

EL USO DE LA GUADUA COMO MADERA ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE TABLAS PARA ENCOFRADO

Fabricio Muirragui Zambrano¹, Rosa Rada Alprecht²

¹ Ingeniero Industrial 2003.

² Directora de Tesis. Arquitecta, Universidad Católica de Guayaquil 1981. Maestría, Instituto de Urbanismo de Paris, 1986. Doctorado, Instituto de Urbanismo de París, 1985. Maestría, ESPOL, 1999.. Profesora de Espol desde 1996.

RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo principal demostrar que la tabla elaborada de Caña Guadua, representa una mejor alternativa para su utilización en encofrados. Cuyo uso permitirá la reducción de la deforestación y el incremento de la eficiencia en la construcción de encofrados.

Se presenta a la Caña Guadua como madera alternativa. Primero analizando y comparando las diferentes propiedades físicas, mecánicas y fisiológicas de la caña guadua con los diferentes tipos de maderas que actualmente se utilizan en la construcción, principalmente en los encofrados. Y luego, mostrando el proceso necesario para la elaboración de tablas para encofrados de Caña Guadua. A partir de información de la demanda, se establecerá un mercado a satisfacer con este producto, lo que nos permitirá realizar la determinación de los recursos y equipos necesarios, con su respectivo balanceo de línea y estableciendo el costo de producción de la tabla de Caña Guadua.

Finalmente se comparó la tabla elaborada de Caña Guadua con las que actualmente se utilizan en nuestro país para la elaboración de los encofrados. Considerando factores como: costos, tiempo de reforestación, impacto ambiental, propiedades físico-mecánicas, acabados, entre otros, para su comparación.

INTRODUCCIÓN

La actividad maderera ha estado siempre presente en el desarrollo económico del Ecuador. Constituyéndose en parte fundamental de diversos sectores industriales, entre ellos el de la construcción. Sin embargo, nunca ha existido un verdadero control de la explotación de nuestros recursos naturales. Aproximadamente 1'170.000 m³ del total de madera extraída de los bosques, son destinados a la construcción civil (encofrados principalmente), paletas y otros. Es decir, que el 14% de la deforestación del país se debe al uso de la madera en la fabricación de tablas para encofrado.

Las diferentes maderas que tradicionalmente se utilizan en el encofrado presentan algunas desventajas, siendo las principales: la desmesurada deforestación destinada a esta actividad, la limitada utilización de la madera (1 o 2 veces como máximo), desperdicios en el orden del 30% (cortes en el encofrado y destrucción en el desencofrado), hinchazón y agrietamiento de la madera y deficiencias en los acabados de la obra. Lo que conlleva a un mayor tiempo en la ejecución y un aumento en los costos de la obra.

Debido al alto nivel de deforestación que existe, la importancia de la madera para encofrado en la construcción, los problemas que esta presenta y el repunte que ha tenido el sector de la construcción en los últimos años, resulta imperioso buscar un tipo de madera alternativa que mitigue el impacto ambiental, supere las desventajas del encofrado tradicional y permita una mayor rentabilidad en cuanto a costos y aprovechamiento.

CONTENIDO

Durante todo el proceso de extracción y utilización de la madera, se producen pérdidas importantes del material, en especial debido al uso generalizado de motosierras en las diferentes etapas de la transformación y a la escasa preparación del personal que maneja los equipos. El INEFAN dentro del proyecto PD 154/91, estima que la tasa de aprovechamiento se sitúa en niveles absolutamente ineficientes (entre 5% y 10%) de la madera en pie. Aproximadamente solo 1 de cada 10 árboles talados en la amazonía ecuatoriana se aprovecha como producto terminado.

Según datos del INEFAN (ITTO PD 137/91), 1'170.000 m³ de madera son destinados a la construcción civil (encofrados principalmente), pallets y otros. En otras palabras el 14% de la deforestación de país se debe al uso irracional de la madera en la fabricación de "tabla de monte", como usualmente se la conoce. La que posteriormente se utilizará en los encofrados tradicionales convirtiéndose rápidamente en desperdicio por su pobre reutilización.

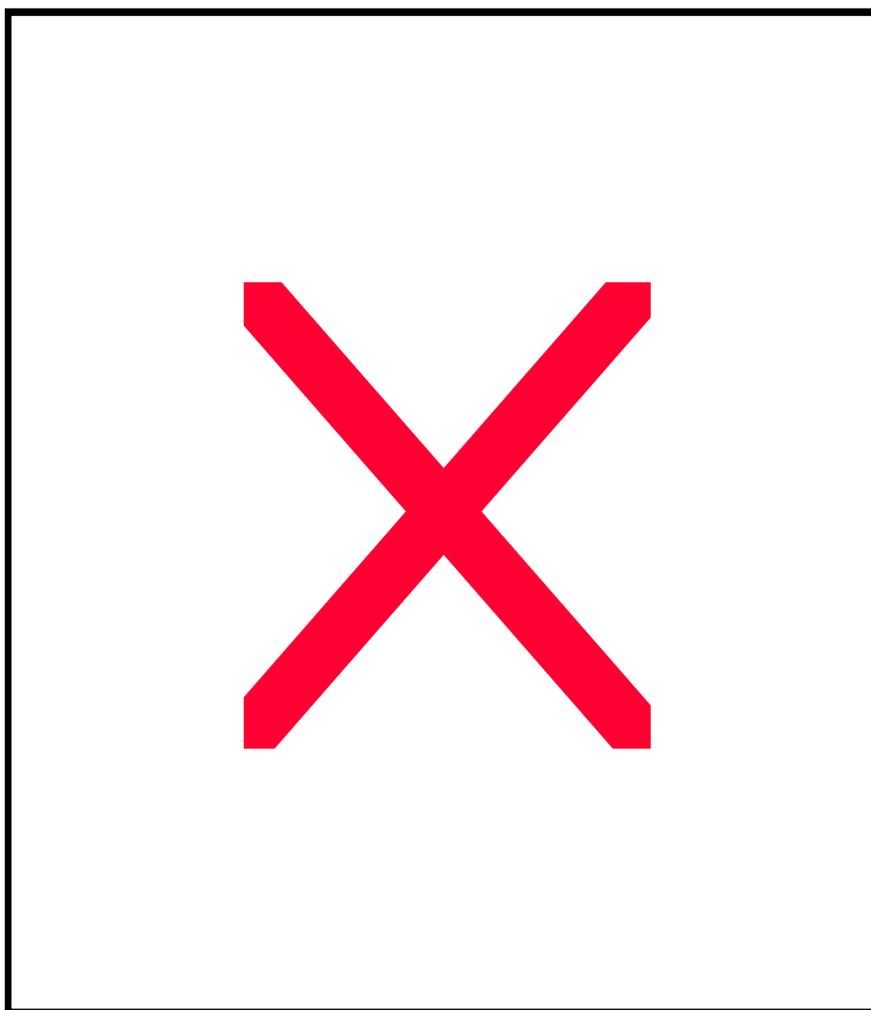
1. El Bambú, una madera alternativa

A través de los años, varios estudios se han realizado en diversos países con la finalidad de convertir al Bambú en una alternativa para la obtención de madera. Cientos de procesos han sido desarrollados con este fin, los mayores avances se han dado en China e India.

De los diferentes productos elaborados de bambú, se escogió al Bamboo Matboard (BMB), el cual se produce a partir de tapetes entretejidos de bambú. El BMB está entre los que mayor cantidad de bambú aprovechan (mayor rendimiento del culmo) y a su vez es uno de los que requieren menor inversión para su puesta en marcha. Su resistencia, fácil elaboración, poco capital y alto rendimiento lo convierten en la mejor alternativa para el producto final que se desea obtener y su posterior uso.

El bambú matboard a través de los años se ha convertido en un atractivo sustituto de la madera. Está elaborado básicamente por capas de tejidos de bambú (, las cuales son cubiertas con pegamento y luego son prensadas con calor para convertirlas en tableros parecidos al plywood.

El BMB es muy versátil y puede producirse hasta con un grosor de 6 mm, variando el número de capas a ser prensadas, usualmente se trabaja con 2, 3, 5 o 7 planchas de tirillas de bambú entretrejido. El BMB tiene propiedades comparables con el plywood, con la ventaja de ser más flexible que este, a demás es muy resistente al ataque de insectos, condiciones climáticas extremas y al fuego. Las propiedades de los paneles fabricados son los siguientes (ver tabla I):



Una empresa de este tipo requiere para su puesta en marcha de un abastecimiento regular de materia prima (estar cerca de las plantaciones), mano de obra especializada y no especializada, poco capital, acceso al mercado objetivo y

relativamente poco terreno para las plantaciones (depende del tipo de empresa). Sin embargo si se requiere de asistencia técnica para la producción, organización de seminarios y cursos de entrenamiento (administración, producción y mantenimiento), para los trabajadores directos e indirectos.

2. Fases de Producción de Tablas para encofrado de Guadúa.

Las dimensiones comerciales más comunes tanto en el mercado local como en el de exportación es de 1225x2450 milímetros (4x8 pies) para tableros y 250x2400x20 milímetros para las tablas de encofrado. Es por ello que la dimensión de los tableros a fabricar deberá ser de 1250x2500 mm, de los cuales se obtienen 5 tablas para encofrado de 250x2500 mm. Los diferentes procesos aquí presentados van orientados a obtener un tablero con las características antes mencionadas.

Abastecimiento de cañas

Como no se cuenta con una plantación propia de guadua, se tendrá que comprar las cañas directamente en las plantaciones. Los tallos son cortados en el campo por los propietarios, en culmos de 6 metros de longitud. Estas cañas son transportadas hasta el comprador en camiones con capacidad de 450 cañas. (Datos proporcionados por depósitos de maderas).

Corte en segmentos

Se debe trabajar únicamente con tallos maduros de bambú, debido a las características físicas que poseen (explicadas en el capítulo anterior). Los culmos son cortados perpendicularmente en segmentos según el largo deseado. Debido a las dimensiones requeridas, serán cortados en dos segmentos de 1300 mm y uno de 2600 mm, tratando siempre de utilizar la parte más recta de los culmos.

Corte longitudinal 1 (Tiras)

Luego los segmentos son cortados longitudinalmente para obtener tiras. El ancho de las tiras que se obtienen dependen del tipo de bambú, su edad y diámetro interno. Mientras más anchas las tiras, menor cantidad de tiras. El porcentaje de materia prima aprovechada aumenta con la reducción del ancho de las tiras, sin embargo se requiere de mayor labor y pegante para su procesamiento. Para nuestro propósito el número de tiras que se pueden obtener por culmo va de 10 a 12, lo que nos ayudará a obtener un alto porcentaje de aprovechamiento.

Secado 1

Uno de los principales problemas que presenta nuestra materia prima, es su alto contenido de humedad en estado verde (60%). Las tiras deben ser secadas al aire o con ventilación artificial hasta obtener un contenido de humedad por debajo del 15%. El secado debe realizarse en esta etapa, si se lo hace antes, con el culmo entero, pueden presentar fallas (colapsos, grietas, etc) en los nudos principalmente. El porcentaje de deformación radial (5%) es menor que el tangencial (10%), por lo que no se recomienda realizar el secado una vez dimensionadas las tiras (cortados los cuatro lados

Dimensionamiento de latas.

Una vez alcanzado este CH%, se remueven los nudos para facilitar los procedimientos siguientes. Se debe quitar la capa externa de los segmentos (epidermis), ya que por su composición y contextura no permite una eficiente acción de la resina a utilizar. De igual forma se deben cortar excesos laterales que tiene las tiras con la finalidad de darle uniformidad. Con esto se obtendrán latas uniformes de 2600 o 1300 mm de largo x 20 a 25 mm de ancho y un promedio de 10 mm de grosor.

Corte longitudinal 2 (Listones)

Se cortan las tiras en dirección de su espesor para obtener los listones o tirillas que luego van a ser tejidas para obtener los tapetes. El grosor de los listones no debe ser menor a 0.5mm y su ancho debe estar entre los 5mm y 15mm. Hay que tener precaución de no tener variaciones en el grosor mayores al 10%, ya que esto puede perjudicar el acabado final e incrementar considerablemente la cantidad de resina a utilizar.

Tejido

Posteriormente estos listones son entretejidos siguiendo el patrón y las dimensiones requeridas. Los patrones más comunes son los de 45° de inclinación y la de 90° o rectangular. Las dimensiones comercialmente utilizadas son: 2500x1250mm, 1800x1250mm y 1800x1500mm. Los tapetes pueden ser almacenados hasta por 4 semanas sin tratamiento alguno. Los tapetes a tejer serán de 2600x1300mm.

Recubrimiento con resina

El Fenol Formaldehído (PF) es la resina mayormente utilizada en la fabricación de BMB. El PF se elabora en un tanque de acero, sus componentes principales son: Fenol, Formaldehído e hidróxido de Sodio.

La aplicación de la resina es la parte más importante del proceso, visto desde punto de la calidad y economía del producto final. Alrededor de 60 tapetes son sumergidos a la vez en un reservorio con la mezcla por 5 minutos, luego son sacados y colocados de forma inclinada para eliminar los excesos de resina por alrededor de 30 minutos. La cantidad requerida de PF por unidad de área del BMB depende del número de capas que este tenga, en promedio va de 0.33 a 0.35 Kg / m² para un tablero de 3 capas. La resina se la puede adquirir directamente a los fabricantes de gomas y resinas en nuestro país (ej.: Borden)

Secado Final

Los tapetes recubiertos con resina son posteriormente secados al aire o con la ayuda de una cámara de secado a 95° ± 2°C hasta que su CH% disminuya a 10% ± 2%.

Ensamblaje y prensado

Los tapetes recubiertos ya secos son apilados o ensamblados según el número de capas que se desean. Y posteriormente pasan a la prensa caliente, sometiéndolos a una presión entre 15.29 kg/cm² a 20.39 kg/cm², temperatura de 145°C ± 5°C y por un tiempo de 6 minutos para tres capas con un minuto adicional por cada capa

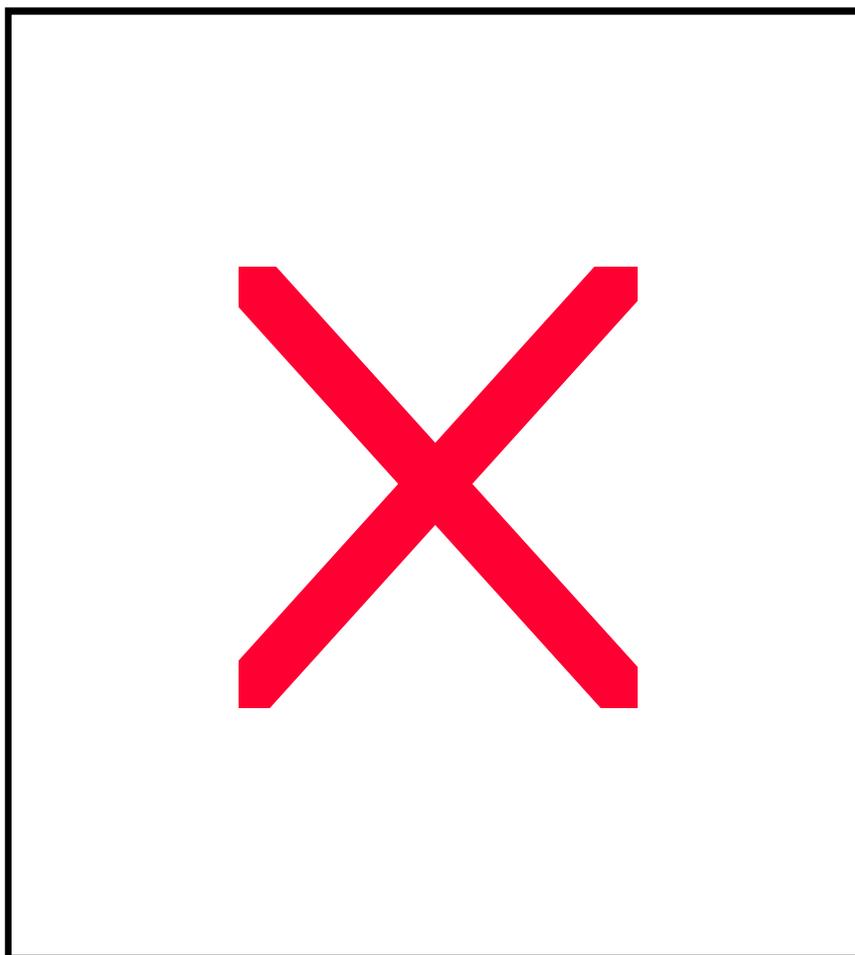
extra. Se recomienda utilizar silicón (17comp) para poder remover más fácilmente los paneles elaborados de la prensa. El agente debe ser aplicado cada 15 o 20 ciclos de prensado.

Dimensionamiento Final

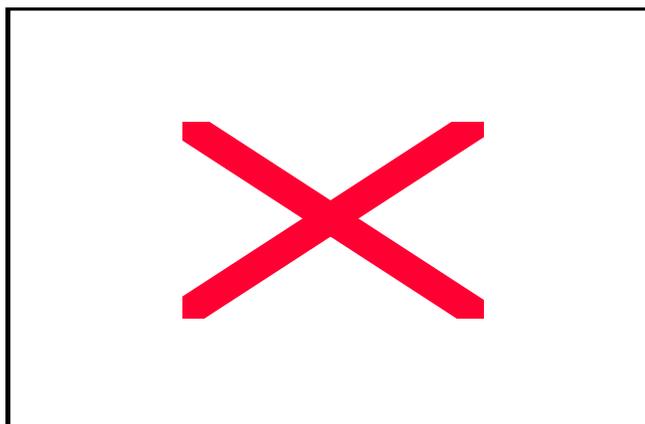
Los bordes de las planchas son cortados hasta obtener la dimensión requerida 2500x1250 mm para luego cortarlas en tablas de 2500x250 mm que servirán como tablas para encofrado.

3. RECURSOS Y EQUIPOS NECESARIOS.

Las cañas vienen del proveedor en un camión con capacidad de transportar 450 cañas de 6 metros de largo. En la tabla II, se presentan las diferentes maquinarias necesarias para nuestro proceso y sus capacidades de producción.



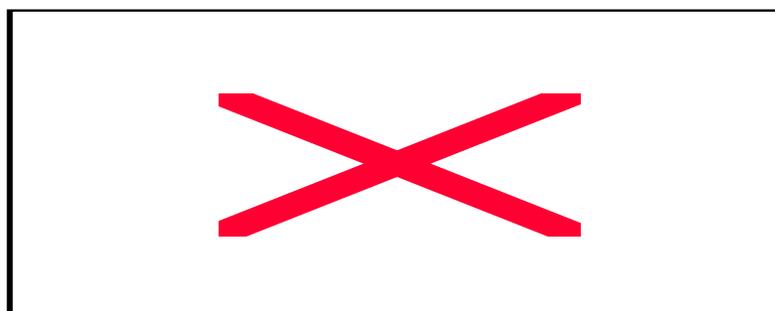
Considerando nuestro lote de 450 cañas y los diferentes tiempos producción de cada máquina, se estableció la cantidad de máquinas y de personal requeridos. En la tabla III, se muestra el número de equipos y personal requeridos.



De un lote de 450 cañas se fabrican 288 paneles (3 capas) de 2.5x1.25 metros, de los cuales se obtienen 1440 tablas de 2.5x.25 metros (5 tablas por panel). El último panel que se obtiene es terminado al cuarto día luego de que este ingresa al proceso. Sin embargo, la planta está en capacidad de recibir un nuevo lote pasando un día. Es decir que mensualmente se trabajarán 10 lotes de 450 cañas. Lo que permitirá producir 14400 tablas (de 2880 paneles) al mes y 172800 tablas (de 34560 paneles) al año.

La inversión inicial requerida para montar una fábrica de tablas para encofrado, de estas características es de \$140,000 dólares. De los cuales \$85,000 USD corresponden a maquinarias, \$ 45,000 USD al terreno y los \$15,000 USD restantes a la edificación y al mobiliario.

El valor de una tabla de madera tradicional para encofrado es de \$2.40 USD (P.V.P.). Por ello el precio de venta para las distribuidoras de nuestras tablas para encofrado elaboradas de bambú deberá oscilar entre \$ 1.50 USD y \$2.00 USD por tabla, para que resulte atractiva su inversión y pueda tener un precio competitivo en el mercado. En la tabla V, se presentan los datos índices financieros del proyecto considerando tres valores de venta posibles.



4. COMPARACIÓN DE LA TABLA ELABORADA DE GUADUA CON LAS UTILIZADAS TRADICIONALMENTE EN LOS ENCOFRADOS.

Una vez presentada las características que posee el panel BMB, resulta imperiosa la comparación de estas con las de las maderas tradicionales, con el fin de evaluar la factibilidad de su aplicación en la elaboración de tablas para encofrados. En esta comparación se incluirán además, ciertos datos de los paneles de Plywood tradicional, cuyo proceso de fabricación es similar al del BMB.

- La densidad que presenta el BMB es “Alta” (0.76 g/cm^3), siendo el mínimo requerido 0.30. Igualmente es superior a la densidad del Plywood cuyo máximo valor es de 0.7.
- Su resistencia a la compresión (171 Kg/cm^2) es “Alta” y muy superior al mínimo requerido que es de 35. Además, se encuentra dentro del rango del Plywood (100 – 200),
- Su resistencia Módulo de Rotura es “Bajo” (517.41 Kg/cm^2), pero es superior al mínimo requerido (401) y al del Plywood cuyo máximo es de 500 Kg/cm^2 .
- Su Módulo de Elasticidad es “Bajo” (37505.30 Kg/cm^2) siendo inferior que el Plywood y que el mínimo requerido.

Sin embargo debemos considerar que los datos presentados para el BMB fueron obtenidos en India y China a partir de tableros elaborados con especies de Bambúes diferentes a la Guadua. Recordemos que la guadua ecuatoriana es una de las especies de bambú de mejores propiedades mecánicas del mundo, superando a las especies nativas de los países antes mencionados. Lamentablemente en nuestro país no se fabrica este tipo de tableros, por lo que no fue posible obtener los valores para un BMB elaborado con Guadua.

Además de las comparaciones ya presentadas, podemos agregar que dentro de los beneficios que brinda el trabajar con tableros de BMB tenemos que:

- El bambú es de muy rápido crecimiento necesitando entre 4 y 5 años para estar listo para el corte, mientras que un árbol tradicional requiere entre 15 y 20 años para poder ser aprovechado.
- El número de bambúes que se pueden plantar por hectárea es muy superior al que se podría realizar con árboles.
- Para su utilización no hay que talarlo sino podarlo, lo que reduce los procesos y costos de aserrado, pulido y lijado, generando poco desperdicio, ahorro energético y rápida ejecución. Una planta de producción requiere de menor inversión para su puesta en marcha.

- Produce cuatro veces más oxígeno que cualquier otro árbol y la producción de biomasa de un guadual (30 – 35 ton/ha/año) es muy superior a la producida por una plantación de árboles.
- El bambú es una planta efectiva para la recuperación de tierras degradadas, gracias a su sistema rizomático.

CONCLUSIONES

1. El BMB presenta muy buenas propiedades mecánicas para su utilización en tablas para encofrados, a pesar de que su módulo de elasticidad es menor al de las maderas tradicionales. Su densidad (0.76 g/cm^3) y resistencia a la compresión (171 Kg/cm^2) son mayores que las del plywood y que las maderas tradicionales. Su módulo de rotura (517.41 Kg/cm^2) es bajo, pero superior al mínimo requerido.
2. Debemos recordar que los datos sobre las propiedades del BMB, fueron obtenidos en China e India con las especies de bambú de esos países y cuyas características son inferiores a la de la caña Guadua Ecuatoriana. Lamentablemente no se contaron con los recursos económicos necesarios durante la realización de esta tesis para producir muestras de BMB a partir de nuestra Guadua.
3. La caña guadua posee propiedades fisiológicas y mecánicas muy superiores a las que presentan las maderas tradicionales. Su densidad ($0.77-0.83 \text{ g/cm}^3$) está dentro del grupo de maderas tipo A; su tiempo de secado (60 días) es uno de los más bajos; su resistencia a la flexión (1761.5 Kg/cm^2) y módulo de elasticidad (258720 Kg/cm^2) son muy superiores a los de las maderas tradicionales; su resistencia a la compresión (712.7 Kg/cm^2) es mucho mayor a la mayoría de las maderas comúnmente utilizadas en encofrados. Aunque su contracción volumétrica (27 –31%) es mayor que el de las maderas este inconveniente puede superarse dependiendo del proceso de producción y del tratamiento que se le dé previamente.
4. El cultivo y explotación del bambú brinda grandes beneficios ambientales sobre el de árboles. El tiempo necesario para su utilización, después de ser plantado, es de 4 a 5 años mientras que para el árbol es de 15 años (el de más rápido crecimiento). Por ser una gramínea, se adapta con facilidad a suelos pobres o sobre explotados con lo cual ayuda a recuperar tierras degradadas. Controla la erosión y regula el caudal hídrico del suelo gracias a su sistema rizomático. Aporta material orgánico con la gran cantidad de hojas que bota, las cuales crean nuevas capas de humus. Produce cuatro veces más oxígeno que cualquier árbol. Contribuye a la biodiversidad por ser hábitat de diversa flora y fauna.
5. Gracias a los resultados obtenidos en China e India con el BMB utilizado en tablas para encofrado, se conoce que puede ser reutilizado de 10 a 15 veces

a diferencia de la tabla de monte (1 o 2 veces) y que da un mejor acabado al hormigón lo que permite eliminar el enlucido, logrando así reducir considerablemente los costos de construcción.

6. Económicamente el montar una fábrica que elabore tablas para encofrado de BMB resulta muy atractivo. Considerando que el precio actual en el mercado para una tabla de encofrado es de \$2,40 dólares y que sus características son inferiores al BMB. Sin embargo, se recomienda realizar previamente las pruebas mecánicas antes mencionadas.
7. La caña Guadúa es un importante recurso que se avenida desaprovechando en nuestro país, con usos muy rudimentarios como el de puntales para la agricultura y construcción, la elaboración de andamios, herramientas, etc. Diferentes productos que no le agregan valor alguno y sin una verdadera explotación de este recurso.

BIBLIOGRAFÍA

1. F. Muirragui, "EL USO DE LA GUADUA COMO MADERA ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE TABLAS PARA ENCOFRADO", (Tesis, Facultad Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, ESPOL, 2003).
2. PADT-REFORT, "Manual de diseño para maderas del grupo andino", (Junta del Acuerdo de Cartagena 1982, 4ta. Edición).
3. A. Solís, Las maderas Económicas del Ecuador y sus Usos, (Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1960).
4. E. Zambrano, "Sistemas y Métodos en Estructuras de Madera para Viviendas en la ciudad de Guayaquil", (Tesis, Facultad de Arquitectura, Universidad Católica de Guayaquil, 1984).
5. J. León, "Diseño y Construcción de Estructuras de Madera", (Tesis, Ingeniería Civil, Universidad Católica de Guayaquil, 1986).
6. E. Giraldo y A. Sabogal, "Una Alternativa Sostenible La Guadua, Técnica de Cultivo y Manejo", (Corporación Autónoma Regional de Quindío, Colombia, 1999).
7. J. Jansen, Designing and Building with Bamboo, (INBAR, Technical Report No. 20, 2000).
8. Trevor Dagilis, "Bamboo Composite Materials for Low-Cost Housing", (Queen's University, Ontario – Canada, Septiembre 1999).