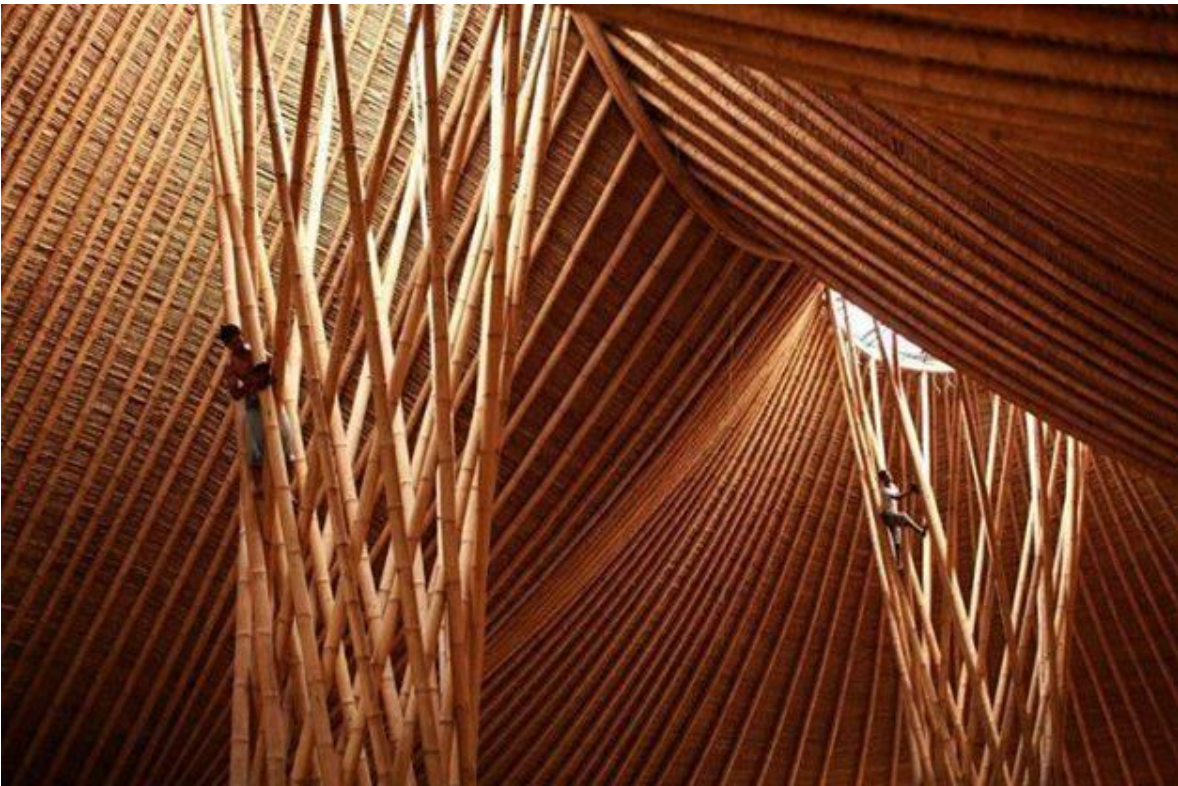


# A que escala es rentable la industrialización de bambú?

Un análisis de diferentes tecnologías con el recurso natural Bambú.

Congreso Mexicano del Bambu, Huatusco 18 de marzo 2016

Por Jörg Stamm, Popayán, Colombia



**Foto 1: Torres hiperbólicas de “Three Mountains” in Bali, Diseño y construcción de Jörg Stamm**

## Resumen

Este ensayo inicia con las experiencias del autor en la construcción civil con bambú rollizo y la fabricación artesanal de laminados con guadua angustifolia en Colombia. Con los datos obtenidos en estas experiencias sobre costos de insumos y rendimientos en escala pequeña, se hacen proyecciones en una escala de producción mediana, como la maquinaria de la industria de bambú en China del Woven Strand Board (WSB, también llamado “Strand Woven Board”) y escalas más grandes con las líneas automatizadas de industria maderera en “comodities” como el Oriented Strand Board (OSB) y Middle Density Fiberboard (MDF).

## Contenido

Se comparan los impactos de la inversión inicial en maquinaria e infraestructura y los gastos de operación, como mano de obra y cantidades de pegante. En búsqueda de otras técnicas viables se menciona adhesivos minerales, como tableros de fibra-cemento con bambú y el uso de plásticos con pisos de Wood Plastic Composites (WPC). También se nombra nichos de mercado con alto valor agregado e investigaciones, que proponen el uso de fibras de bambú con resina epoxi, como en la sustitución de barras de acero en concretos por compuestos de alta densidad.

Este análisis no puede entrar en cada detalle tecnológico, ya que cada producto final requiere sus especificaciones y maquinas adicionales, que complican la orientación y pueden hacer perder el norte. Pero un cuadro comparativo a “vuelo de pájaro” permite ubicarse entre las tecnologías disponibles y la rentabilidad relacionada con la escala de producción.

Después del análisis técnico se concluye que el bambú es un recurso interesante y puede sustituir la madera en muchas aplicaciones industriales.

Sorprendente en cambio, es el entorno de política fiscal, que castiga el desarrollo industrial con varios tipos de impuestos directos e indirectos. Justo en Colombia donde crece esta planta pionera de forma endémica y se ve la máxima generación de biomasa por hectárea/año, paisajes con muchas tierras abandonadas ideales para la inversión agra forestal, - justa ahí se ve una fuga de capital en vez de una inversión. Los intentos estatales de apoyar la reforestación a través de subsidios e incentivos forestales han fallado por dificultades burocráticas y leyes proteccionistas. La política del control estatal falló y debe ser cambiado por ideas creativas y más autocontrol.

La meta de este ensayo es de facilitar la toma de decisiones, sean políticas o empresariales, sobre inversiones de plantaciones agro-industriales con bambú bajo esquemas de aprovechamiento sostenible y por ende la sustitución de las maderas de los bosques naturales todavía existentes.

## Introducción

Un modelo clásico de la economía es la división en tres sectores productivos:

- 1 - la producción,
- 2 -el procesamiento y
- 3 - la prestación de servicios, mercadeo, banca, etc.

Se habla también de creación de la materia prima, la transformación que le da el valor agregado y finalmente la comercialización. Como encaja el bambú en este modelo?

Como aplica la industrialización del bambú a la maquinaria industrial de la madera? El bambú es una gramínea lignificada, (en latin “ligna” es madera) y consiste también de celulosa y lignina. El

aspecto forestal también es similar en cuanto a logística y maquinaria. El carpintero puede trabajar igual con el bambu en forma rolliza o en tablero, así que lo ve como una especie de madera. Solo en el mercadeo destaca con una diferencia aparentemente significativa: se le promociona como un pasto gigante que no sufre cuando lo cortan, al contrario que absorbe mucho más Co2 y que mejora el aura a los que se dejan hacer un masaje con Bambu o que duerma en una cama con feng shui. Para quien cree en estos esoterismos el bambú es lo máximo..., volvemos a la tierra...

En el mundo maderero tradicional ve la materia prima como el corte de árboles, donde el cortero hace un primer grado de transformación, que a veces incluye el aserío en bloques, vigas o tablas. El próximo paso es en la carpintería, donde la madera se convierte estructuras para casas y puentes, en puertas, ventanas o muebles. El tercer sector abarca los servicios como el mercadeo, y gremios que se encargan de regular oferta y demanda.

Hoy en día este sector incluye los servicios financieros y logística. Hay empresas consultoras internacionales que se especializaron en industria de la madera y abarcan todos los tres sectores productivos. Algunos consultores también conocen bien la situación climática y forestal de los países tropicales. Pero normalmente desconocen la situación fiscal y legal en cuanto al aprovechamiento de los recursos, ni se pueden imaginar lo complicado que puede ser. Después de mirar las soluciones técnicas de construcción e industrialización con bambú como materia prima hay que tomar una vista profunda a la situación fiscal y los controles ambientales del país, ya que el impacto sobre la estructura de costos puede ser muy demasiado significativo.



Foto: Guadual con dosel de 20 metros y conviviendo con árboles nativos.

## El aprovechamiento sostenible de un bosque de Guadua

La guadua es una gramínea gigante que tiene unas 48 especies diferentes, adaptados según la variación de hábitats en Centro y Sudamérica (Bamboos of the Americas, Ximena Londoño). La más conocida y descrita por la ciencia es la guadua angustifolia, con una docena de diferentes variedades o biotipos investigados, algunos han sido exportados a varios países del mundo iniciar programas de plantaciones comerciales. La misma G. angustifolia se declara nativa también en Perú y Ecuador, probablemente también en Panamá y Costa Rica, aunque no se sabe a ciencia cierta el grado de influencia de culturas precolombinas en su distribución. Guadua aculeata en México llamado “el Tarro” es más grande y con ramas fuertes, mientras la Guadua chacoensis en Bolivia es más pequeña y delgada pero con nudos gruesos y súper duros. En general el género guadua se conoce por sus franjas blancas a ambos lados del anillo y todas son nativas del continente americano. La guadua amplexifolia es de tallos casi macizos y forma matas muy densas, mientras la mayor parte de las otras guaduas tienen un rizoma pachymorpho con cuello más largo y forman bosques que permiten entrar y entresacar los tallos maduros con más facilidad. Para la industria maderera todas son útiles y su densidad específica según clima y calidad de sitio es de 0,5 a 0,8 gr/cm<sup>3</sup>. Estas características los comparan con las maderas duras. Aunque la industria maderera generalmente trabaja sus tableros con maderas blandas, las fibras largas y duras son tres veces más resistentes que las de pino, un aspecto interesante para ciertos nichos de mercado.



Foto: Cuadrilla de Guadueros y caballos de arrastre.

Guadua desde siempre ha sido una de las plantas cultivadas como utensilio agrícola y para la construcción típica de las casas en Bahareque. Guadua inmadura de apenas 2 años es liviana y muy flexible, entonces sirve para cestería, mientras la guadua madura de 4 a 5 años es dura y pesada, entonces ideal para construcción e industria maderera. El cogollo recién nacido también ha servido de alimentación en temporadas de hambrunas. Arqueólogos utilizan Guadua como indicador de asentamientos tempranos ya que muchas veces se encuentran cerámicas asociadas a ellos. Guadua angustifolia es una planta pionera que tiene un tallo promedio de 11 cm en diámetro y 20 metros de altura, aunque hay sitios con tallos de 16 cm y 30 metros.

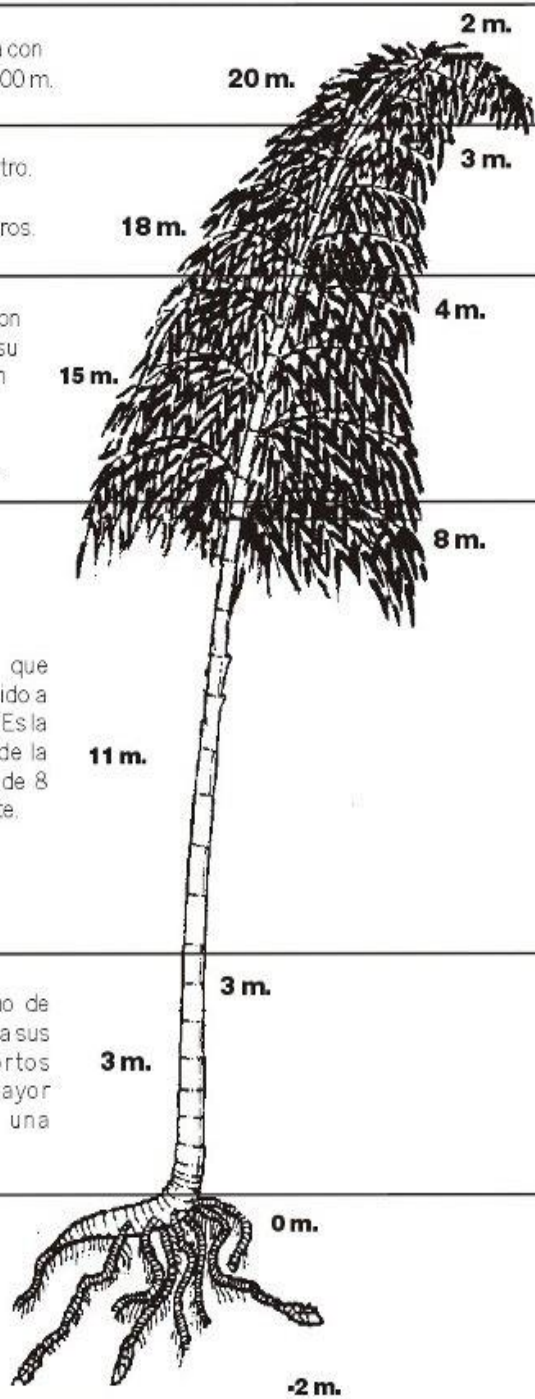
El crecimiento de Biomasa depende del estado de madurez de la planta madre. Una plantación recién establecida de *G. angustifolia* aumenta unas 9 toneladas de carbón por hectárea año. (Nestor Riaño y Ximena Londoño) Un gradual maduro produce 600 a 700 nuevos tallos gruesos por año, que acumulan unas 35 toneladas de materia seca. El “renuevo” penetra las malezas como un cohete y alcanza su altura a los 4 meses cuando empieza a desarrollar ramas y hojas que pronto le quitan la luz a las hierbas perennes del suelo, comportándolas rápidamente en “mulch” para sirviendo se de los nutrientes como abono. Guadales forman una penumbra que permite vida de otras especies. Investigaciones de la Universidad de Pereira en el eje cafetero de Colombia, contaban 1024 especies de flora y fauna asociada, incluyendo tallos jóvenes de árboles latifoliadas, que dentro de 100 años superaran el dosel de la guadua y sus coronas van a reducir el gradual a la penumbra. El gradual es un fenómeno en la sucesión forestal que ocupa tierras degradadas y que luego se restaura el bosque maduro con una multitud de especies.

El aprovechamiento sostenible puede ser la extracción de unos 1000 a 1500 tallos cada 2 años. Hay que tener en cuenta que con esta intervención, - que normalmente implica una “limpieza”, - la eliminación de especies arbóreas -, se congela la sucesión forestal y el bosque se convierte en un “Guadual”, un cultivo similar a una plantación. Su productividad en cuanto a biomasa, medido en el mismo hábitat de la meseta de Popayán, Colombia, puede alcanzar con 35 m<sup>3</sup> /ha/año, un valor ubicado entre a un bosque de pinos 27 m<sup>3</sup>/año y eucalipto 45 m<sup>3</sup> /ha/año. Popayán es de tierras amargas y poco productivas, pero produce una guadua muy dura y ideal para construcción de puentes. Juan Carlos Camargo tiene datos mejor evaluados sobre productividad de guadales en los suelos más fértiles del eje Cafetero de Colombia. Hormilson Cruz levanto datos confiables de una plantación bien fertilizada en Chiapas, México, que supera por mucho los datos de Colombia. Habrá que evaluar si la densidad específica y determinar la calidad del bambú, a ver si se prestan para la construcción de estructuras exigentes.

Aprovechar un bosque de guadua en Colombia automáticamente es declarada una extracción de un recurso natural nativo, aunque el gradual haya sido plantado por el abuelo en terrenos privados de la finca familiar. El dueño de un gradual debe por ley contratar un estudio casi científico, con supervisión de ingenieros forestales para solicitar conceptos técnicos de las instituciones ambientales. Estas instituciones cobran por estos permisos y se demoran meses.

## PARTES DE UNA GUADUA

DESCRIPCIÓN	UTILIZACIÓN
<b>COPA</b> Parte apical de la guadua con una longitud de 1,20 a 2,00 m.	Se replica en el suelo del guadua como aporte de materia orgánica.
<b>VARILLON</b> Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3 metros.	Se utiliza en la construcción como correa de techos con tejas de barro o de paja. Se emplea como tutor en cultivos transitorios.
<b>SOBREBASA</b> Es un tramo de guadua con buen comercio debido a su diámetro, que permite un uso variado. Posee una longitud aproximada de 4 metros.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción. También se emplea como viguetas para formaletear planchas y como postes de espalderas en cultivos.
<b>BASA</b> Parte de la guadua que mayores usos tiene, debido a su diámetro intermedio. Es la sección más comercial de la guadua. La longitud es de 8 metros aproximadamente.	De esta sección se elabora generalmente la esterilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y formaletas de planchas. Esta parte se utiliza como vigas y columnas en construcciones nuevas de guadua.
<b>CEPA</b> Sección basal del culmo de mayor diámetro, debido a sus entrenudos más cortos proporciona una mayor resistencia y tiene una longitud de 3 metros.	Se utiliza como columnas en construcción y para cercos.
<b>RIZOMA</b> Es un tallo modificado, subterráneo, que se conoce popularmente como "caimán".	En decoración, muebles y juegos infantiles.



Gráfica: Usos tradicionales de las secciones de una guadua

## Siembra y registro de una plantación de guadua

La reforestación de una hectárea con guadua, a 5 x 5 metros como recomendado por Francisco Castaño para las laderas ganaderas del Valle del Cauca, o como recomendado por Camargo a 6x8 metros para las fincas con suelos agrícolas fértiles del Eje Cafetero. Una hectárea reforestada con guadua cuesta más o menos 500 Dólares por hectárea, esto es aproximadamente la cuantía, que reconocen los programas de incentivos forestales. Es importante de registrar esta reforestación como plantación, ya que esto facilita el papeleo posterior con las instituciones ambientales. Aunque el control debería desaparecer por completo si de una plantación se trata, las autoridades temen que uno va mezclar cosechas de bosques naturales con cosechas de plantaciones. Algo que sin duda va ocurrir, - queda la duda si con el papeleo no va ocurrir... En consecuencia hay que mencionar que invertir en especies nativas sigue siendo un dolor de cabeza administrativa.

Dependiendo del clima y del anterior uso del suelo (compactación por pisoteo de ganado puede demorar el desarrollo al doble), el guadua necesita entre 8 y 14 años en llegar a una madurez con tallos normales de 11-12 centímetros de diámetro y 20 metros de largo. Sin embargo ya puede haber entresacas a partir de los 3 a 5 años de tutores y estacas para la producción agrícola. Los diámetros delgados que salen en la primera década gustan mucho para fabricación de muebles.

El costo del tallo cosechado y puesto a lado de la vía depende mucho de la situación geográfica. Normalmente - por lo menos en temporada seca - hay accesos por carretera hacia los guaduales. Los obreros cortan los tallos y los dejan unos 15 a 20 días "avinagar", el proceso de fermentación reduce los ataques de insectos y evapora parte del agua, lo que hace más fácil la extracción de los tallos que pueden pesar entre 5 y 7 kg por metro (= 150% humedad). Luego se llevan con mula o "al Hombro" hacia el borde de la carretera, donde un camión de 9 toneladas recoge unos 200 a 250 tallos y los lleva al centro de acopio, donde se separa la guadua en categorías según calidad.



Algo diferente es el proceso de la esterilla, que normalmente se saca de tallos curvos y de la parte mediana y alta, que no tiene paredes tan gruesas. El tallo es cortado a 4 o 6 metros (según pedido y según tradición de cada región). Un obrero especialista golpea los nudos con un hacha cada centímetro, luego abre el tubo rollizo y remueve los diafragmas con una pala plana. La esterilla tiene un promedio de 40 centímetros de ancho y un espesor de aproximadamente 1 centímetro.

Un buen rendimiento son 35 a 40 esterillas por día y el “esterillero” se gana el doble de un obrero común. La esterilla plana es más fácil de transportar, ya que por volumen cabe el triple en un camión, comparado con un tubo rollizo.

Los obreros rurales deberían recibir un pago del salario mínimo con todas las prestaciones sociales, seguro y riesgos profesionales, ya que el trabajo de guaduero es bastante duro y peligroso. Muchas veces la realidad es otra, ya que ellos prefieren un buen pago semanal según valor contratado sobre la producción entregada. Una industria forestal debería probablemente buscar un híbrido entre los dos sistemas, aunque queda claro que los costos de la materia prima suben. Otra salida es la mecanización de la extracción, como en la industria de la pulpa de papel, donde se trabaja con cables, winches y tractores. El pago puede ser medido sobre volumen en metros cúbicos o su equivalente en metros lineales, ya que el peso varía mucho según humedad.



Foto: Pre-procesamiento de la fibra crea mucho trabajo en zona rural y reduce transporte.

### **La diversificación del uso del bambú, sus calidades y precios**

La belleza de una guadua esbelta y de color dorada de una guadua es sin duda alguna el principal argumento arquitectónico, mientras la fuerza de este tubo súper liviano (2,5 kg/ml) lo hace un elemento ideal en las estructuras livianas de la ingeniería civil.

Al nivel de fibra contamos con una resistencia similar al acero de construcción (a tracción 2 toneladas por cm<sup>2</sup> y 760 kg/cm<sup>2</sup> por compresión, que supera tres veces la fuerza de la madera de pino y permite nuevos horizontes en la ingeniería de materiales.

En términos energéticos con 18 600 mega joule por kg hay una acumulación similar a las maderas duras como el roble, que lo pone en miras de los combustibles renovables como el mercado de los pellets.

Estos tres sectores compiten por el mismo recurso. Una selección inteligente de cada tallo antes de cortarlo es una tarea importante del guaduero. La extracción con categorías de calidad permite



atender a los tres clientes y genera un mejor precio para la cosecha. Un centro de acopio ofrece precios diferenciados dependiendo si se entrega un camionado con guadua de primera calidad para la construcción, con tallos rectos y homogéneos, o tubos curvos pero bien cilíndricos, o si llegan camiones con tubos cónicos y de pared delgada, esterilla, tablillas o tacos torcidos que se deben destinar a la industria. Cual será el precio por metro cubico de bambú calidad industrial?

El mundo maderero en Alemania maneja un sistema similar: madera dimensionada para construcción vale 100 a 220 Euro por m<sup>3</sup>, madera laminada unos 300 a 350 Euros, madera dimensional de baja calidad y de tamaño mediano puede salir unos 60 euros y madera industrial puede valer 30 a 40 Euros puesto en la planta. (1 Euro está ahora a 1,10 dólares).

Teniendo en cuenta los precios promedios que manejan un productor privado con certificación FSC, con todas las prestaciones sociales y con todas las vueltas que obligan las corporaciones ambientales, tomamos como precio justo \$4200 pesos /ml = 1,2 dólar por metro.



Foto : Guadua inmunizada con bórax, expuesto para secar y adquirir el color amarillo.

Este es el precio base con que la mayor parte de las constructoras afiliadas a Fedeguadua calculan su costo de materia prima. Sean colegios, salones comunales o puentes, una guadua bien escogida y bien preservada da una garantía de una obra estable y duradera. La ganancia de los

constructores no es en el material, sino en la eficiencia con que construyen y la rapidez con que entregan una obra. La cotización y la pre-fabricación de ciertos elementos es otra clave de éxito.

El constructor experimentado extrae de los planos (diseñados por el arquitecto y calculado por el ingeniero) una lista de dimensiones y tamaños, que requiere su carpintero para elaborar la estructura. El maestro carpintero le dice cuantos meses necesita para esto, pero muchas veces falla esta predicción, tanto en tiempo como en costos. Los carpinteros en Alemania cobran su trabajo en relación de la cantidad de madera que procesan. Ha sido mi intención de copiar este sistema porque me parece justo y es de un proceso fácil para la cotización de una obra, el control de calidad y la elaboración de un cronograma.

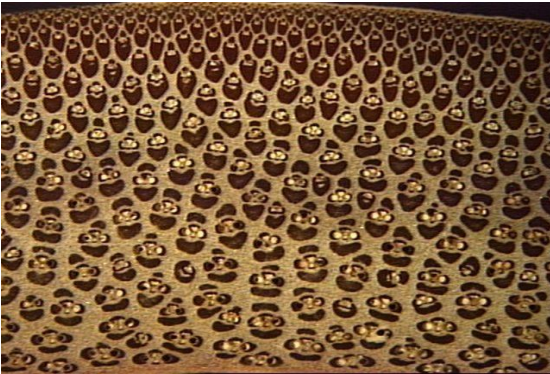


Foto: "Fiberbundles" diferentes a la madera



Foto: Vigas de Guadua laminada

### **Cual puede ser el costo de un metro cubico de materia prima para laminados?**

Según la corporación se considera 10 guaduas enteras y cónicas como un metro cubico en volumen. Según mis cuentas por peso unitario considero unas 40 guaduas de 12 metros, con un peso seco promedio de 25 kg (2,3 kg/metro) como una tonelada. Con un peso específico de 650 kg /m<sup>3</sup> esto serian unas 25 tubos de 12 metros, = 300 metros lineales. Esto significa que la guadua rolliza para construcción, bien escogida y preservada, limpia y seca, cuesta unos 360 dólares por metro cubico? Este valor es similar a la madera laminada en Alemania.

La guadua cruda, sin tratamiento y con precios que ofrecen los guadueros comunes, incluyendo certificaciones por corporaciones, se consigue a 1200 pesos metro (30 centavos), entonces la cuarta de este precio, quiere decir metro cubico alrededor de 90 Dólares. Esto es un valor con que la industria de la guadua puede contar el costo de su materia prima.

Para convertir esta materia prima en "Pellets" el valor es demasiado alto, principalmente por el alto costo de la mano de obra y los costos de transporte en Colombia. Pensar en bambú como fuente de combustible ecológico es prohibitiva. Hay una excepción: En el proceso industrial hay que eliminar la cascara externa, y a veces parte de la piel interna, porque reduce la adherencia del pegante. Este porcentaje puede estar entre el 10 y 15 % y se usa para generación de energía térmica en sus propias instalaciones.

## El “Bamboo Timber Yard” y la venta directa en el Centro de Acopio

El centro puede procesar los tubos perfectos y cilíndricos, sean rectos o de una curva, lavarlos, pasarlos por un tanque de preservación, secarlos y almacenarlos bajo un techo bien ventilado en grupos con diferentes diámetros. Estos palos tienen una calidad de construcción arquitectónica certificada con precios de 1,2 a 2,5 dólares por metro lineal. Una bodega con guadua inmunizada es una verdadera alcancía que tiene mejor valorización que una cuenta bancaria. La primera calidad debería destinarse a la preservación, ya que genera el mejor valor con poca inversión. El material arquitectónico bien escogido se vende tarde o temprano y no se daña. Los costos entre materia prima, bórax, mano de obra, infraestructura y administración pueden alcanzar 2,5 dólares por metro. Guaduas de 12 metros pueden tener un precio relativo mas alto.



Foto: Mirador con guaduas curvas de 12 m.



Foto: Piso en Pinboo, Ecolodge Sumatra.

La calidad de exportación en Colombia se consigue de 3,5 a 4 dólares por metro (FOB), un precio que todavía es competitivo con Bambues de China e Indonesia, que normalmente se ofrecen dependiendo del diámetro entre 1,5 y 2,5 dólares por metro, pero no tienen la calidad estructural, ni son inmunizados contra insectos. En el mercado de los USA se triplicar el valor, porque el importador debe asumir transporte, handling/manejo, bodegaje, su ganancia y los impuestos. En un contenedor 40 pies High cube caben 4000 a 6000 metros lineales, dependiendo del espesor. El costo del transporte de un contenedor suma unos 5000 Dólares entre transporte terrestre, marítimo y costos portuarios. Por lo general se puede asumir un precio de venta con un dólar - por pulgada -por pie, lo que sube una guadua de 4 -5 pulgadas (10 -12 cm) y un largo de 20 pies (6

metros) en 60 a 80 dólares, algunos almacenes venden una guadua de 5 -6 pulgadas (13 -15 cm) con 6 metros en 100 a 120 dólares. Pero con estos precios no hay grandes volúmenes de venta y no se puede sostener un negocio solo con esta línea de productos (“Bamboobarry” quebró en 2012). Grandes obras no pueden asumir precios minoristas y debe importar directamente un contenedor con 6000 metros, lo que puede costar unos \$ 22 -24.000. En 2004 el Zoológico de Leipzig Alemania importó 5 contenedores de Colombia para hacer una fachada temática para su parqueadero. En 2012 volvieron importar el mismo volumen otra vez. Pensé que iban reemplazar la fachada anterior, pero resulta que después de 8 años ex puesto en la intemperie la calidad del bambú todavía estaba tan buena, que se justificó construir otro parqueadero al lado con el mismo sistema.

Una nota al final de este capítulo: he participado en muchas licitaciones y siempre era el más caro, así que por 20% perdí.- aparentemente. Sin embargo cuando se acercó la obra, muchos de mis competidores no tenían el material listo y por necesidad a los licitantes les tocó aceptar mis precios. Nunca me he quedado sentado mucho tiempo en un stock de buena calidad.



Foto: Estructura en *Dendrocalamus asper* de 12 metros, Ecolodge Sumatra, Arq. Lukas Zollinger.

## La construcción con Guadua rolliza

“Evolución de estructuras en Bambu” era una conferencia sobre los diferentes sistemas de construcción con bambú rollizo. Empezando por la admiración de técnicas ancestrales en todo el mundo analizaba sus maneras de hacer casas, puentes y templos. A parte de la típica unión perpendicular de poste y viga con boca de pescado que conocemos de Sudamérica, hay un sin número de uniones más sofisticadas en los países asiáticos. Pero en la arquitectura moderna con madera laminada hay una gama de obras impresionantes, que dejan la ingeniería tradicional de la cercha plana atrás y desarrollan estructuras tridimensionales, trabajan con cúpulas y línea catenaria. El resultado son superficies estructurales, curvadas y moldeadas, que fácilmente se pueden ejecutar en bambú, ya que el bambú por naturaleza es curvado. El uso adecuado de los tubos fuertes y livianos permite crear techos grandes y ligeros, que superan los alcances de la madera y llaman la atención al bambú, con publicaciones en libros y medios electrónicos.

Una excelente documentación de esto se encuentra en el libro “Bambus-Bamboo IL 31” publicado por el Instituto para construcciones livianas de Stuttgart, liderado por el ingeniero Frei Otto. Eda Schaur describe las construcciones en India, Klaus Dunkelberg investigo Indonesia. Junto con otros arquitectos como Bernd Baier desarrollan una secuencia de estructuras interesantes, que son mi fuente favorita de inspiración. Las Torres de Greenschool y de las “tres Montañas” se basan en este libro.

Otro logro significativo ha sido la construcción de puentes en bambú, ya que un puente es la máxima expresión de la capacidad estructural de este recurso natural. Colombia incluyo todos los logros e investigaciones en su reciente actualización de la norma sismos resistente NSR 10. Ahora es posible de construir legalmente con guadua, basándose en cálculos estructurales que se guían por las indicaciones de un capítulo especial sobre bambú. El proceso de ampliar y profundizar el conocimiento académico esta continuando. Otros sistemas constructivos y tipos de uniones que todavía están en proceso de desarrollo, deben cumplir con ciertas normas de cosecha, preservación y selección para ser aceptados por las autoridades municipales.

Muy importante son los conceptos de protección por diseño: Buenas Botas y Buen Sombrero. Para proteger las estructuras de las lluvias, el bambú necesita unos pedestales, que alejan los postes de la humedad ascendente y techos con aleros grandes.

El consumo promedio de un kiosco o un salón comunal tiene 5 a 6 metros lineales (1 palo) de Bambu por metro cuadrado de techo. Una casa tradicional en bahareque lleva el doble, (por las paredes), un puente de 30 metros puede consumir 600 guaduas de 6 metros. El consumo de la materia prima da una rápida idea sobre los costos de la obra: cada metro lineal de guadua aplica con 2 a 3 dólares, la mano de obra del carpintero 1,5 a 2 dólares, con maquinaria y tornillería 1,5-2 dólares. Los costos directos de la estructura en bambú suman entre 5 y 7 Dólares por metro lineal, la administración, utilidad e impuestos suman usualmente el 25 %. Según esto se puede esperar que un kiosco con techo de 30 metros cuadrados requiere 150 -180 metros lineales de Guadua.  $150 \text{ ml} \times \$6 \text{ usd} = \$900 + 25 \% = \text{aprox } \$1100 \text{ usd}$  sin contar con el piso y la teja, electricidad etc.



Foto: Unión cónica "lápiz" con grouting



Foto: Unión con esfera "mero", estructura espacial



Render: Propuesta de un puente de 50 metros con estructura tetraédrica en bambú. UTP Pereira.



Foto: evaluación del rendimiento para informe sobre latas y laminados de guadua. GTZ 2002.

## Producción artesanal de laminados de Bambu

Inspirado por una visita a China en el año 2000, donde el Inbar me invitó a conocer una fábrica de pisos de bambú laminado, construí una sierra con doble disco para facilitar la fabricación de tablillas, (en Colombia llamado “latas”). Por encargo de la GTZ se analizó el rendimiento en cuanto a la materia prima, los costos de mano de obra e insumos para hacer unos muebles en guadua laminada. El informe “latas y laminados en Guadua” presentado en 2002 sorprendió por tres resultados:

- 1- Solo la mitad de los palos de guadua cosechados servían para la producción de latas, el resto era muy torcido o tenía otros defectos. De esta mitad solo la parte basal daba buen rendimiento, mientras la delgada pared en la parte alta no permitía sacar latas “limpias” (sin cascara).
- 2- En la parte basal podían sacar entre 6 y 7 latas limpias, pero en el proceso de secado y cepillado se producía mucho aserrín. Solo el 34 % de lo que era el tallo rollizo termino como laminado neto. El proceso requería hasta 6 pasos por maquinas, que implicaba demasiado costo en mano de obra.
- 3- El aserrín, entonces el 66 % restante se convertía en el combustible para el horno de secado, junto con las puntas delgadas y los tacos torcidos. Teniendo en cuenta que todo este aserrín era producto principal de unos 12 operarios, se puede decir que era el bio-combustible más caro del mundo.

Las dos empresas Colguadua y Ecobamboo que se dedicaron de lleno a buscar una salida económica a través de productos laminados con valor agregado quebraron a final de unos años.



Foto: El “Bamboo Buggy” eléctrico, el marco es una sola cinta de guadua laminada.

Sin embargo hay un legado importante: Colciencias encargo la Universidad de los Andes a evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las vigas laminadas, pensando en vivienda y la necesidad de incluir esta madera artificial en el código oficial. El NSR 10 es el resultado de esta investigación.



Foto: Sierra de doble disco y cepilladora en Timor Leste en un proyecto de la ONUDI.

Como consultor de la ONUDI he instalado fábricas de bambú laminado en 6 países, incluyendo México. Con una selección de máquinas chinas especializadas en la fabricación de laminados se puede automatizar algunos pasos, pero la ineficiencia en cuanto al resultado neto frene a la gran necesidad en materia prima queda igual. Aunque los procesos son sencillos y se necesita poco pegante (3 -5%) para hacer laminados, los precios por metro cuadrado eran alrededor de \$ 40 dólares, debido a la ineficiencia de esta tecnología. En China hay pisos de \$10 a \$18 dólares /m<sup>2</sup>. Este precio tiene que ver con la integración de varias fábricas asociadas, que se especializan en los tallos que no sirven para las latas, por ejemplo utilizando los tallos de pared delgada para cortinas.

Las Fábricas de los programas de la ONUDI tienen carácter de formación profesional y pertenecen usualmente a instituciones educativas estatales, - por ende no han sido manejados con el rigor de empresas privadas. Estas manufacturas solo muestran la viabilidad técnica y preparan personal para una próxima escala de inversión mayor y privada con plantaciones grandes en bambú y su debido procesamiento para surtir el sector maderero local. Hay varios ejemplos exitosos, especialmente interesante el uso de *Dendrocalamus asper* en Timor Leste.

A pesar de ser competitivos en el mercado local, ninguna ha podido exportar o cercanamente sido competitivo con China. Una típica fábrica en China produce como 20.000 a 30.000 metros cuadrados de pisos o tableros laminados al año. Contando con la materia prima que es suministrado por los campesinos organizados en cooperativas asociadas a la empresa, hay un control de calidad y de madurez. A veces hay un cierto grado de pre-procesamiento en zona rural que permite reducir el espacio de la fábrica. La maquinaria china es relativamente sencilla y fácil de reparar. Normalmente se ponen varias sierras, cepilladuras, secadoras (con sus 30 a 60 respectivos operarios) en paralelo, para surtir a una prensa, que por costos de inversión es la máquina más costosa y forma el cuello de botella de la producción. Un metro cuadrado cuesta FOB China entre 12 y 18 Dólares/m<sup>2</sup> según la calidad y la marca. El mercado Europeo está saturado y la calidad, especialmente la dureza "Brinell" no cumplía con las expectativas de muchos clientes de tiendas, que se vieron obligados a lijar y volver a sellar el piso una vez al año.





Foto: Prensa experimental con 100kg/cm<sup>2</sup>

Foto: Viga estructural con Guadua

### Producción industrial de Woven Strand Board en pequeña escala

En la búsqueda de un piso más duro y duradero se desarrolló el Strand Woven Board. Basándose en una prensa muy fuerte de 100 kg/cm<sup>2</sup> se compactan los strands, una especie de bagazo de bambú, en un molde de hierro. Luego se entran estos moldes varias horas en un horno para activar el pegante fenólico. Al abrir el molde se obtiene un bloque similar a la madera, que pasa por sierras y lijadoras hasta recibir un acabado de aceite con un Filtro de protección de luz Ultra violeta. Las tablas son sumamente pesadas (1,2gr/cm<sup>2</sup>) y contienen entre 12 y 18 % de pegante.



Foto: Fibras de Bambu en centro de pre-procesamiento

Foto: Bloques de WSB curados.

Un metro cubico pesa entonces 1200 kilos, del cual una tonelada es bambú y 200 kg son pegante. Una metro cubico de WSB requiere aproximadamente 2 metros cúbicos de bambú como materia prima o 40 palos de 12 metros con un peso seco de 25 kg. Todo palo sirve, ya que la fibra es triturada y similar al bagazo de caña. Teniendo en cuenta que una hectárea produce 700 palos al año, podemos decir que nos produce la materia prima para 17,5 metros cúbicos o 20 toneladas de WSB. En pocas palabras: Una hectárea procesada – un contenedor exportado. Una línea de procesamiento de 5000 m3/año en Strand Woven Board puede trabajar en tres turnos con una productividad del 70%. Para surtir una producción eficiente de tres turnos se debe contar con 500 hectáreas por fábrica. Pero puede tener 50 empleados por turno, dependiendo del grado de pre-procesamiento de la materia prima. Un metro cuadrado de piso SWB puede costar entre 20 y 30 dólares FOB, según calidad de pegante, la densidad específica y la marca.

**La industria del Bambu en China**

Desde los años 90 conocemos los pisos de bambú, una duela compuesta de tablillas de bambú, que ganó fama en los mercados por su color claro y su dureza. Desde entonces se han visto docenas de versiones técnicas de ensamblar estas tablillas de 5 x 20mm.

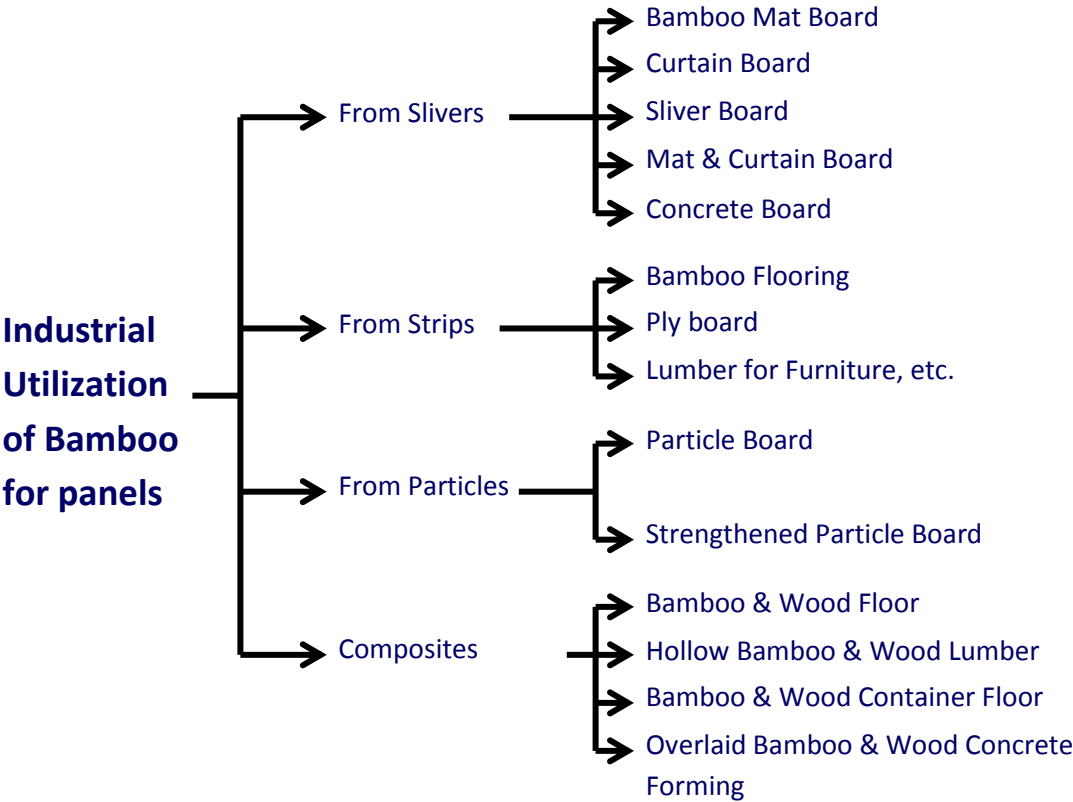


Gráfico: Utilización de Bambu para paneles industriales (Inbar).

Los Chinos han lanzado tableros en varios espesores y dimensiones, ganándose con 3 billones de dólares anuales un pequeño porcentaje del 1,5% en el mercado mundial de la madera.

Pero también tienen bien estructurado su materia prima: El bambu según tamaño y calidad de culmo se procesa en slivers (strands), Strips (latas), particles (asserin) y fibras (fibras).



Foto: Bambu descortezado y triturado, materia prima para la prensa de Woven Strand Board.



Foto: Prensa de bloques WSB en molde frio

Foto: Prensa de tableros WSB con platos calientes



Foto: varios tipos de pisos en Bambu



Foto: Vigas en Woven Stand Board, Outdoor

Últimamente se ha visto en China incremento de consumo interno de sus propios productos madereros incluyendo pisos en bambú. El mundo no solo quiere comprar productos de bambú, - algunos países tropicales también quieren comprar maquinaria para procesar sus propios recursos. La organización INBAR enlaza el Occidente con la investigación y desarrollo. GUOSEN, una empresa asociada al Inbar en la ciudad de Xindao, es una buena dirección para ver los últimos desarrollos en maquinaria, pero también hay otras empresas en varias ciudades, principalmente en Anji, cerca de Hangzhou, donde se encuentra todo tipo de maquinaria especializada. El 86% de la gente en esta ciudad vive directamente ligada a la industria del bambú.



Foto: prensa WSB de 20 platos



Foto: Vigas estructurales y pisos para "out door decks".

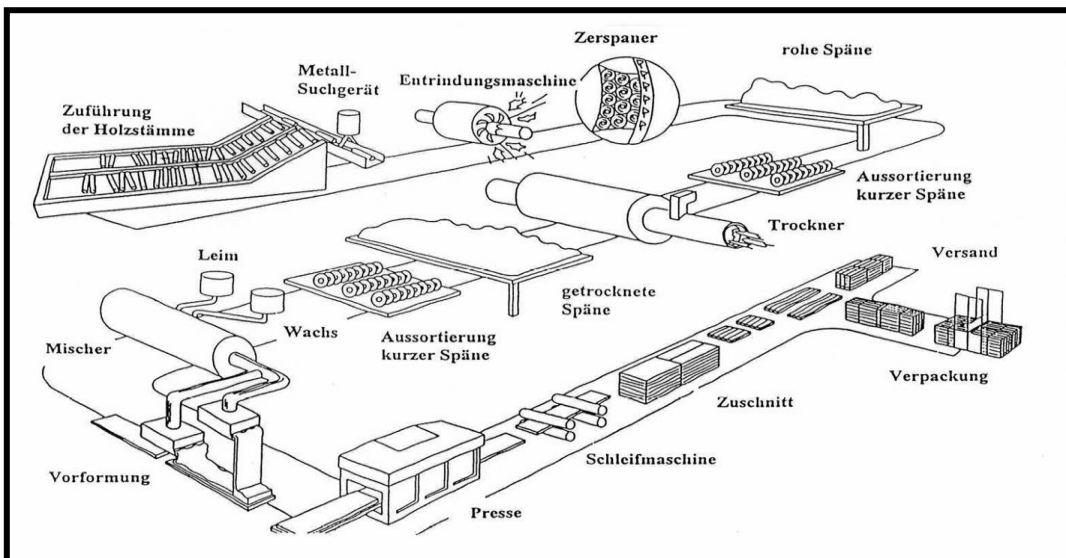
Mientras hace 15 años fue muy difícil conseguir información sobre maquinaria para procesar bambú, ahora hay catálogos online y las visitas a las fábricas ya no son prohibidas, al contrario: ya se ven videos en YouTube, con la última generación de Prensas para hacer pisos y paneles WSB.

( <https://www.youtube.com/watch?v=goUfYBYsabc>,  
<https://www.youtube.com/watch?v=lrmpuJZSYJ4>).

### Líneas de procesamiento modernas versus tecnología de los 70's.

La maquinaria en la industria maderera moderna juega en una escala de producción unas 100 veces mayor que hace 30 años, usando la misma cantidad de personal. En Estados Unidos de America se ha desarrollado en los años 70 el Oriented Strand Board (OSB), un tablero que era de fibra más larga y por ende más fuerte que los tableros de formica (particle boards) de los 60tas. Alemania, Suecia y Austria pronto se volvieron líder tecnológico en prensas de madera y producían prensas calientes con múltiples niveles para todo el mundo. Una empresa alemana "Dieffenbacher" exportó en los 80's un tipo de prensa para producir MDF a China. Casi 30 años después, aunque la patente todavía está pendiente, China está copiando esta misma prensa y ofreciendo la tecnología como la prensa caliente para hacer tableros altamente comprimidos, llamado Strand Woven Boards. Visitando la empresa Dieffenbacher, que ahora – con la apertura económica - también tiene una sucursal con fabricación de maquinaria en China, pregunté porque la empresa madre en Alemania no se queja por ser plagiado. La respuesta era sorprendente: La tecnología de la "Day light press", por el alto impacto de mano de obra, ya no es competitiva!

Además de tener limitaciones de una cierta longitud, como el tamaño del tablero estándar de 4 x 8 pies (122,5 cm x 244,5 cm). Las prensas de bloques están limitados por ahora a 200 -250cm x 16 x 16 cm. Sin embargo se pueden hacer vigas laminadas de cualquier tamaño, simplemente ensamblando tablas cortas hechos en WSB en forma de una viga larga, sea curva o recta.



Conclusión: Los verdaderos negocios ahora juegan “en otra liga”. El nicho del mercado donde juega el recurso bambú es significativo para China, no hay una competencia seria para los grandes.

De pronto el WSB de los “daylight presses” no puede competir en producción y precio con las prensas continuas, pero siempre habrá clientes con pedidos especiales, como vigas laminadas estructurales. Si las tablas son cortadas de 12 mm se dejan curvar y pueden ser re-ensambladas sobre una horma curvada, creando una viga curvada de cualquier tamaño. El aspecto del bambú combinado con su extraordinaria capacidad de carga abre nuevos mercados donde normalmente solo juega el acero. El trabajo de promoción está en manos de los arquitectos!

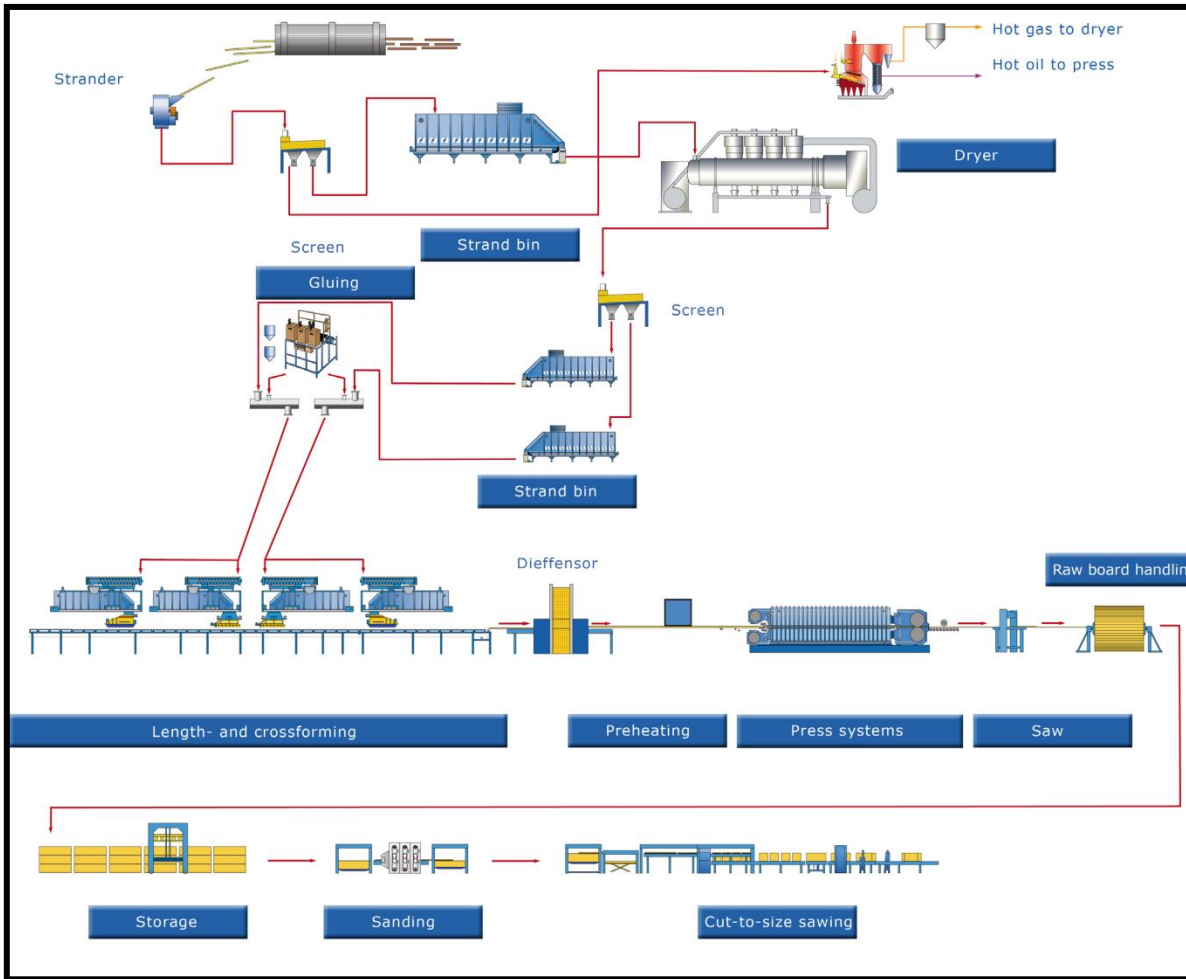
### **Producción industrial de tableros WSB o MDF en mediana escala**

Si hay más de 5000 hectáreas en Bambu disponibles se puede considerar la próxima escala de producción con 100,000 metros cúbicos. Las líneas de procesamiento continuo son totalmente automatizadas y solo necesitan dos operarios de control. Sin embargo hay entre 60 y 80 empleados incluyendo recepción y preparación en el patio de maderas y despacho de camiones.

La inversión aparentemente multimillonaria para una línea automatizada de tableros OSB y MDF, se justifica por la alta productividad. Los costos de inversión en maquinaria e Infraestructura se deben relacionar con la disposición de un alto volumen del “Input” en materia prima uniforme, suministrado con gente bien organizada y capacitada.

El “Output” de una maquinaria totalmente automatizada debe ser de alta cantidad y calidad uniforme con el fin de rebajar los precios unitarios del producto final. Estos productos una vez técnicamente certificados por una marca, son vendidos fácilmente a través de redes de distribución y almacenes de construcción.

Aunque una planta MDF de 130.000m<sup>3</sup> como la de Barbosa en Colombia (Dieffenbacher) es todo un orgullo para el país, en comparación con la producción de plantas modernas de Siempelkamp con 500.000 m<sup>3</sup> es considerada pequeña y poco competitiva al nivel mundial.



Pero en el caso de Colombia, donde simplemente se trata de reducir la importación de productos madereros, una línea producción pequeña a mediana puede ser rentable, especialmente si logra beneficios fiscales. Un metro cuadrado de MDF, 18 mm en Colombia se vende en 7 Dólares, 55 metros cuadrados nos indican el precio por metro cúbicos alrededor 350 Dolares.

#### Unos Casos concretos:

Una línea de Woven Strand Board, instalado en Bali, Indonesia con 5000 m<sup>3</sup> puede costar 2 a 3 millones de dólares, incluyendo la infraestructura (Ejemplo INDOBAMBOO). El metro cubico del prensado puede costar 1000 dólares (m<sup>2</sup> = 20 dólares). Mientras una fábrica "mediana" de Middle Density Fiberboard (MDF) en Barbosa (TABLEMAC), Colombia con producción de 130.000 m<sup>3</sup> anual costó 60 millones de dólares. Un metro cubico de MDF vale FOB China unos \$200 usd. Un m<sup>2</sup> con 18mm, producido en Colombia, puede venderse al minorista (Homecenter )por \$ 5,5 /m<sup>2</sup>.

Los costos de infraestructura se difieren a 10 años, tanto por fatiga y por amortiguación fiscal. Dependiendo de la cantidad de metros cúbicos producidos en este lapso del tiempo, la inversión inicial en Maquinaria e Infraestructura se reduce significativamente. Sin embargo es importante

buscar la reducción de aranceles en importación de maquinaria y reducir los costos de la construcción de bodegas y techos en la fábrica mediante la utilización del mismo bambú.

Indobamboo:  $\$ 2'000.000 / 5000 \text{ m}^3 = \$ 400$  o  $\$ 40/\text{m}^3$  en 10 años. Se comparan con Tablemac:  $\$60'000.000 / 130.000 = \$ 460$  o  $\$46/\text{m}^3$  en diez años. (Estos datos son sacados por publicaciones oficiales en la prensa).

El costo de inversión puede reducirse trabajando dos o tres turnos, siendo capaz de vender los productos tan rápidamente como se producen, la relación entre las dos escalas de producción y el costo de infraestructura es casi igual.

El verdadero reto es en el costo de la mano de obra: Mientras la fábrica Woven Strand Board necesita 60 operarios incluyendo patio de maderas y despacho, la línea automatizada requiere los mismo, pero con una productividad 20 veces mayor. Con un costo promedio de 500 dólares /mes (en el caso de México o Colombia), esto recarga  $\$18.000 \times 12$  meses o  $\$216.000$  usd por  $5000\text{m}^3 = 43$  usd / $\text{m}^3$ , mientras la fábrica automatizada con  $130.000\text{m}^3 = 1,66$  usd/ $\text{m}^3$ .

### **Producción mediana de tableros con fibra cemento CSP+**

Tableros de madera – y de bambú- son sucesibles a deformación por la humedad alta del clima tropical. Hay tecnologías como el termo tratamiento, que impiden la absorción celular de la humedad (Accoya / titanwood) y reducen el estrés de los pegantes. Pero hay también otros pegantes que no son a base de petróleo, sino de minerales como las piedras calizas.

El cemento se puede mezclar con varios aditivos y resulta un excelente pegante para fibra de madera, que – una vez fraguado- logra una resistencia total contra la humedad. Antes conocido por marcas como Eternit, hay varias empresas que producen tableros de fibra cemento, sheet rock o Superboard. El producto tiene un 30 % en peso de aserrín de madera y 60 % cemento.

Una empresa líder en la producción de la maquinaria para hacer tableros de fibro-cemento es BINOS. Un producto único fabricado en una planta de ellos en Rusia es un tablero llamado CSP+, un híbrido entre OSB y Superboard, pero con una resistencia más alta. Se deja cortar con sierras radiales, perforar y atornillar y sirve como “formaleta perdida” en la ingeniería civil porque no se moja. BINOS están experimentando con fibras de Bambu, con el fin de lograr todavía más resistencia de las propiedades mecánicas de los tableros. Bambu ofrece 3 veces más resistencia que el pino. La escala mínima de producción son  $50 \text{ m}^3$  por día, que significa que se necesitan 15 toneladas de fibra de bambú, o algo menos que una hectárea/día. Costos del producto deben ser similar al eternit y superboard, así que hay que tener en cuenta una escala de producción competitiva. Negociaciones con la cementeras son clave del éxito, de pronto se pueden hacer joint ventures con ellos, ya que es más probable tienen el capital para la inversión que una cooperativa de productores de bambú.



# Leading Cement Board Technology

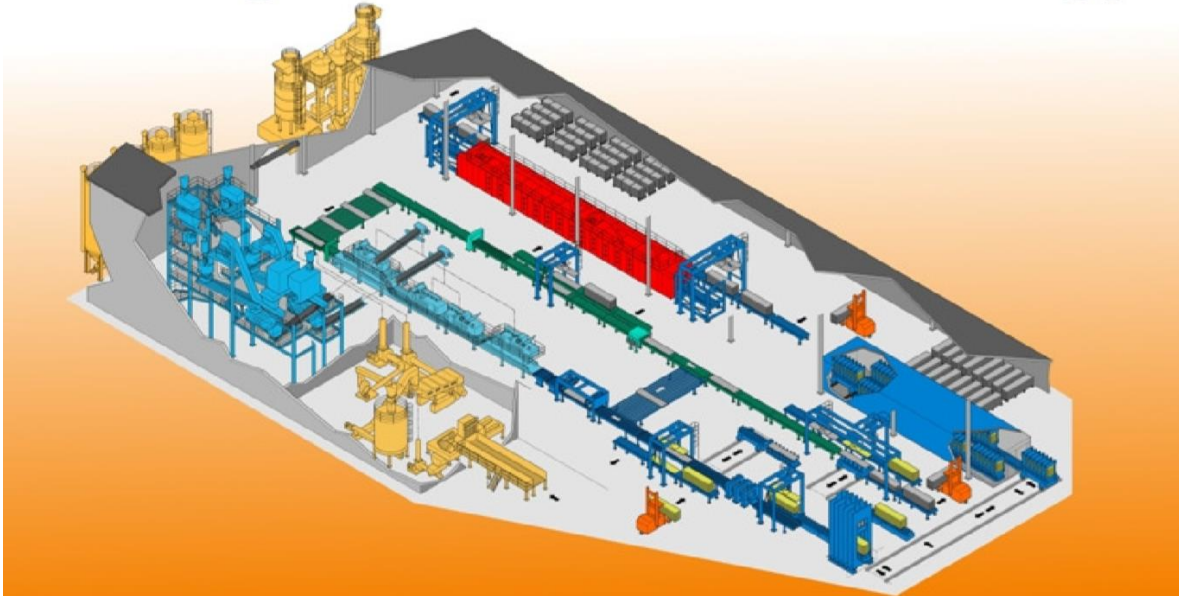


Gráfico: Cuando se compra una línea de producción industrial, no hay que pensar solo en la maquinaria, también en la infraestructura como vías de acceso, edificios, agua y electricidad.

## Requerimientos materiales y energía

- Madera (seca) 280 – 300 kg/m<sup>3</sup> Maderas descortezadas tipo aguja, (excepto Larix)
- Contenido de azúcar ≤ 0,4 %
- Cemento 770 – 820 kg/m<sup>3</sup> Portland cemento CEM 1+2 42,5 R | 32,5 R
- Aditivos 42 – 48 kg/m<sup>3</sup>
- Agua 440 – 475 kg/m<sup>3</sup>
- Consumo de aire comprimido 36<sup>\*)</sup> Nm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>
- Consumo de energía 220<sup>\*)</sup> kWh/m<sup>3</sup>
- Consumo de calor 160.000<sup>\*)</sup> kcal/m<sup>3</sup> \*) esperado

Gráfico: Para los costos de producción no solo cuentan los insumos y la mano de obra, también el consumo energético en kilovatios y kilocalorías. Algunas plantas necesitan tratamiento de aguas residuales, Filtros de aire, tratamiento previo del agua en las calderas y planes de contingencia del ruido. Todos estos gastos por infraestructura pueden doblar el costo de la inversión en maquinas.

### Investigación de acero vegetal con resina epoxi

Fibras de bambú son tan flexibles que se dejan comprimir en moldes curvados. Dependiendo del refinamiento de la fibra se pueden obtener curvas con un en un radio muy reducido, sin perder la cohesión y con esto su principal argumento: la alta capacidad a la tensión. Con la ayuda de una resina epoxi se puede crear un sustituto de acero, pero debido a la resina es inerte a lluvia acida o lixiviados contaminados con sustancias agresivas. Una empresa en Chile usa estas barras de acero vegetal en los concretos de la minería. Dirk Hebel, investigador de la ETH Zúrich en la sede de Singapur sorprendió con publicaciones de un desarrollo interesante en con una malla de bambú para losas de concreto.

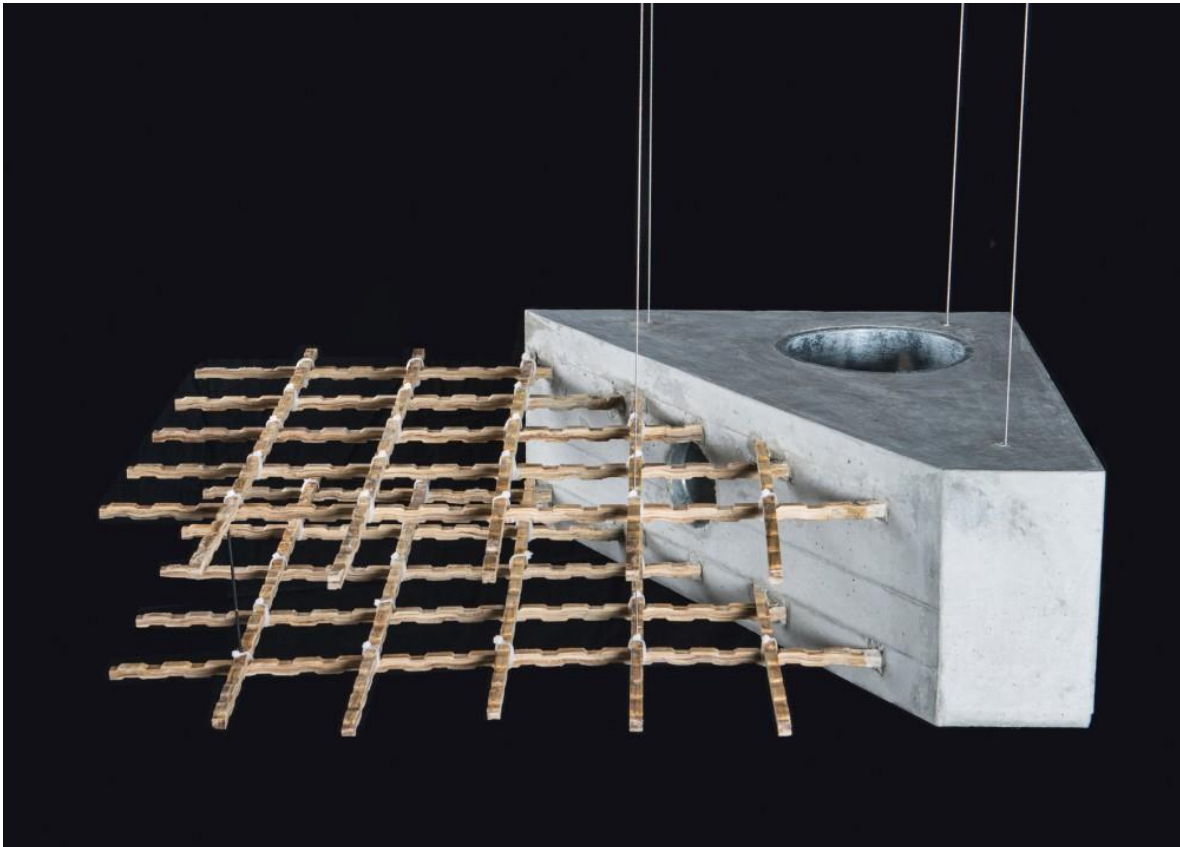


Foto: Malla de bambú comprimido y estabilizado con resinas epoxi. ETH Zurich, Arq. Dirk Hebel.

Las fibras de altísima resistencia se obtienen de un bambú etíope llamado Oxithenantera abesinnica. El proyecto de investigación pretende de proponer una solución a la importación de acero, para reducir gastos en divisas. Sin embargo queda la pregunta como sustituyen la importación de la resina epoxi. En Brasil hay productores de resina a base de Higuera / Mamona que por lo menos es producido a base de una producción con recursos naturales sostenibles.

Queda el dilema que por ahora todos estos sustitutos quedan más caros que los productos basados en petróleo fósil. El bambú altamente comprimido con resina epoxi estándar ya es cara.

**Costos innecesarios: La fiscalización de los recursos naturales**

El mundo clásico contaba con recursos naturales aparentemente ilimitados. Estos modelos económicos funcionaban durante milenios y se reflejaban en la organización social medieval de las “castas”: el campesino, el artesano y el comerciante. Justificado por la iglesia la clase aristócrata era encargada por la iglesia de cobrar el diezmo del papa y el diezmo del Rey, este 20% se consideraba justo. La clásica fuente de impuestos y rentas es el sector de las materias primas. El feudo medieval ha sido reemplazado en las democracias modernas por programas políticas fiscales muy sofisticadas, con varias clases de impuestos directos e indirectos, con que se dirige el desarrollo del país. Hoy se impone el “IVA” a la transformación con el valor agregado y a todos los sectores cobran impuestos a la renta, además hay los impuestos al capital y a las transacciones financieras, en Colombia también se cobra un “impuesto de guerra” y los llamados impuestos parafiscales que suman más del 75% sobre la ganancia en el sector de la industria, mientras el promedio sudamericano está en el 46%. %, lo que explica porque más del 40 % de la madera comercial en Colombia es importado de Chile, el principal productor de madera reforestada. Es interesante que el sector bancario solo tenga un impuesto máximo del 44%. (Datos según la ANDI, la Asociación Nacional de los Empresarios en Colombia).

TASA EFECTIVA DE TRIBUTACIÓN/TASA EFECTIVA DE TRIBUTACIÓN EXCLUYENDO SEGURIDAD SOCIAL Y PARAFISCALES

Minería: 72,3% / 71,7%, Industria: 77,2% / 72,4%, Electricidad: 42,9% / 42,0%, Transporte: 68,2% / 64,4%

Servicios a las empresas: 70,1% / 48,4%, Otros servicios: 51,1% / 33,4%, Resto sectores: 76,5% / 72,7%

Promedio TOTAL: 68,1% / 64,9%

La justificación de este valor tan alto por parte del gobierno: Según cálculos de la DIAN, la evasión en renta es del 25% y en IVA del 20,9%. Enfrentar este desafío no da espera, el funcionamiento del estado y las inversiones sociales deben ser responsabilidad de todos los colombianos y la verdad es que no lo han sido.

Según los datos del Doing Business del Banco Mundial, la tasa efectiva de tributación en Colombia es la tercera más alta de la región después de Argentina y Bolivia y muy por encima del promedio de América Latina (46,7%). Chile tiene 41%, - ningún milagro que logra precios competitivo y exporta a Colombia.

Fuente: Asociación de Nacional de Empresarios en Colombia, (datos ANDI 2013, publicado en PORTAFOLIO)

A parte de estos impuestos directos hay también impuestos indirectos, generando empleo en oficinas estatales de las instituciones, pero acabando con la inversión privada en zonas rurales.

El ministerio de medio ambiente con sus sucursales regionales, las corporaciones ambientales, es encargado de la protección de los recursos naturales. El mercado de la madera en Colombia sigue siendo controlado por estas corporaciones, constituyendo un feudo moderno de los senadores de turno. A pesar de una política de “protección total de los bosques naturales”, todavía hay concesiones madereras a través de “permisos comunitarios” para las que las etnias nativas u afro - colombianas que “desde siempre” viven en estos selvas y reclaman el derecho tala para de hacer

sus casas. Pero obviamente todas estas maderas terminan como casas en Medellín, Cali o Bogotá. A pesar de toda intención de salvar los recursos naturales, en últimas se sigue en la misma tónica de acabar con la selva mientras hay un árbol en pie. El único argumento de no hacerlo consiste en el alto costo de transporte. Los últimos arboles grandes están en las lomas muy empinadas o muy retirado de las carreteras y esteros. Teniendo en cuenta que el Ministerio de Vivienda y el ministerio de Ambiente están bajo el mismo techo, - en los gobiernos de turno la política de crear vivienda de interés social da votos y tiene prioridad sobre la protección de la selva.

Una producción masiva de un sustituto de madera a precios competitivos podría atender la necesidad de vigas y tablas en el mercado de la construcción y por ende bajar la presión sobre los últimos bosques naturales. Paralelamente se debe ligar las constructoras más directamente con los programas de reforestación con especies nativas. Esto reduce gastos de control que de todas maneras no funcionan con la eficiencia esperada. Más vale apuntar a la creatividad.



Foto: Techo de una “Yurta”, un dormitorio para visitantes en Greenschool, Bali. Elora Hardy.

A pesar de todas estas “certificaciones” de las autoridades ambientales, no hay ningún efecto positivo sobre la protección de los recursos nativos. En el caso de la guadua solo se encarece el producto, los dueños de los guaduales están aburridos de cuidar tierras totalmente improductivas.

Pero hay noticias positivas:

El las llanuras de la Orinoquia y en buena parte de la Amazonia con sus potreros y coteles quemados con glifosato se está reforestando en gran escala, financiado por compañías privadas.

No todo son maderas nativas (aunque también ocurre), normalmente son plantaciones de maderas de rápido crecimiento como Paulonia, Acacia, Pino etc. En buena parte se está “reforestando” con palma africana para la producción de Aceite vegetal. Mientras este taparrabos aquí se promociona como bio-combustible, el monocultivo de la Palma africana ha acabado con las selvas en Indonesia, solo quedo el 12%. Parece que en Colombia solo se puede establecer plantaciones en terrenos baldios, y no hay permisos de deforestar especies nativas. Esta por verse!

El mercado moderno de la madera ya se volvió internacional e incontrolable por el nivel fiscal nacional. Grandes grupos económicos abarcan todos los tres sectores productivos: primero invierten en concesiones de bosques naturales, también compran y operan maquinaria millonaria para hacer productos madereros como tablas o tableros semi-terminados, y finalmente los transportan de un continente al otro donde los comercializan como “comodities”.

Ghana, igual que Indonesia tiene un clima tropical muy parecido como Colombia. La selva ya fue totalmente deforestado y ni los pocos parques naturales nacionales se salvaran. Pero hay conciencia de reforestación por parte del estado y las empresas madereras. La especie bambusa vulgaris ocupa grandes terrenos degradadas y es una excelente Fuente de materia prima.



Foto: Primer arco de una cúpula en Bambusa Vulgaris, construido por austriacos en Apam, Ghana.

La reforestación en sitios remotos y áreas privadas pequeñas brinda oportunidades de trabajo para la población rural. Pero la necesidad de registrar la plantación con especies nativas significa una expropiación por parte del estado. Sin registro el propietario no tiene derecho de usufructuar su esfuerzo y los productos de su tierra. Aunque haya registrando la plantación, todavía necesita - cada vez que quiere entresacar unos palos - pedir visitas de técnicos forestales que verifiquen y certifiquen y cobren y gestionan.... Una pesadilla!

El Auto control - Una un sueño o la muerte segura de los últimos reductos forestales?



**Foto: Cupula de 20 x 30 metros con Bambusa Vulgaris. Escuela para Artes Aplicadas, Vienna.**

### **La sobre protección de un recurso en peligro de extinción ?**

En el caso de la guadua, siendo un pasto gigante, que por ley forestal internacional cuenta como “producto de bosque no maderable” y por ende no sería gravable por impuestos. La ley colombiana usa el truco de declararlo como recurso natural en via de extinción. El estado impone el derecho de expropiar el bosque de guadua, aunque lo siembro su abuelo (30 metros a lado y lado de cada rio es zona protectora) o confiscar el camionado con la guadua, - si no ha sido previamente gestionado, autorizado y pagado un certificado de exención. Haciendo esta gestión implica la contratación de un ingeniero forestal, un estudio de inventario casi científico, consignaciones de costos administrativos y una demora hasta seis meses, lo que incrementa el

costo a los productores por un 30%. El mercado de la Guadua en Colombia colapsó, también se acabó con la competitividad de la guadua en los mercados internacionales. Lo que no ha mejorado con toda esta implementación de la “gobernanza forestal”, es la cobertura de guadua. Muchos campesinos y hacendados eliminan ilegalmente sus guaduales, para no perder sus tierras, ahora oficialmente condenadas a ser improductivas. Una salida de este dilema se está buscando con la formación de núcleos forestales, donde varios dueños de guaduales se organizan y comparten los costos de gestión de la certificación.

Los programas de reforestación estatales y con financiación internacional ejecutaron entre 1994 y 2003, pero la revisión solo se encuentra en un 15 % en pie, - el resto de la inversión en bosques se esfumó, pero no por incendios, -muchas veces ni siquiera llegó a ser plantado. Esta triste nota era uno de las conclusiones en la Conferencia internacional de Bosques 2003, en Santa Marta. Fuente: Peter Saile, GTZ, 2003.

Reconociendo está perdida ya es un camino en la dirección correcta, porque no hacemos un paso más y liberamos la inversión forestal? Se necesita una ley forestal con exención de impuestos sobre la siembra de especies nativas incluyendo la guadua. Contando con recursos naturales renovables, garantizamos una fuente futura de materia prima. También hay que combinar la exención de aranceles a la importación de maquinaria maderera para apoyar el segundo sector, la mecanización y transformación con valor agregado. Instalando, manejando y manteniendo nuevas tecnologías se logra automáticamente la capacitación de mano de obra calificada y posibilita la innovación y creación productos competitivos.

### **Reseña histórica de la tecnología maderera.**

La era de la industrialización inició en Europa hace 250 años y la necesidad de carbón vegetal acabo pronto con los últimos bosques nativos europeos. La industrialización también acabó con el orden social, aunque la mecanización también creo nuevas tecnologías y la ingeniería. Por necesidad nace también la ingeniería forestal, en la ingeniería civil, la mecánica, la eléctrica.

El procesamiento de la madera ya no consiste solamente en el aserío de los troncos. Tanto para plantas como el bambú, como para las palmeras existen líneas de procesamiento que permiten transformar el tallo hueco y torcido en tableros uniformes con vetas hermosas y buen mercado. Mientras antes solo se aprovechaba el tronco de un árbol, ahora hay maquinaria automatizada que incluye hasta las ramas más torcidas en un abanico de productos comerciales. El aserrador de antes estaba contento si obtenía con el 50% de un tronco redondo, mientras el resto se convertía en aserrín y leña. Ahora el 100% de la materia prima es aprovechada y los pocos porcentajes del aserrín ingresan como insumo energético al proceso, por de hornos de reactor fluido. LIGNA, la Feria de la Madera más grande del mundo abarca 1500 expositores, cada uno con docenas de máquinas especializadas, atiende a 90.000 visitantes, entre ellos 40.000 del exterior, una cifra que muestra la internacionalización de la producción de madera y la competencia mundial.



Foto: Automatización con tableros de fibro cemento. (Binos) Alemania.

El Reporte de la FAO para 2015 menciona un análisis detallado de la producción maderera mundial, aquí solo voy a mencionar unos renglones de los 2000 millones m<sup>3</sup> en madera redonda. De esto son madera aserrada 439 millones m<sup>3</sup> y la producción tableros en madera es de 388 millones de m<sup>3</sup>, con un incremento de 5,5 % anual. Pellets son de moda pero abarcan solo 26 millones m<sup>3</sup>, algo que muestra que la mayoría de la madera es transformado con valor agregado. La estadística muestra que aparte de la madera industrial otros 1800 millones de m<sup>3</sup> son usados como leña, algo que muestra la necesidad de tecnificar el aprovechamiento de los bosques y ofrecer alternativas como estufas eficientes a la población rural.

### **En Sudamérica todavía no hay grandes cultivos de Bambu?**

Para llegar a esta liga superior de la industria maderera mundial, se necesita primero jugar en la liga regional. Si hay un mercado regional, es interesante desarrollar una industria con poca inversión inicial. Capacitar la cadena de suministro, los operarios de fábrica y abrir un mercado con nuevos productos toma tiempo. Pero teniendo en cuenta que hoy hay mercados libres, también el consumidor pequeño del mercado regional cuenta con centros madereros que ofrecen precios bajos de tableros OSB, MDF, Formica, vigas LVL y madera laminada importada. Para lanzar una fábrica de bambú prensado hay que buscar un nicho especial regional donde puede competir mientras crece y mientras se establecen plantaciones propias de tamaño agro- industrial.

Si un cliente ya tiene establecido su lugar en el mercado y cuenta con suficiente materia prima disponible, es fácil encontrar la línea de producción apropiada. Hay fábricas de maquinaria que ayudan con el plan de negocios, consiguen cofinanciación con respaldo estatal, y adaptan sus



tecnologías a procesar recursos naturales leñosos, como palmas o residuos de la producción agrícola (ramas de algodón, marabú cubano).

## **Conclusiones**

Colombia es uno de los países con más crecimiento de biomasa por hectárea/año pero importa el 40% de todos sus productos madereros de Chile y 15% de China.

La meta del crecimiento en cantidad y calidad requiere unos estímulos que motivan al productor y el sector de la transformación. En vez de más normas y certificaciones se debería liberar el uso de los recursos naturales, si pueden demostrar que el aprovechamiento es sostenible.

Ofrecer créditos blandos como “incentivos forestales” requiere más mecanismos de control, que solo se justifican sobre áreas grandes que pueden ser controlados por fotos satelitales y GIS.

Se debería fortalecer la modernización de maquinaria, bajar aranceles de importación, dejar tiempos de gracia fiscal para inversiones forestales y aclarar títulos de propiedad de tierras y asegurar la seguridad.

Hay tecnologías para cada escala de producción y cada tipo de recurso natural, sea de plantaciones forestales o de residuos de producción agro-industrial.

La rentabilidad tiene que ver con el nicho del mercado y la tecnología adecuada, que no requiere demasiada inversión, pero que tenga la productividad suficientemente automatizada.

Mientras en la fábrica se reduce la mano de obra, el producto se vuelve competitivo y por ende hay generación del empleo rural en cosecha y pre-procesamiento.

## **A que escala es rentable la industrialización del Bambú?**

La respuesta está en la diversificación de la producción según calidad del Bambú cosechado.

El ranking de valores muestra un escalafón interesante en cuanto a valores agregados, inversiones en maquinarias e insumos. En resumen: ninguna técnica por si sola es viable, - hay que organizar sectores con varias tecnologías especializadas y aprovechar lo que el bosque de Bambú produce.

Los tallos rectos y cilíndricos apetecidos para arquitectura y exportación no son ni el 10% de lo que produce un guadual natural. El taco de 2,5 metros para latas y laminados requiere una sección basal recta, de diámetro y pared gruesa, esto solo se encuentra en un 30% de los tallos.

El resto del bosque hay que convertirlo en bagazo, aserrín y en últimas en pellets.

El Ranking según inversión y beneficio.

- 1) El máximo valor con mínima inversión está en la construcción civil de estructuras con un Bambú bien escogido y preservado, limpio, seco y certificado por alguna marca. El valor por metro cubico puede ser alrededor de 300-400 dólares. El sector arquitectónico y de la construcción con Bambú es todavía pequeño, pero si uno tiene calidad y precio competitivo puede montar una marca reconocida en el mercado. La inversión en tanques de preservación y bodega puede jugar entre \$10.000 y \$50.000 usd.
- 2) La producción de tablillas y conversión en laminados solo es rentable si uno se concentra en la parte basal de un tallo recto, con diámetro grande y pared gruesa. El valor por metro cubico de materia prima puede ser de 200-300 dólares. La inversión de maquinaria y de pegante es relativamente económica (\$100.000 – \$300.000 Dólares). El mercado compite con los tableros maderos y limitado al nivel regional y nacional. La escala de producción artesanal con 500 o 1000 m3 /año no va poder competir con las fábricas chinas.
- 3) Los tallos torcidos, cónicos y de pared delgada se deben degradar a bagazo y comprimir para formar tableros o bloques WSB. Todo el Bambú se puede usar, aunque hay que descortezar un 10 al 15%. El valor por metro cubico materia prima puede ser de 100 -150 dólares. El costo del pegante (UF y PF importado) es el insumo más costoso y el factor limitante para competir internacionalmente. El pegante epoxi es el más costoso. La escala de producción de 5.000 a 10.000 m3 año puede atender un mercado nacional y sustituir una parte del consumo de madera tropical. Un guadual de 500 hectáreas es suficiente.
- 4) Los tableros en fibro-cemento solo usan un30% de fibra de bambú. La escala mínima de producción de 50 m3/día que requiere con 17m3 por día (una hectárea por día) en total un área de 5000 hectáreas. La rentabilidad nacional es garantizada, la calidad tiene estándares internacionales. Su principal fuerte es su resistencia a la humedad, un factor de mercadeo importante en un país tropical.
- 5) Bambu como bio combustible, sea como pellet, es de un valor calorífico alto, pero como producto agro industrial o forestal solo es interesante si la plantación está directamente pegado a un puerto, para competir internacionalmente en los grandes mercados como Holanda , que pide buques enteros como cantidad mínima.

Bibliografía:

Les quedo debiendo!