



INBAR
Organización Internacional
del Bambú y el Ratán

GUÍA TÉCNICA

PARA FISCALIZADORES
DE CONSTRUCCIÓN
CON BAMBÚ EN
ECUADOR



© La Organización Internacional del Bambú y el Ratán 2024

Publicación cuenta con licencia para su uso bajo la Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Noportada (CC BY-NC-SA 3.0). Para ver esta licencia visite: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

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 el ratán. Para mayor información, por favor visitar www.inbar.int

Acerca del presente Documento de Trabajo

Este trabajo es una publicación de INBAR producida como parte del Proyecto “Apoyo a la reactivación económica-productiva de la provincia de Manabí a través del desarrollo sostenible con base en el bambú, incluyendo la construcción de alianzas público-privadas para el desarrollo (APPD)”, financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, AECID. El objetivo de este proyecto es apoyar e impulsar la bioeconomía como motor de desarrollo sostenible, la recuperación verde y la reactivación económica post COVID.

Cita sugerida

Mondelo, R. y Moreno, F. 2024. Guía técnica para fiscalizadores de construcción con bambú en Ecuador. Organización Internacional del Bambú y Ratán, INBAR. Quito - Ecuador.

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

© 2024 Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR)

www.inbar.int



1. Introducción

La construcción con bambú en Ecuador existe desde tiempos muy remotos y han dado prueba de gran resistencia y durabilidad a los largos de los años.

Durante el terremoto del 2016 en Manabí se ha observado como estructuras de bambú, han resistido al sismo sin sufrir daños estructurales significativos, lo cual ha llamado la atención de ingenieros, arquitectos y organismos del Gobierno Nacional.

En el 2017, El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) publica en el Registro Oficial la NEC-SE-GUADUA, la normativa ecuatoriana para la construcción con bambú, lo que motivó a la construcción de varios proyectos. Empresas Privadas, públicas y GADs entre otros, construyeron edificaciones con bambú, como viviendas de interés social, casas comunales, patios de comida, cubiertas multiusos, todas construcciones que necesitan de Fiscalización.

Esta Guía tiene como objetivo dar al Fiscalizador algunas pautas e informaciones practicas sobre como fiscalizar una obra que contengan bambú, teniendo en cuenta que, en la experiencia y la formación profesional de arquitectos e ingenieros, las técnicas de construcción con este material, no son parte de sus conocimientos tradicionales.

Las construcciones con bambú son al momento, técnicas artesanales con un alto porcentaje de trabajo manual, por esta razón, necesitan de una fiscalización atenta, con criterio en cada fase del proceso constructivo, que empieza con la selección y la compra del material, su tratamiento para preservarlo, almacenamiento en obra, hasta llegar a la elaboración de componentes y montaje de la estructura. El sector del bambú en Ecuador necesita contar con una Fiscalización capaz, para garantizar obras constructivas que tengan durabilidad, resistencia y buen aspecto estético.

Por esta razón, INBAR y la Cooperación Española ponen a disposición de los profesionales de la construcción esta guía, que esperamos pueda ser de gran utilidad para la fiscalización de obras construidas con bambú en el Ecuador y la región.



2. Glosario

APUS (Análisis de Precios Unitarios): Documento técnico, generalmente en Excel, donde están detalladas las cantidades de equipos, material y valor de la mano de obra con los rendimientos según la actividad y materiales para la ejecución de un trabajo de construcción. Normalmente estas cantidades se refieren a la unidad de medida del rubro (metros lineales, metros cuadrados, etc.) y son la base para elaborar el presupuesto de una construcción.

C.H.: Contenido de humedad al interior del culmo. Se mide en %.

Canuto: Parte del culmo formado por un entrenudo y dos nudos.

Culmo: Segmento aéreo del bambú, conformado por la suma de todos sus canutos. La Guadua generalmente se comercializa en culmos de 6 m de longitud.

GaK: *Guadua angustifolia Kunth*. Es la especie de bambú más utilizada en la construcción en Ecuador. Su diámetro promedio es de 12 cm y alcanzar alturas de 25 metros.

Humedad de equilibrio (H.E.): Es el estado en la cual la humedad de la madera o bambú logra un equilibrio con las condiciones ambientales.

Higrómetro: Instrumento para la medición de la humedad de un material o del ambiente.

Hojas caulinares: Hojas triangulares de color café provistas de espinas que cubren el brote, crecen desde cada nudo y que se desprenden con la aparición de las ramas apicales y basales.

Humedad relativa (H.R.): Es la medida de la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, se expresa como porcentaje. Por ejemplo, 0% RH significa que el aire está completamente seco.

Insectos xilófagos: Insectos que se alimentan de la celulosa proveniente de la madera.

NEC: Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-SE-GUADUA: Capítulo de la NEC que norma la Seguridad Estructural para construcción con bambú en el Ecuador.

Nudo: Parte del culmo de la Guadua, donde las fibras se entrecruzan.



3. Características del material

3.1 GENERALIDADES



La caña *Guadua angustifolia* Kunth (GaK) es una de las más de 1600 especies de bambú registradas en el mundo. Crece en la zona tropical de Centro y sur América, principalmente en Colombia, Ecuador y Perú.

De esta especie hay algunos biotipos, conocido en Ecuador como caña colombiana, Macana, Brava y Mansa entre otros. Según la NEC (cap. 3.1, literal B) la GaK idónea para la construcción es la que presenta espinas en las ramas, por lo cual queda EXCLUIDA la caña Mansa como material estructural de construcción.

La GaK ha sido ampliamente utilizada como material de construcción, desde miles de años, por sus características de flexibilidad y resistencia.

Existen, al día de hoy, ejemplos de construcciones que han perdurado por más de 100 años. Entre los bambúes para la construcción, la GaK sobresale por sus resistencias físicos mecánicas y menor peso respecto a otras especies de bambú.

Un factor importante a considerar es que la GaK puede bajar la huella ecológica de las edificaciones y amplificar la economía nacional en termino de cosecha, comercialización y ensamblaje del producto, a parte de ser un ejemplo de identidad nacional.

Debido a las variables propia del material y que fundamentalmente el proceso de construcción es artesanal, es necesario por parte del Fiscalizador, un análisis minucioso de todos los procesos previos y que son parte de la construcción de la edificación, para garantizar un producto final seguro, duradero y estéticamente aceptable.



3.2 MATERIAL IDONEO PARA LA CONSTRUCCIÓN

Los culmos, al momento del corte, deben tener una edad aproximada de entre 4 a 6 años de antigüedad, es decir, estar maduras y presentar las siguientes características:

- El culmo presenta una coloración verde opaca (en ocasiones verde amarillento).
- Las bandas blancas alrededor de los nudos tienen que ser apenas perceptible.
- Completa ausencia de hojas caulinares.
- Presencia de manchas grisáceas (líquenes) en todo el culmo.
- Banda de los nudos es fina, han perdido su coloración blanca y la textura del nudo y entre nudo es áspera.
- Ausencia de ataques de insectos, huecos de aves.
- Visiblemente rectas.



Ilustración 1: Estados de la Gak en su crecimiento: joven, madura y pasada.

3.3 PRESERVADO

El preservado es obligatorio para cualquier elemento de bambú que va a ser instalado en una construcción con GaK. En la actualidad existen diferentes centros de preservado a nivel Nacional, que cuentan con la infraestructura y el conocimiento para los procesos que son normado en la NEC (capítulo 3.5).

Esos procesos comúnmente son:

- **Presecado.** Consiste en bajar el contenido de humedad (CH) del culmo hasta el rango de 60/40%.
- Inmersión en piscinas de preservado a temperatura ambiente con solución de Ácido Bórico + Bórax por mínimo 5 días, como descrito en el capítulo 3.5 de la NEC.
- Secado definitivo hasta la H.E.





Ilustración 2: Ácido bórico y bórax, piscina de preservado.

Es aconsejable que el constructor y fiscalización pidan un certificado al centro de preservado, donde tiene que constar:

- Edad de los culmos al momento del corte.
- Proceso de preservado (metodología, concentración del preservante, tiempo de inmersión, entre otro).
- C.H. del culmo a la salida del centro de preservado.
- Garantía de reposición en caso de ataque de insectos xilófagos.
- Memoria fotográfica del proceso.
- Reposición por aparición de fisuras por inmadurez del culmo o maltrato en el proceso.

Para verificar que el material ha sido tratado con sales de boros, la prueba más común es una prueba cualitativa denominada “prueba de cúrcuma”, que está descrita en el capítulo 5 de este documento.

El C.H. del culmo a la salida del centro de preservado, tiene que ser próxima a la humedad de equilibrio de sitio, según el apéndice 3 de la NEC.

Es recomendable que el contratista y fiscalización tomen el C.H. y ejecuten la prueba de penetración de sales de boro previo a la salida de culmos del centro de preservado.



3.4 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO



El transporte tiene que tener las condiciones adecuadas para que el material no sufra daños durante las fases de carga, movilización y descarga del mismo.

Es recomendable que el camión tenga un cajón con longitud igual o superior a los 6 metros, ya que los culmos son comercializados a esa medida y que no se apilen en el camión a una altura superior a los 2 metros.

Es también recomendable que el contratista pida el material con anticipación (según la NEC, 2 meses antes del inicio de obra) antes de ser instalado, dando tiempo a la GaK de adaptarse al cambio de humedad del sitio, para evitar posibles rajaduras. Por estas razones y también por el proceso de construcción propio del material, es necesario calcular un porcentaje de desperdicio del mínimo 20%, que tiene que constar en los APUS y especificaciones técnicas de obra.



Ilustración 3: Ejemplo de transporte no adecuado (izquierda) y transporte bien organizado (derecha).

El almacenamiento será en lugares ventilados, protegidos de la humedad del suelo y de la radiación solar, los culmos serán almacenados en castillos, para favorecer la ventilación interna y preferiblemente clasificados por diámetros.

Este proceso está descrito en detalle en la NEC, capítulo 3.



Ilustración 4: Almacenaje idóneo para la Gak.

4. Tecnología de la construcción



Hasta ahora hemos visto como fiscalizar la calidad de la materia prima, para garantizar la vida útil de una edificación.

Al inicio de una obra, Fiscalización tendrá que aprobar el material, según lo explicado en el capítulo 3.8 de la NEC, en cuanto a aspecto, contenido de Humedad, preservación, ausencia de deformaciones pronunciadas y conicidad.



La GaK es un material poroso e hidrosco pio y las fibras se degradan al contacto con los r adios UV del sol. Por esta raz3n, es sumamente importante que los elementos sean protegidos de los factores exteriores (protecci3n por dise1o), tal como se explicada en el cap3tulo 5.3 de la NEC.



Ilustraci3n 5 : Protecci3n por dise1o. Los elementos de GaK son protegido de la humedad, sol y lluvia.

La GaK es un material poroso e hidrosco pio y las fibras se degradan al contacto con los r adios UV del sol. Por esta raz3n, es sumamente importante que los elementos sean protegidos de los factores exteriores (protecci3n por dise1o), tal como se explicada en el cap3tulo 5.3 de la NEC.

A parte de esto, es un material sumamente sensible a los esfuerzos cortante paralelos a la fibra, que tienden a agrietar la GaK.

De parte de la Fiscalizaci3n es sumamente importante tener atenci3n a los siguientes detalles, para garantizar una estructura duradera y est3ticamente aceptable:



- Todos los elementos que integre la construcción tienen que ser con material adecuado, seco y tratado, según lo estipulado en el capítulo 3.8 de la NEC.
- Los culmos de Gak no son perfectamente cilíndricos, sino troncos cónicos, ósea disminuyen el diámetro al aumentar la altura. Al seleccionar los culmos para los diferentes elementos de la construcción es importante utilizar las secciones de más diámetro y espesor de pared para las columnas y vigas principales, las secciones más pequeñas para vigas principales y secundaria, así como diagonales y pie de amigo. Los elementos más finos serán utilizados como correas de cubierta.
- Todo tipo de corte tiene que ser realizado en proximidad de los nudos, según las indicaciones de las especificaciones técnicas de obra o al máximo a 60mm de la base de la unión hasta el nudo.
- Las uniones tradicionales (boca de pez, pico de flauta, entre otras) tienen que ser realizada por mano de obra especializada de preferencia certificada y cada una de ellas tienen que acoplarse perfectamente a la pieza estructural colindante. Si hay espacios vacíos entre las uniones, esto puede causar ingreso de insectos, de humedad y provocan unos esfuerzos concentrados que pueden agrietar el culmo de Gak.



Ilustración 6: La exactitud del corte garantiza duración prolongada.





Ilustración 7: Unión columna-viga con corte a boca de pescado con gancho y perno pasante.

- Por ninguna razón se permite el uso de clavos o elementos que fisuren los culmos de GaK que formen parte de la estructura.
- Las uniones empernadas necesitan un relleno de mortero (1:3) para bloquear el esfuerzo cortante del perno, así como los culmos que están sometido a aplastamiento. El diámetro máximo de la perforación para la inyección de mezcla tiene que ser de al máximo de 25mm, y siempre estar cerca de los nudos de la parte superior del canuto donde se realizó la unión.

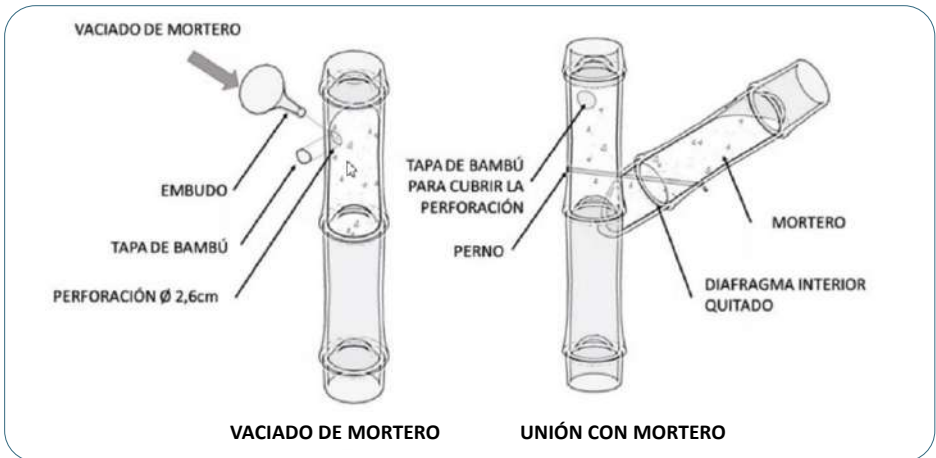


Ilustración 8: ejemplo de vaciado de mortero.





Ilustración 9: Ejemplo de llenado de canutos con mortero, las perforaciones siempre deben estar cerca del nudo.



Ilustración 10: Ejemplos de aplastamiento del culmo.

- Los culmos de cortes rectos como por ejemplo las correas de cubierta, vigas, etc. Deben tener rellenos de mortero 1:3, a manera de tapón. Para mejorar la adherencia entre mortero y bambú se pueden utilizar clavitos neumáticos, grapas o clavos de máximo 1,5 pulgadas. Este tapón es para evitar el ingreso de insectos, murciélagos, aves, etc.





Ilustración 11: Tapones de mezcla (con clavitos, grapas) en extremidades de culmos rectos.

- Como cualquier tipo de construcción, la estructura y paredes deben estar completamente plomeada, para evitar sobrecarga de enlucido y esfuerzos no calculados.
- En el caso de vigas con uniones de más culmos, se tendrá presente lo expresado en el capítulo 5.8.2 de la NEC.
- En el caso de paredes de bambú recubierta de mezcla de enlucido, se respetarán siempre los procedimientos y principios del capítulo 5.8.3 de la NEC.
- Se admiten pernos de mínimo 9,5mm (3/8”) de diámetro, debidamente protegido contra el óxido. La perforación también tiene que estar hecha en proximidad de los nudos.



Ilustración 12: : Todos los pernos tienen que pasar cerca de un nudo.

- Por ninguna razón, se puede utilizar los elementos de GaK que serán parte de la construcción, como andamio temporal.
- Se permiten grietas longitudinales, siempre y cuando no superen el 20% de la longitud del elemento. Está admitido colocar abrazaderas o sunchos metálicos para reforzar el material.
- El capítulo 5 de la NEC esta enteramente dedicado a la tecnología de construcción con GaK.
- Para el acabado de los culmos, generalmente se utiliza pintura con filtro a los radios UV y de poro abierto. También es necesario pintar las secciones de todas las varillas roscadas con pintura anticorrosiva. Para mayor información se puede revisar el capítulo 5.9 de la NEC.

5. Instrumentos del fiscalizador



PLANOS

El paquete de planos (arquitectónico, eléctricos, hidrosanitarios, estructurales, cimentación, constructivo y de equipos) son la base para cualquier construcción con bambú. Obligación del fiscalizador es de analizar la congruencia de dichos planos, como trabajo preliminar en una obra de construcción. Los planos de estructura de GaK (constructivo) tienen que ser claros, legibles y tener ubicadas todas las medidas de los componentes para poder ubicar la estructura en el espacio. Normalmente a los planos de estructura de bambú están adjuntados los detalles de los pórticos y cerchas, detalles de las uniones y ensambles, donde se puede observar el tipo de corte, ubicación de los canutos con relleno de mezcla en el interior, el diámetro de las varillas roscadas, entre otros.

En los planos eléctricos hay que comprobar que ninguna de la instalación eléctrica esté introducidas en culmos estructurales, se tienen que ubicar culmos adicionales para este fin.



En el caso de incongruencias, errores en los planos o informaciones en desacuerdo con la NEC, el fiscalizador está obligado a notificar las novedades al administrador del contrato o a la entidad contratante, según el caso.

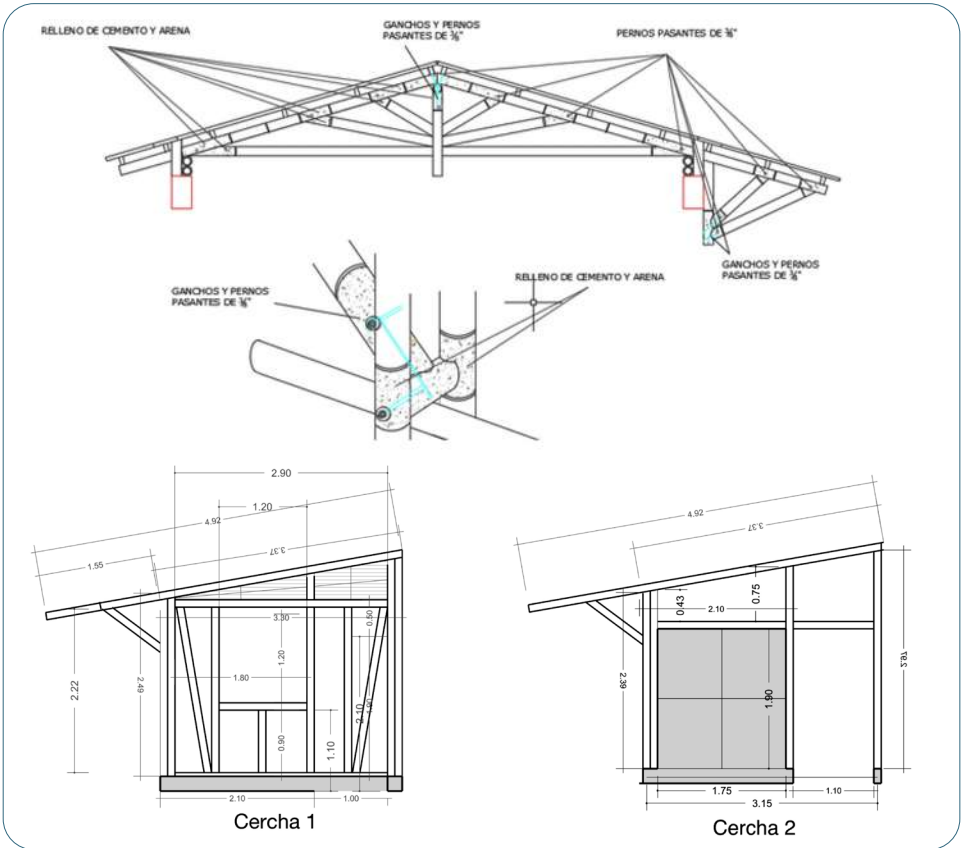


Ilustración 13: Detalles constructivos de una estructura en Gak.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS

Las especificaciones técnicas de obra son un documento descriptivo de utilidad primaria para la fiscalización. Tienen que estar basada en la NEC y contener al mínimo las siguientes informaciones:

- Características físicas del material.
- Diámetro mínimo de la GaK a utilizarse.
- Porcentaje de C.H. máximo de la GaK al momento de la instalación.
- Material de los herrajes y diámetro mínimo de las varillas roscadas, platinas u otros elementos de conexión.
- Forma de pago y medición.



APUS

Si bien los Análisis de Precio Unitario son un instrumento principalmente usado por el contratista, el fiscalizador puede revisar los APUS para comprobar cantidades de material y rendimiento de la mano de obra.

A parte de los instrumentos normalmente utilizados para Fiscalización en obra (flexómetro, nivel, escuadra, etc.) el fiscalizador de construcciones de bambú deberá tener alguna herramienta adicional y principalmente las siguientes:

• Higrómetro

Es un medidor digital de la humedad al interior del material. El más recomendado es el de doble agujas. Por medio de una pequeña corriente eléctrica es capaz de detectar la humedad relativa al interior de madera y GaK. Para verificar la humedad hay que introducir completamente las dos agujas en la sección de la Gak, puede ser una sección final del culmo o también en la sección de un culmo recién cortado. La H.R. tiene que ser la de equilibrio de la zona y nunca superior al 25%. La H.E. de las diferentes zonas del País está detallada en el apéndice 3 de la NEC.



Ilustración 14: Uso del higrómetro digital.

• Kit para la prueba de penetración del preservante

Este kit es indispensable para comprobar cualitativamente si el material ha sido preservado y cuanto ha penetrado la solución preservante al interno de la sección del culmo.

Este kit está compuesto por:

- Solución A: Solución de cúrcuma al 10% (100g de cúrcuma disuelta en 900 ml de etanol (alcohol etílico industrial), el cual tiene que tener una concentración mayor al 90%)
- Solución B (6g de ácido salicílico disuelto en una mezcla de 80ml de etanol y 20 ml de ácido clorhídrico.



En el borde de un corte transversal de bambú, se colocan en varios puntos tres gotas de solución A y se deja secar, luego se procede a colocar tres gotas de la solución B justo encima de donde se pusieron las primeras tres gotas de la solución A. Si el segmento tiene en su estructura sales de boro, esta tiene que cambiar a un color naranjado/rojizo, este cambio de color es indicador de impregnación de la solución preservante al interior de las paredes del bambú.

Es importante que el cambio de color sea uniforme en la sección del culmo, índice de una buena penetración de la solución preservante.

Es recomendable ejecutar las pruebas en diferentes trozos de GaK, en los extremos y de ser posible, en secciones recién cortadas.



Ilustración 15: Prueba cualitativa de penetración del preservante (prueba de cúrcuma).



6. Links de descargas

NEC-SE-GUADUA: <https://bambu.com.ec/project/nec-se-guadua/>

OTRO DOCUMENTOS DE INTERES: <https://bambu.com.ec/publicaciones/>

<https://inbar.int>

7. Check list del fiscalizador

TRABAJOS PRELIMINARES	CUMPLIMIENTO
1. AVERIGUAR CONGRUENCIA DE PLANOS	
2. DETALLES ARQUITECTÓNICOS REVISADO	
3. DECIDIR CON EL CONTRATISTA DETALLES ELÉCTRICO E HIDROSANITARIO	
4. REVISIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRA	
5. IDENTIFICAR EL CENTRO DE PRESERVADO PARA LA COMPRA	

CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA	CUMPLIMIENTO
1. REVISAR CON EL CONTRATISTA LA CANTIDAD DE MATERIAL A PEDIR (min. 20% más)	
2. REVISAR EL CERTIFICADO DE CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA	
3.1 CONTROLAR EL C.H. A LA SALIDA DEL CENTRO DE PRESERVADO	
3.2 CONTROLAR LA PENETRACIÓN DEL PRESERVANTE A LA SALIDA DEL CENTRO DE PRESERVADO	
4. CONTROLAR EL MATERIAL AL INGRESO DE LA OBRA	
5. REVISAR EL ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL	
5.1 PROTECCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO	
5.2 PROTECCIÓN DE LLUVIA Y SOL	
5.3 ALMACENAMIENTO EN CASTILLOS	
5.3 CLASIFICACIÓN POR DIAMETRO, CURVATURA	

CONSTRUCCIÓN	CUMPLIMIENTO
1. CULMO IDONEO PARA EL ELEMENTO CONSTRUCTIVO	
2. REVISIÓN DE PERNOS Y/O PLATINAS	
3. CORTES EN PROXIMIDAD DE LOS NUDOS	
4. PERFORACIONES DE VARILLA EN PROXIMIDAD DE LOS NUDOS	
5. PERFORACIONES PARA LA INYECCIÓN DE MEZCLA EN PROXIMIDAD DE LOS NUDOS	
6. ACOPLE PRECISO DEL CORTE AL ELEMENTO COLINDANTE	
7. PLOMEADO DE LA ESTRUCTURA	
8. REVISIÓN DE GRIETAS	
9. LIMPIEZA DE LOS ELEMENTOS PREVIO A LA PINTURA	
10. PINTURA Y ACABADOS	



GUÍA TÉCNICA



INBAR
Organización Internacional
del Bambú y el Ratón

