquier error en esta parte de la obra, afectaría a la estructura de bambú, sobre todo cuando se trabaja en paralelo y con diferentes equipos.
- ✓ Verificar que las bases de hormigón o sobrecimientos que van a recibir a todos los culmos de las columnas de bambú se encuentren a 0.20 metros por encima de la altura del piso.
- ✓ Disponer de una membrana resistente a la humedad para separar al bambú o madera del muro o sobrecimiento o en su defecto una plancha de acero.
- ✓ Verificar que el ancho de los muros perimetrales coincida con el diámetro de los culmos de las columnas que soportan las paredes, en este caso 0.13 metros.
- ✓ Verificar el área de depósito y carpintería de materiales secos (madera, bambú, etc.).
- ✓ Solicitar la certificación del bambú preservado que se adquiere, de no contar con una certificación proceder a realizar la prueba de cúrcuma en una muestra del 10% del bambú que se va a utilizar.

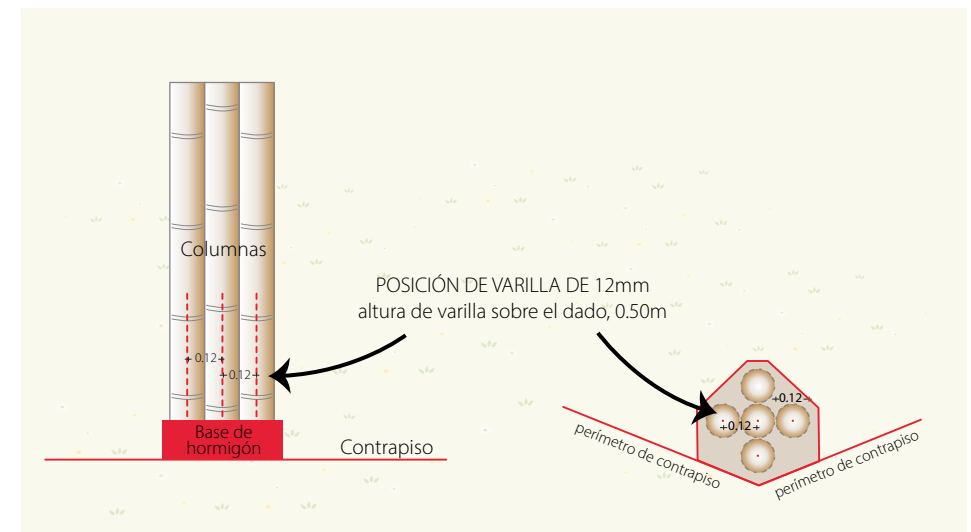


Ilustración 12. Posición de varillas.

2. Selección de culmos para las secciones de columnas con los siguientes criterios:



Foto 14. Selección de culmos.

- ✓ Diámetro de entre 12-13 cm.
- ✓ Deben ser de la base o sección inferior del culmo, donde sus paredes son más gruesas y los nudos más cercanos, proporcionando mayor fortaleza de la pieza.



Ilustración 13. Base o sección inferior del culmo para columna.

- ✓ Los canutos no deben presentar rajaduras o grietas.
- ✓ Proceder al corte recto con un excedente, dependiendo que tipo de unión o empalme vamos a tener en su extremo:
 - Boca de pescado, excedente de 8 a 9 cm del nudo.

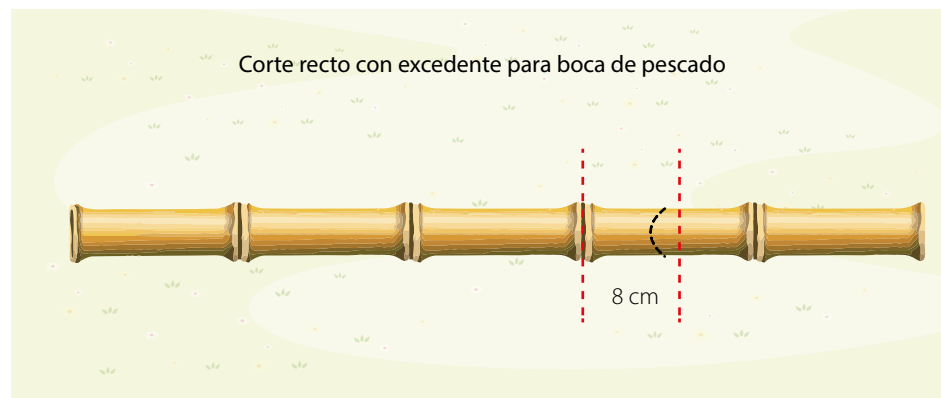


Ilustración 14. Corte con excedente para boca de pez.

- Pico de flauta a 45°, excedente a 15 cm del nudo (se calcula el diámetro del culmo, más 3 a 4 cm de espacio al nudo).

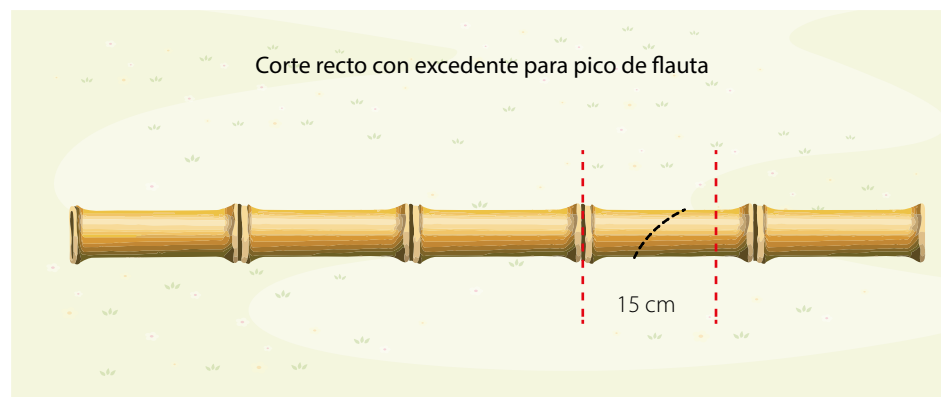


Ilustración 15. Corte con excedente para pico de flauta.

- ✓ Considerar el uso de una maestra que funcione como un negativo para realizar las bocas de pescado.

3. Montaje de columnas

- ✓ Instalar la placa o membrana resistente a la humedad.

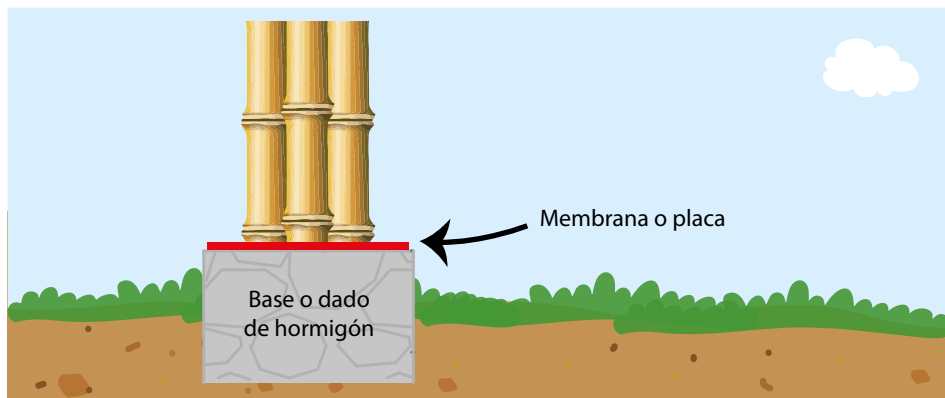


Ilustración 16. Membrana o placa.

- ✓ Previo a montar los culmos, romper los primeros 2 nudos de la sección que será apoyada en el piso.
- ✓ En el caso de casas de 2 pisos lo ideal es empezar por el culmo guía.

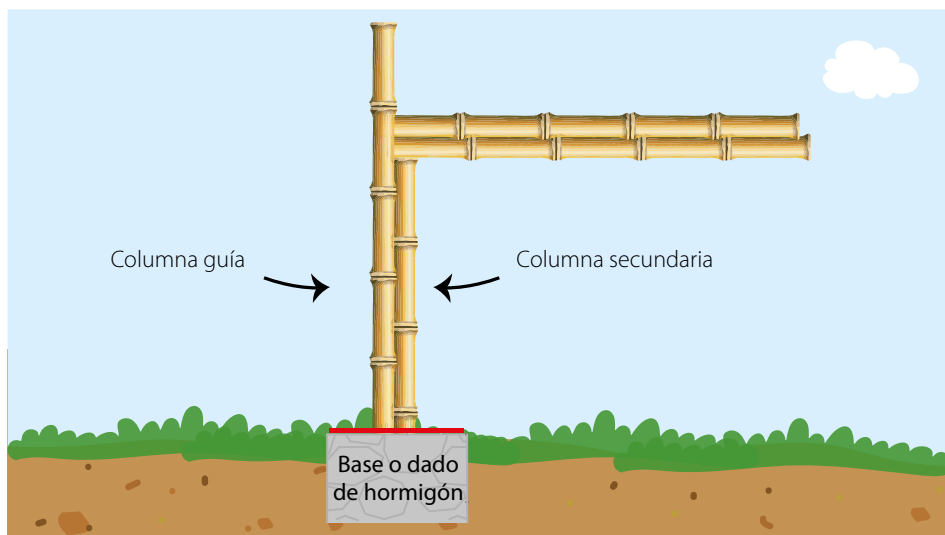


Ilustración 17. Columna guía y columna secundaria.

La longitud de este, se proyecta hasta el segundo nivel, luego se van instalando los más pequeños, que generalmente en la parte superior terminan en boca de pez y que sirven de soporte de las vigas compuestas del primer nivel.

- ✓ Insertamos en la tierra una estaca, aproximadamente a 2 metros de la base de la columna.
- ✓ Tomamos una tabla y fijamos con un tornillo un extremo de la misma al culmo en posición diagonal, cercana a 45°.

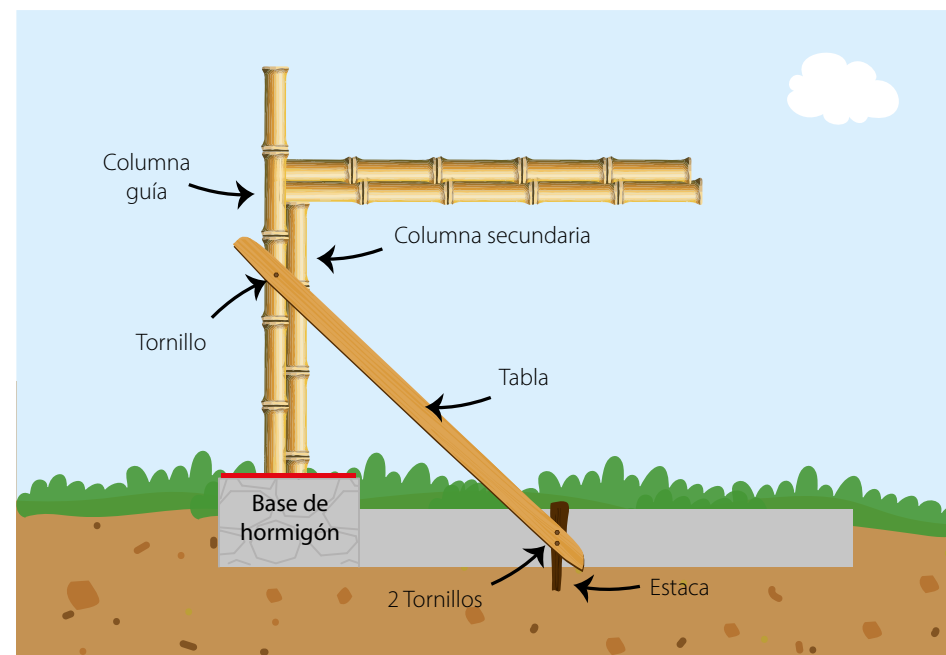


Ilustración 18. Plomeada y asegurada de columna.

- ✓ Alejados por los menos 3 metros colocamos la plomada y verificamos que quede 0°, sin inclinación alguna.
- ✓ Una vez plomeada la columna, fijamos con 2 tornillos el otro extremo de la tabla a la estaca. De esta manera queda firme y en posición correcta.
- ✓ Realizamos el mismo procedimiento en el sentido perpendicular al que ya se plomeó, con la estaca, la tabla, la plomeada y atornillado.
- ✓ De esta misma manera montamos las columnas de todas las esquinas.

- ✓ Se recomienda el uso de tornillos y no de clavos, pues al momento de retirarlos no hieren la corteza de los culmos, en cambio los clavos la levantan y dañan.



Foto 15. Plomeadas de columnas 2 niveles.

4. Montaje de vigas compuestas: Principales y perimetrales

Una vez que tenemos la medida interior entre las columnas guías, buscamos y seleccionamos las piezas adecuadas para formar las vigas compuestas.

- ✓ Los culmos deben tener un diámetro promedio entre 11-12 cm y mantener la mayor rectitud posible.

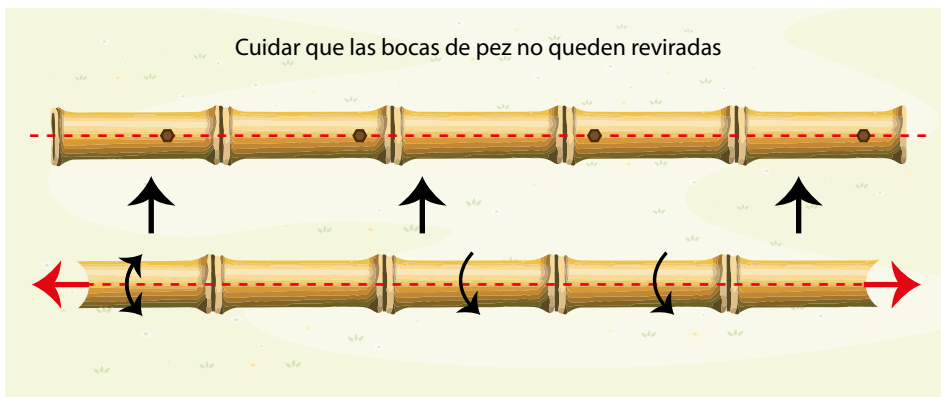


Ilustración 19. Colocación de vigas, no reviradas las boca de pez.

- ✓ Realizamos los cortes rectos con el exceso de 8 a 9 cm. del nudo para la boca de pescado en todas las piezas.
- ✓ Cualquier curvatura leve se puede corregir en el momento de instalar las varillas roscadas, pues al ajustar los culmos entre sí, el bambú cede levemente hasta conseguir la forma deseada.
- ✓ Subimos el culmo inferior de la viga, cuidando que las bocas de pez no queden reviradas, de esta manera también se puede realizar el acople de boca de pez de manera eficaz.

Luego procedemos a colocar el culmo superior de la viga, cuidando que la base de la pieza quede del lado opuesto al de la inferior, de esta manera se equilibra la forma.

Una vez acopladas las uniones de boca de pez del segundo culmo, procedemos a perforar y ajustar con la varilla roscada de 3/8, en medidas de 25 cm. como estándar, el excedente de varilla se lo corta al final del proceso de armado y la separación entre varillas es de 1.50 metros en promedio.

- ✓ Este mismo sistema rige para planta baja y/o planta alta.

Los culmos de las vigas perimetrales se unen a las columnas con tensores, ósea, varilla roscada con gancho para un mejor aseguramiento de las partes.



Foto 16. Uniones viga principal y columnas.

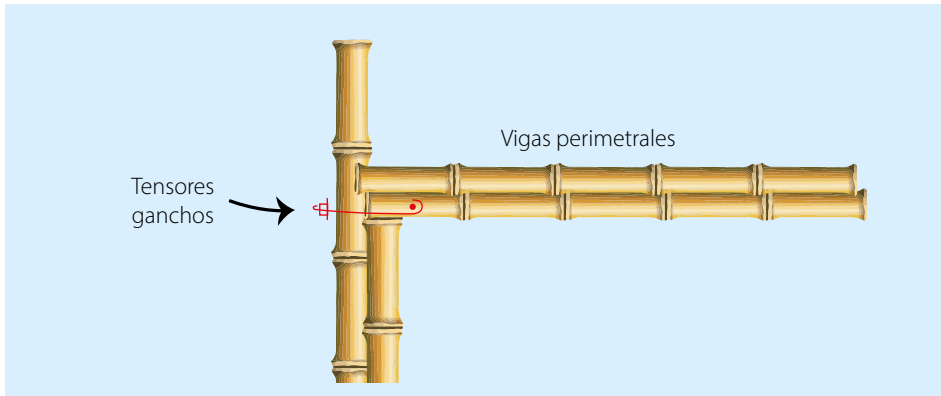


Ilustración 20. Ganchos o tensores para fijar vigas perimetrales.

5. Diagonales

Los culmos deben tener un diámetro promedio entre 10 - 11 cm. y mantener la mayor rectitud posible.

Dependiendo del diseño, es recomendable colocar las diagonales en el último segmento o panel de la pared en ambos extremos, esto le proporciona simetría, y también que actúe en conjunto con la diagonal de la otra pared como un gran soporte de las columnas.

La forma más eficaz de instalar las diagonales es con uniones de pico de flauta, apoyados en un extremo en sentido horizontal en las vigas y en el otro extremo en sentido vertical en la columna.



Foto 17. Culmo en posición diagonal a cada extremo del panel o pared.

6. Pie de amigo

- ✔ En exteriores, funcionan muy bien como soporte extra en sitios como aleros o volados de techo, vigas compuestas en balcones.
- ✔ En interiores cuando queremos conservar el espacio abierto y sin columnas.
- ✔ Los culmos deben tener un diámetro promedio entre 10 - 11 cm. y mantener la mayor rectitud posible.
- ✔ Lo ideal es buscar la simetría siempre y tratar de que la posición de los pies de amigo se acerque a los 45° de inclinación.
- ✔ Se sugiere que se proyecten desde una altura en la cual quede libre el acceso y tránsito de personas sin provocar golpes en la cabeza, una altura no menor a 1.80 m. desde el piso.
- ✔ Con uniones con pico de flauta desde la columna hasta la viga, los pies de amigo son muy eficaces.
- ✔ Las varillas deben ingresar siempre por encima del nudo en los picos de flauta, con la finalidad de evitar rajaduras.



Foto 18. Pie de amigo.

7. Llenado de canutos de las columnas con mortero

- ✓ Se procede a perforar el segundo canuto con un sacabocado de 2.60 cm. conservando la tapa perforada para su posterior uso.
- ✓ Con un embudo se vacía una mezcla de cemento con arena y cisco, más un plastificante que garantice una masa idónea de los componentes que forman el mortero. Mientras se llena se inserta una varilla fina que ayude a distribuir la mezcla dentro del canuto.

También funciona bien el proporcionar unos golpes suaves con un madero al canuto, generando una vibración que ayude a su distribución.

- ✓ Colocar la tapa de la pared del canuto y esperar unos 10 minutos para que seque un poco el exceso del mortero rebosado sobre la corteza para realizar una limpieza del culmo de una manera más fácil con viruta de metal.

Otra práctica menos usual es rociar arena sobre el mortero rebosado y retirar manualmente.



Foto 19. Perforación de canutos.

8. Vigas para pisos

- ✓ Seleccionar los culmos más rectos para evitar diferencias de nivel en los pisos, sobre todo en los pisos de madera y con un diámetro no menor a 11cm.



Ilustración 21. Vigas para pisos.

- ✓ En pisos de madera se puede utilizar una viga simple a una distancia promedio de 0.50 m. y luego asegurar con una varilla la viga simple a la viga compuesta principal.
- ✓ Para piso de madera, se puede utilizar tiras de madera sobre la viga simple a manera de niveladores.
- ✓ En losetas alivianadas, con espumaflex, poliestireno expandido o cascarilla de arroz se debe añadir una viga principal de refuerzo en medio de las vigas perimetrales y usar vigas compuestas con 2 culmos en lugar de viga simple. Luego procedemos a clavar con grapadora neumática la caña picada/esterilla. A continuación, instalamos la malla electrosoldada y hacemos el encofrado perimetral de la loseta con una altura de 5 a 6 cm. Finalmente se realiza la fundición de la loseta.



Foto 20. Vigas de piso.

9. Paredes

- **Mampostería de ladrillo o bloque.** Generalmente para las áreas húmedas, cocina y baños.

Se debe considerar la instalación de chicotes de 50 a 60 cm. de largo y cada uno a 60 cm. de distancia en la columna o cada 3 bloques.

- **Bahareque encementado**

Antes de recubrir la caña picada, debemos considerar si vamos a enlucir por un solo lado o por ambos lados.

- ✔ Si enlucimos por un solo lado hay que tener en cuenta la ubicación alternada de la esterilla y bien unida, pudiendo fijarla con grapadora neumática, lo que le da más firmeza.
- ✔ Si se va a enlucir las dos caras, se puede ubicar la esterilla separando las cavidades, ya que ayuda a la fijación del mortero entre ambas caras y reduce la cantidad de esterilla que se va a utilizar.
- ✔ En ambos casos se recomienda el uso de la malla de gallinero la cual está asegurada sobre la esterilla. Puede ser fijada con clavos neumáticos o grapas, sobre la que se aplica el mortero de cemento.
- ✔ Instalación de tuberías eléctricas y sanitarias, previo a la aplicación del mortero.
- ✔ Aplicación del mortero:

Día 1

- Humedecer la superficie del tablero de caña picada.
- Aplicar la primera capa de mortero con una mezcla de cemento y arena 1:3.

Día 10

- Una vez ya fraguada la primera capa, aplicar la segunda capa de mortero con una mezcla de cemento, cal y arena 1:1:3 hasta conseguir el acabado deseado, ya sea el brocheado irregular (es más rápido) o con regla (proporciona un enlucido parejo).



Foto 21. Bahareque encementado.

10. Techos

- **Techos vegetales**

Requieren una pendiente lo más cercana a 45° para garantizar su eficiencia y durabilidad.

- **Techos industriales**

Requieren una pendiente mucho menor, generalmente 15%.



Foto 22. Pendiente de techos vegetales.

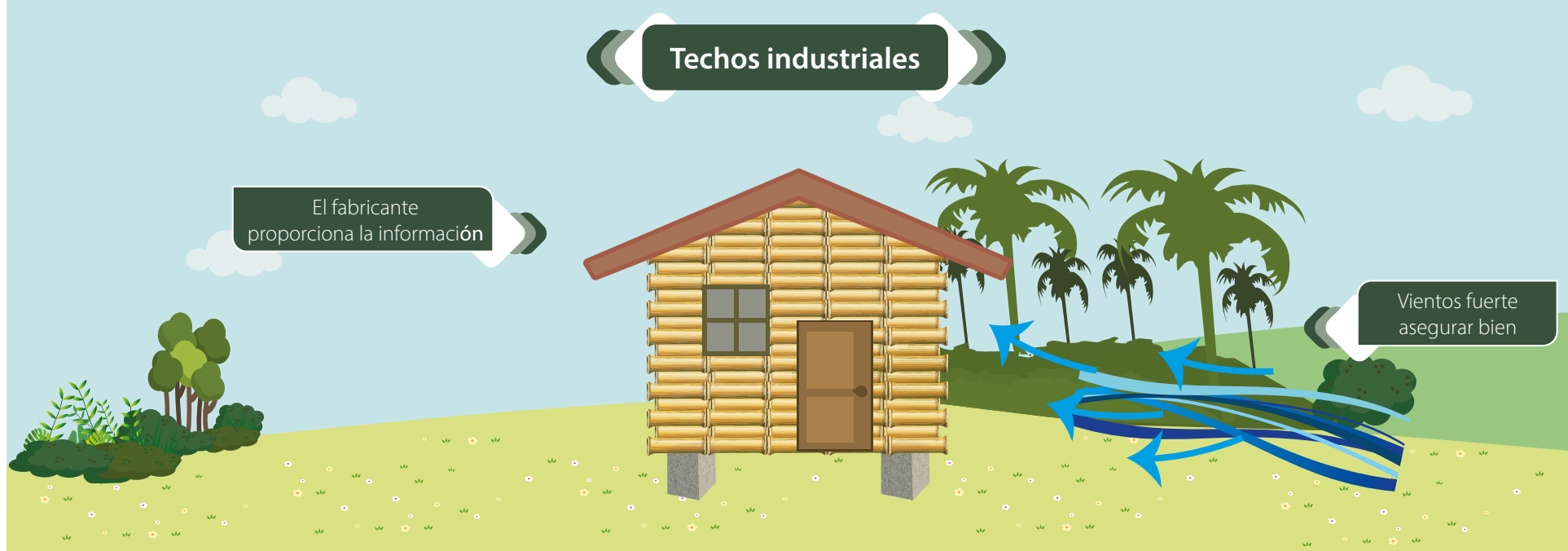


Foto 23. Techos industriales.

Techos vegetales



Techos industriales



¿Cómo calcular la pendiente de un techo vegetal?

Si la medida de la viga principal entre las 2 columnas es $a=5.00$ m, lo dividimos a la mitad y resulta $b=2.50$ m. Esa misma medida resultante, elevamos desde el centro de la viga, ósea $c=2.50$ m de altura. Esto es 45° de pendiente.

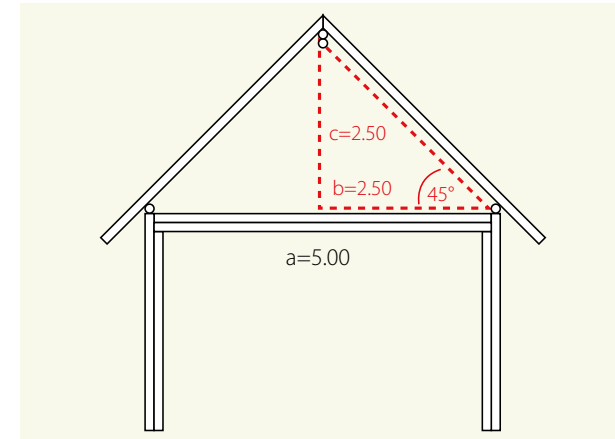


Ilustración 22. Cálculo de pendiente de techo vegetal.

¿Cómo calcular la pendiente de un techo industrial?

Se mide en porcentaje de pendiente, por ejemplo, desplazamos hacia el interior 5.00 m y elevamos 15 cm por cada metro recorrido, serían 75 cm de diferencia entre la parte alta y baja del techo.

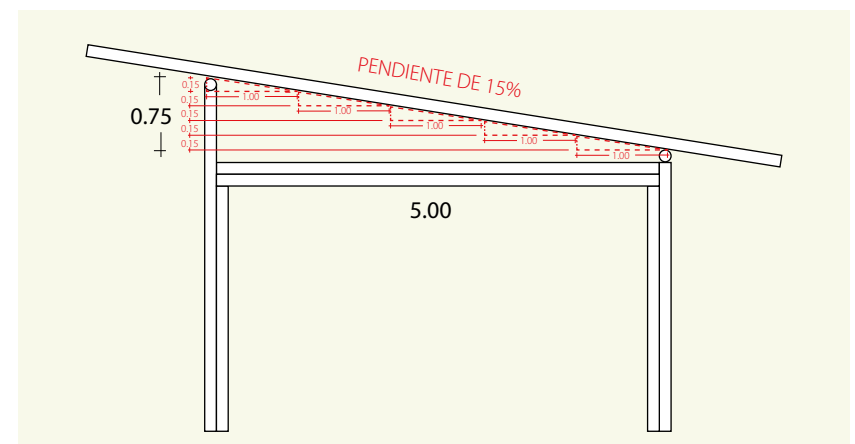


Ilustración 23. Cálculo de pendiente de techo industrial.

- ✓ Armamos la viga doble que funcionará de cumbrero.
- ✓ Ayudado por andamios la elevamos a la altura y forma marcada en el plano.
- ✓ Colocamos los soportes diagonales o verticales del cumbrero de acuerdo a las indicaciones del plano.
- ✓ Las vigas simples serán cortadas en un extremo en corte recto con una inclinación similar a la de la pendiente para que coincida y empalme con la del otro lado de la cubierta.
- ✓ Instalamos las vigas simples del techo a una distancia no mayor a 0.60 m entre ellas y fijamos con varillas roscadas, ingresando desde el extremo opuesto en el culmo superior del cumbrero en sentido diagonal hasta para que este sobresalga por la parte superior del culmo que hace de viga simple.
- ✓ En el caso de techo vegetal, se instalan latillas de 4 a 5 cm de ancho en sentido horizontal, clavándolas o grapándolas con pistola neumática a las vigas de techo, dejando un espacio de 10 cm entre latillas, de esta manera se engancharán las hojas de paja toquilla de forma segura.



Foto 24. Latillas para toquilla.

- ✓ En el caso de cielo raso de caña picada se colocará alternando su posición para compensar el ancho de las piezas. Estas se graparán con pistola neumática a las vigas de techo. Finalmente se colocarán de acuerdo a la distancia dictada por el fabricante del techo seleccionado los soportes de madera o latillas de 5 a 6 cm.



Foto 25. Cielo raso de caña picada.

Instalación de puertas, ventanas, electricidad, gasfitería y otros servicios

El maestro especializado deberá verificar la correcta instalación.



Foto 26. Caja de electricidad.

Terminaciones y acabados

- ✓ Corte de exceso de varillas.
- ✓ Limpieza de culmos, con viruta de hierro #8.

- ✓ Aplicación de lacas, barnices o aceites.
- ✓ Pintar con pintura anticorrosiva los herrajes.

Verificar que los culmos de la estructura estén completamente secos, si no fuera el caso, es mejor esperar a que terminen de secar, pues la capa de acabado podría desprenderse de la corteza.

Área interior, sin afectación de sol y lluvia



Foto 27. Columnas compuestas.

Se puede utilizar casi cualquier tipo de producto de acabado, selladores, barnices, lacas o aceites.

Área cubierta en exterior



Foto 28. Protección por diseño.

Aplicar barnices, lacas o aceites u otros productos de acabado con filtro U.V., cuidando sobre todo las zonas perimetrales de la estructura.

- ✓ Sellado de espacios entre culmos que se puedan presentar:



Foto 29. Espacio entre canutos.

Entre canutos, columnas y vigas compuestas

- Silicón transparente.
- Masillas epóxicas.
- Sogas tipo cabuya.
- Latillas.

Entre vigas de techo



Foto 30. Espacio entre las vigas de techo.

- Rellenos de bambú.
- Malla mosquitera.

Chequeo previo a la entrega

El maestro especializado deberá revisar cada una de las partes, considerando el criterio estructural y estético en la revisión.

Realizar una limpieza en el área de la obra, tanto interna como externa.

Contrastar lo físico con lo que consta en la proforma, modelos, marcas de materiales varios y demás.

Realizar una lista para chequear con los dueños del proyecto, para hacer la gestión más organizada y que no se olviden detalles importantes a tratar.

Por ejemplo:

Cuadro cualitativo y cuantitativo de revisión y entrega de obra				Partes de madera			Electricidad		Agua		
Áreas descripción	Partes de bambú	Pisos	Techos	Puertas	Ventanas	Muebles	Toma-corrientes	Iluminación	Fría	Caliente	Varios
Sala											
Comedor											
Cocina											
Baño											
Dormitorio											

Informar sobre los puntos que se debe dar mantenimiento y sugerir los tiempos o periodos de los mismos.

Por ejemplo:

Cuadro cualitativo y cuantitativo de revisión y entrega de obra				Partes de madera			Periodo de tiempo		
Áreas descripción	Partes de bambú	Pisos	Techos	Puertas	Ventanas	Muebles	Años	Producto a utilizar	Modo de empleo
Sala									
Comedor									
Cocina									
Baño									
Dormitorio									



Glosario

Anclaje. Es una varilla o elemento metálico de diferentes formas que se emplea como fijación de partes de la construcción.

Base del culmo. También llamado pata o parte inferior del bambú.

Caballote. Este consiste en una tira de madera horizontal sostenida por dos estacas clavadas a la tierra, también se lo llama burritos.

Cambio de suelo. Se llama al mejoramiento de la base del terreno sobre la que irá la zapata, agregando y compactando capas de materiales pedregosos de diferentes tamaños.

Canuto. Es la parte del culmo que comprende 2 nudos y el entrenudo.

Centro de preservado. Lugar donde se inmuniza el bambú para su posterior venta.

Chicote. Es un pedazo de varilla que sobresale de una columna, viga o piso.

Circulación cruzada. Son las corrientes de aire que entran y salen de una edificación renovando el aire.

Columna compuesta. Es el resultado de varios culmos juntos en posición vertical para soporte de una estructura.

Comuna. Pueblos con territorio y autoridades que son manejados por sus propios reglamentos, muchos de ellos de construcción.

Construcción seca. Se llama al tipo de construcción con madera, bambú y demás elementos que no requieren mezclas con agua, así como el hormigón.

Enlucido brocheado. Es el tipo de enlucido rústico e irregular de una pared, su nombre lo recibe por que, en el proceso final se pasa una brocha húmeda sobre la pared.

Enlucido con regla. Es el que mantiene un aspecto liso y parejo, ayudado por el uso de una tira de madera o metal que retira los excesos que causan irregularidad en la pared.

Entrenudo. Es la parte de la caña comprendida entre dos nudos.

Mortero. Mezcla y combinación de cemento, arena y agua.

Protección por diseño. Es la forma de planear como la vivienda se va construir de manera que quede protegida de agentes como el sol y la lluvia.

Prueba de cúrcuma. Es el proceso de verificación que nos muestra mediante coloración de las paredes del culmo ante la exposición del reactivo, que nivel de penetración han tenido las sales bóricas en el bambú en el proceso de preservado.

Retroexcavadora o gallineta. Como se la conoce, la maquinaria cuenta con una pala en la parte frontal y un brazo con una cuchara para excavar en su parte trasera.

Sobrecimiento. Es la parte que está encima del contrapiso y que sirve a manera de viga, como barrera para que la humedad del suelo no afecte a los materiales de la edificación.

Trazado y replanteo. El trazo consiste en llevar al terreno los ejes y niveles que se establecen en el plano y el replanteo es marcar la ubicación y medidas de los elementos.

Vigas compuestas. Principales o perimetrales conocidas también como el anillo principal o cuadro principal.

Vigas de piso. También llamadas cuerdas de piso, son los soportes horizontales sobre los que se colocan las tablas.

Vigas simples de techo. También conocidas como guacay, mangle de techo o varengas.

Zapata. Elemento constructivo de la cimentación de una edificación que sirve para transmitir cargas al terreno.



www.inbar.int