

Introducción:

Laminados de maderas, sea en forma de triplex o en laminas masivas de tablillas, existen desde décadas en el mercado de la madera. Hoy se encuentran muchas especies de arboles reforestadas de todo el mundo en la investigación de ser aptas para laminados y de ser atractivos para el mercado internacional. Hace diez años se encontraron los primeros pisos en bambú chino entre ellos, ahora encontramos también tableros laminados hasta 2,40 metros cuadrados y 4 cm espesor en la oferta de productos de bambú.

Vigas laminadas están en experimentación y han dado mejores resultados que los de pino. El mercado esta abierto a recibir estos productos de un recurso renovable y con reconocidos méritos ambientales.

Experiencias en laminados en bambú en Colombia solo existen al nivel de muebles, aunque en Bogotá ya hay empresas que ofrecen resultados respetable en vigas laminadas con maderas nacionales, hasta con la tan difícil "teca".

Teniendo en cuenta que hay demanda, ademas contamos con la tecnología y abundante recurso natural, - porque no hay oferta?

Tradicición versus Visión

La entresaca de la guadua obedece a unas reglas de mercado nacional y la demanda tradicional que principalmente se encuentra en el uso de la guadua como recurso desechable, tanto para postes en la agricultura y como formaleta de la construcción civil. En los últimos años hay uno pequeño porcentaje aplicado en forma permanente en la arquitectura moderna y en algunas urbanizaciones con vivienda de interés social. Pero la Guadua ni en su forma tubular ni en esterilla, es de interés industrial, porque no obedece al rigor de la linea recta y las superficies planas que se han establecido como la "norma". Esto no lo vamos a cambiar con unas hermosas obras individuales, ni con precios ligeramente mas bajos.

Atendiendo esta demanda tradicional no van a prosperar, ni el campesino productor, ni el guaduero de forma necesaria, para incentivar la siembra de estos nuevos guaduales, que podrían dar parte de la respuesta a la pobreza y a la vez a la necesidad de la captación de CO2.

La inversión y la investigación en el campo de laminados, junto son un inmediato mejoramiento de la parte silvicultural pueden en muy pocos años alcanzar el actual liderazgo chino en el mercado de laminados de bambú.

El Camino a seguir

No solo la producción y cosecha de los tallos de Guadua, sino el valor agregado por la preparación parcial de latas de guadua y su presecado en invernaderos deben ser del interés del productor.

La fabrica de tableros se beneficia por mas bajos costos de transporte y planta de personal reducida, mientras hay mucho empleo descentral en el campo.

En el café están usando esta linea de mercadeo y creo que se deja transferir.

Transferencia se ofrece también en las tecnologías de madera para el secado, cepillado y pegado con maquinaria especializada existente. Las vías de mercadeo son las mismas que las de la madera. Las ganancias todavía mayor, debido al actual “Bambu – Boom”.

Abrimos los ojos de los productores, esta visión ya no es ficción.

Atentamente,

Jörg Stamm

PROYECTO U.T.P.-GTZ

PROYECTO LATAS Y LAMINADOS DE GUADUA

INFORME FINAL



ELABORACIÓN

JÖRG STAMM

PEREIRA, MARZO DE 2002

Índice	Pág.
Resumen	1
El Propósito del Informe	1
1. Laminados de guadua	3
Fabricación de las latas de guadua	4
Las dimensiones recomendables de las latas	7
a) La relación entre espesor, diámetro y largo del entrenudo	8
b) Cuadro comparativo de tablillas obtenidas en el Dpto. del Cauca	11
Medidas de tolerancias, pérdida de tamaño en el secado y cepillado de latas	11
Propuesta de separación en grupos según producción proyectada	13
El rajado con la prensa portátil con diferentes estrellas	14
La sierra con disco paralelo	15
Blanqueamiento con H ₂ O ₂ y la carbonización	17
El invernadero portátil y el presecado de las latas	18
La compra-venta de las latas, el punto de vista del productor	20
La inversión mínima para la producción de latas	23
Transporte a la fábrica de laminados y el compromiso del centro de acopio	25
Categorización de latas, diferenciación de precios según calidad y medida	26
La conversión del precio por latas al precio por tallos	28
La pequeña fábrica de tablonos y vigas en guadua laminada	29
Bibliografía.	33

Resumen

El siguiente informe elabora una propuesta novedosa de utilizar la guadua de forma maciza, para componer productos estructurales como vigas y tablones con la ayuda de pegantes. Estos productos están conocidos en el mundo de la madera como “laminados” y cuentan con una rápida creciente de la demanda mundial. Utilizando tablillas o también llamados “latas” de guadua, cortadas desde el segmento de culmo con una sierra ingeniosa, pero sencilla, se desarrolla propuestas de productos, describiendo todo el proceso técnico y las implicaciones económicas.

El trabajo se basa en la conversión de 15 guaduas de 7,5 metros a diferentes productos macizos parecidas a la madera. Se acompañó todo el proceso con un detallado análisis de desperdicios, tiempo de manejo, se analizó las dificultades y ventajas de cada paso. Las conclusiones de estos procesos se proyectan a mayor escala, para obtener rendimientos por hectáreas, por metro cúbico y por año, para estimar la rentabilidad de la propuesta.

Los resultados hasta ahora obtenidos son muy prometedores, su argumentación es sólida y experimentada en la práctica de pequeña escala. Por esto se justifica el siguiente paso: La inversión en una producción de latas en mediana escala en el campo real, dentro del guadual y bajo compromiso económico real de las personas involucradas. Sin embargo se debe acompañar la producción, analizando rendimientos y superando eventuales dificultades técnicas o logísticas.

Aquellos resultados deben ser cruzadas con la segunda parte de la fabricación industrial de este informe y puede ser publicada con más certeza. Esta confianza abre finalmente el camino para inversiones millonarias en fábricas de gran escala con sus cadenas de proveedores de materia prima.

El propósito del informe

Después de dos décadas de esfuerzos en la recuperación de los guaduales estamos ahora en una situación donde encontramos muchos guaduales subutilizados e improductivos. A partir del terremoto en el Eje Cafetero del 1999, el uso de la guadua logró un auge y reconocimiento general y junto a la caída del mercado del café se presenta un momento oportuno para buscar nuevos caminos para el uso de la guadua, adicionándole más valor agregado en forma de productos industriales. Por esto esta bienvenida una nueva propuesta agroforestal e industrial. Los guaduales como bosque productor son un recurso renovable para la producción de laminados de bambú. El mercado de la construcción necesita una buena gama de productos madereros, también se propone algunos diseños para la exportación al mercado internacional. Con datos técnicos y económicos contundentes, se quiere cimentar la propuesta y borrar dudas, con el fin de ganar inversionistas para el siguiente paso, que es sin duda el montaje de una fábrica de laminados de guadua, con cultivos propios o asociados.

En el desarrollo de nuevos productos a partir de guadua, hay que tener en cuenta las ventajas estructurales de fibra de la “guadua angustifolia” frente a los bambúes de otros países y transferirlas a una gama de productos novedosos, como vigas o tableros laminados (fig. 1). Sin embargo se menciona también una versión técnica para obtener pisos o en bambú, partiendo de paneles con laminas cruzadas.

Aunque la guadua presenta en su forma cilíndrica la geometría estructural más eficiente, los artesanos del mundo están todavía enseñados a la madera maciza, así mismo las maquinarias industriales, los productos finales y los gustos de los consumidores, de aquí en adelante tenemos que acostumbrarnos a “bambú macizo” y el termino ingles “bamboo timber”, debido a que va tener mucho futuro.



Fig. 1: Paneles de cinco laminas en guadua, 30 mm espesor.

Las dificultades en el proceso de elaboración de estos productos con la materia prima guadua, se solucionan con tecnologías explicadas en este informe. La secuencia lógica de los pasos en el procesamiento es fundamental para una economía sostenible en la fabricación. Se requiere competir con productos de alta calidad, tradicionalmente elaborados basándose en madera, pero hoy, afortunadamente, tenemos al favor el cliente internacional, quien esta consciente de la necesidad ecológica, argumento que favorece un producto de guadua.

El presente informe fue encargado en septiembre 2001 por parte del proyecto U.T.P.-GTZ, Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira.

1. Laminados de guadua

1.1. Fabricación de las latas de guadua

En Colombia existen experiencias con sillas laminadas (Hidalgo en Morán, 2001), pero lo más conocido en laminados de bambú son los pisos producidos durante más que 20 años en la República Popular China. Debido a la trayectoria en mejoramiento de calidad y eficiencia, se puede observar una buena gama de maquinaria y técnicas de procesamiento especializado. También en Europa, especialmente en Alemania, existe un consumo alto de pisos laminados de todo tipo de madera y sus respectivas líneas de procesamiento. También existen códigos comparativos de control de calidad para pisos de madera, teniendo en cuenta la dureza abrasiva, la calidad de la laca y su persistencia contra el agua, la resistencia a la luz ultravioleta, la precisión de los ensambles, la emisión de gases de formaldehído de los pegantes, etc.. La base para todos estos productos son tablillas o latas (fig. 2).



Fig. 2: Latas frescas, cortadas lateralmente con disco paralelo.

Fundamental para un buen producto final es el control de calidad en cada uno de sus pasos y componentes (Gresham, 2001). Debido a las características naturales de la materia prima, es muy importante la separación de diferentes calidades de latas obtenidas en grupos (A- cara, B- reversa, C- corazón del panel) o su aplicación en productos con destinos diferentes. La inversión inicial a la maquinaria y su línea de procesamiento también definen diferentes calidades y diferentes costos de producción, aun con la misma materia prima.

El componente básico para los laminados, las latas, se obtienen de la parte gruesa del tallo, principalmente llamado “cepa”, “basa” y “sobrebasa” es decir, los primeros 8 a 12 m de un tallo de guadua. El proceso del “rajado”, explicado mas adelante, deja 6 a 10 “latas” por tallo de guadua, un segundo paso de cepillado las convierte en “tablillas”.

Se deben conformar grupos de esta materia prima en categorías con diferentes items:

- largo
- ancho
- espesor
- calidad de acabado (cepillado, serrado, rajado)
- calidad de color (blanco, oscuro, manchado)
- control de medida
- control de secado.

Crucial para obtener una lata larga y gruesa es una guadua totalmente recta de aprox. 3 m. Algunas “cepas” y “basas” tienen esta propiedad. La rectitud del taco es frecuente en la “sobrebasa”, pero allá encontramos espesores de pared generalmente menor de 1 cm. Los pocos tallos, que ofrecen un diámetro rentable en la “sobrebasa”, se encuentran principalmente en guaduales naturales con poca cantidad de tallos, pero generalmente con grandes diámetros.

Si se corta los tallos curvos en trozos de 1,5 m, se puede producir lógicamente la doble cantidad de latas cortas (en todos los anchos de 2,5 a 4,5 cm y espesores de 6 a 12 mm). Estas pueden ser intercaladas (como ladrillos), para generar vigas largas, que no se diferencian significativamente en sus propiedades físico mecánicas de aquellos con latas largas (p.e. 3 m). En la fabricación industrial de paneles se pueden ubicar latas cortas y aquellas con cualidades deficientes en el nivel interior.

En los Estados Unidos se maneja paneles estándar de 4 por 8 pies (1,225 m x 2,45 m en espesores de 6 a 50 mm). En el mercado europeo, se utiliza más la medida 1,25 m x 2,5 m, pero hay una tendencia hacia 1,5 x 3 m. Los espesores más frecuentes son 15, 20, 24, 30, 36 y 40 mm. Teniendo estas tendencias del mercado en mente, se enfoca el presente informe en la producción de latas de 1,55 cm y/o de 3,1 m para poder componer luego paneles de 1,5 m x 3 m y de 1,25 m x 2,5 m.

Debido a procesos técnicos (cepillado), se debe agregar mínimo 5-10 cm a estas latas. Vigas y teleras en el mercado nacional son generalmente de 3 m, lo que deja concluir que la línea de producción debe optar por latas de 3,1 m para productos de alta calidad. De esta producción sale un porcentaje alto que tiene deficiencias en las puntas, pero sirven entonces para largos de 2,60 m. Las guaduas de 3,1 m de largo que tengan curvatura, se puede cortar a 1,55 m, lo que permite producir latas para vigas con tablillas intercaladas o niveles interiores de paneles.

Probablemente existe un mercado nacional muy interesante para tablonos de tres metros (300/25/3 cm) y vigas hasta 6 metros (600/12,5/4 cm), debido a que son costosos en madera tropical, pero fácil de producir con tablillas intercaladas (fig. 3), porque no requieren mayor inversión en maquinaria y son una buena alternativa de producción adicional para talleres de madera.

Para los ensayos de este informe se usaron tamaños de latas de 1,35 y 2,60 m, teniendo en cuenta un panel final de 4 x 8 pies. Las medidas de guaduas en los depósitos son aptas para cortar (de un segmento de culmo basal de 6 m) un promedio de 48 m lineales de latas con dimensiones de 3 cm x 1 cm, o 42 m de 3,5 cm x 1 cm. También se encontraron en los depósitos la mayoría de las guaduas bastante exactos de 6 m, mejor sería una medida mínima de 6,2 m.



Fig. 3: Viga laminada de 3 metros en ensayos de flexión, Manizales 2002.

1.2. Las dimensiones recomendables de las latas

Obviamente se debe buscar un espesor grande para lograr minimizar la cantidad de pegante y de los procesos técnicos respectivos. La gran ventaja de la guadua colombiana frente al bambú chino consiste en las mayores dimensiones de las latas que se puede producir y en su dureza ligeramente mayor, que ofrece una resistencia abrasiva mayor. Mientras que esto es una ventaja del producto final, durante el procesamiento se desgasta más filo de las cuchillas y guías de la maquinaria.

Entre 24 dimensiones de latas factibles se escoge la más adecuada para el diseño del producto deseado. Se debe tener en cuenta: cuanto más grande la lata, menos cantidad se obtiene de cada segmento de culmo. En general se obtiene mayor rendimiento relativo de materia prima con dimensiones más pequeñas, pero finalmente se requiere mas labor y pegante para lograr el producto final. La siguiente tabla (tab. 1) muestra el área de corte (o la dimensión) de la lata de guadua en cm^2 .

Tabla 1: Dimensiones factibles para guadua, medida en área de corte (en cm²).

espesor		Ancho de la tablilla en cm					
		2	2,5	3	3,5	4	4,5
0,6	cm	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
0,8	cm	1,6	2	2,4	2,8	3,2	3,6
1	cm	2	2,5	3	3,5	4	4,5
1,2	cm	2,4	3	3,6	4,2	4,8	5,4
cantidad de latas		12	10	8	6	5	4

- La probabilidad de obtener estas medidas depende del diámetro y el espesor de pared de la guadua. Una guadua de pared delgada, como la “sobrebasa”, debe ser destinada a latas delgadas y de poca anchura, para sacarle el óptimo aprovechamiento.
- El campo amarillo es común en China para el aprovechamiento de “moso” bambú, el gris marca las medidas escogidas en este informe para la “guadua angustifolia”.

a) La relación entre espesor, diámetro y largo del entrenudo

El tallo de la guadua tiene una relación de:

- espesor
- diámetro
- largo de entrenudo
- largo de la guadua
- frecuencia estadística por lote.

Con esta relación, se puede estimar las dimensiones más frecuentes en el guadua (Montoya, 2002) y la cantidad de latas. Se menciona también, que un manejo adecuado del guadua permitiría lograr una mayor homogeneidad de las piezas, lo cual favorecería la industrialización de la guadua.

El largo del entrenudo se aumenta a la medida que la guadua gana altura, mientras que el diámetro del segmento de culmo y el espesor de la pared disminuye. Pero hay una mayor densidad de fibra en la parte alta, mientras en la parte baja hay una mayor presencia de células de parénquima, un “corcho” amortiguador entre las fibras.

Según un estudio reciente que se elaboró a base de 2000 guaduas de diferentes guaduales del Eje Cafetero se caracterizan por lo siguiente (Montoya, 2002):

- El 80 % de los tallos tienen diámetros entre 9 y 12 cm (fig. 4).
- De una guadua se pueden tener de 3 hasta 5 “piezas” de 4 m: una cepa, hasta dos basas, una sobrebasa y un varillón.
- Estas guaduas tienen hasta 12 m una pared mayor de 0,8 cm.
- El promedio del espesor de pared varía entre 2,5 y 0,8 cm.

(Montoya, 2002) define los cuatro grupos con las siguientes características:

Cepa (entrenados de 12 a 30 cm) 3-5 m:

código: espesor-entrenado-diámetro

- Pequeña 1,4-18,5-9,6 cm
- Mediana 1,6-21,2-13,5 cm
- Grande 2,1-23,6-16,8 cm

Basa (entrenados de 26 a 37 cm) 4-8 m:

código: espesor-entrenado-diámetro

- Pequeña 0,9-27,7-8,8 cm
- Mediana 1,0-32,1-10,6 cm
- Grande 1,2-34,7-14,4 cm

Sobrebasa (entrenados de 28 a 37 cm) 4-8 m:

código: espesor-entrenado-diámetro

- Pequeña 0,7-31,3-6,6 cm
- Mediana 0,8-34,2-7,7 cm
- Grande 0,96-36,2-10,5 cm

Varillón (entrenados de 35 a 42 cm) 4-5 m, no útil para laminados por ser muy cónico y con fuerte hendidura donde salen las ramas:

código: espesor-entrenado-diámetro

- Pequeña 0,8-38,3-3,6 cm
- Mediana 0,8-35,4-4,9 cm
- Grande 0,8-35,7-7,5 cm

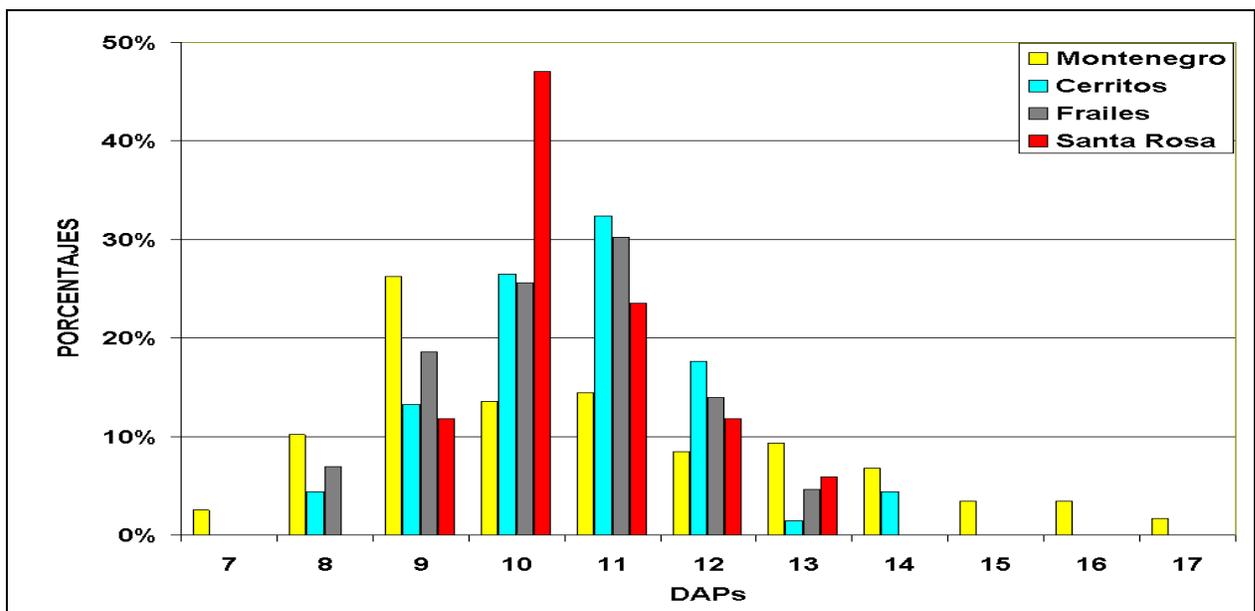


Fig. 4: Histograma de frecuencias del diámetro (DAP en cm) de guaduas en fincas del Eje Cafetero (Montoya 2002).

Tabla 2: Relación de rendimiento, comparación del área de corte de las latas con el área del segmento de culmo de 13 guaduas cortadas en 65 tramos de 1,5 m. Datos levantados con tallos de guadua del departamento del Cauca, 2001.

num	am.ext.	diam.int	esp.p	canuto	area	ancho	cant	12	mm	10	mm	8	mm	6	mm	total	%
1	10,8	8,2	1,3	35	38,8	33	6		0		0	1	264	5	990	1.254	32,3
2	10,2	7,8	1,2	42	33,9	33	6		0		0		0	6	1.188	1.188	35,0
3	10,7	8,6	1,1	35	31,8	33	6		0		0		0	6	1.188	1.188	37,3
4	10,2	7,8	1,2	29	33,9	33	5		0		0		0	5	990	990	29,2
5	9,9	7,3	1,3	43	35,1	33	5		0		0	1	264	4	792	1.056	30,1
6	11,2	8,2	1,5	39	45,7	33	6		0		0	4	1.056	2	396	1.452	31,8
7	10,5	7,5	1,5	39	42,4	33	5		0		0	4	1.056	1	198	1.254	29,6
8	9,8	6,8	1,5	39	39,1	33	5		0		0	3	792	2	396	1.188	30,4
9	10,0	6,8	1,6	28	42,2	33	5		0	4	1.320	1	264		0	1.584	37,5
10	10,7	7,9	1,4	29	40,9	33	6		0		0	4	1.056	2	396	1.452	35,5
11	12,5	9,3	1,6	29	54,8	33	7	3	1.188	4	1.320		0		0	2.508	45,8
12	13,0	9,5	1,8	34	61,9	33	7		0		0	7	1.848		0	1.848	29,9
13	12,8	9,6	1,6	29	56,3	33	8		0	8	2.640		0		0	2.640	46,9
14	11,5	8,5	1,5	29	47,1	33	6		0	1	330	2	528	3	594	1.452	30,8
15	11,5	9,0	1,3	34	40,3	33	7		0	1	330	4	1.056	2	396	1.782	44,3
16	12,0	8,5	1,8	27	56,4	33	6		0	6	1.980		0		0	1.980	35,1
17	12,3	9,2	1,6	37	52,3	33	7		0	4	1.320	2	528	1	198	2.046	39,1
18	11,3	8,5	1,4	35	43,5	33	7		0		0	5	1.320	2	396	1.716	39,4
19	11,6	8,6	1,5	35	47,6	33	6		0	2	660	2	528	2	396	1.584	33,3
20	12,0	7,7	2,2	25	66,5	33	6		0	4	1.320	2	528		0	1.848	27,8
21	11,2	8,2	1,5	29	45,7	33	6		0	5	1.650	1	264		0	1.914	41,9
22	11,4	7,3	2,1	25	60,2	33	6	3	1.188	2	660	1	264		0	2.112	35,1
23	12,5	8,8	1,9	28	61,9	33	7	2	792	5	1.650		0		0	2.442	39,5
24	13,0	9,2	1,9	25	66,3	33	7	7	2.772		0		0		0	2.772	41,8
25	11,8	8,4	1,7	31	53,9	33	6		0	2	660	4	1.056		0	1.716	31,8
26	11,6	8,4	1,6	31	50,3	33	7		0	1	330	4	1.056	2	396	1.782	35,5
27	11,4	8,2	1,6	38	49,3	33	6		0	1	330	3	792	2	396	1.518	30,8
28	11,3	8,3	1,5	34	46,2	33	5		0		0	5	1.320		0	1.320	28,6
29	11,6	7,9	1,9	29	56,7	33	6		0		0	3	792	3	594	1.386	24,5
30	11,1	7,0	2,1	25	58,3	33	6		0	6	1.980		0		0	1.980	34,0
31	12,2	8,3	2,0	26	62,8	33	7	1	396	6	1.980		0		0	2.376	37,8
32	11,1	8,5	1,3	38	40,0	33	7		0	1	330	4	1.056	2	396	1.782	44,5
33	12,0	9,1	1,5	39	48,1	33	7		0	1	330	2	528	4	792	1.650	34,3
34	11,5	9,2	1,2	37	37,4	33	7		0		0	2	528	5	990	1.518	40,6
35	11,4	8,2	1,6	26	49,3	33	6	1	396	5	1.650		0		0	2.046	41,5
36	11,8	8,7	1,6	28	49,9	33	7		0	1	330	3	792	3	594	1.716	34,4
37	12,0	8,8	1,6	32	52,3	33	8		0	1	330	4	1.056	3	594	1.980	37,9
38	11,5	8,2	1,7	30	51,1	33	6		0	4	1.320	2	528		0	1.848	36,2
39	10,7	8,2	1,3	31	37,1	33	6		0		0		0	6	1.188	1.188	32,0
40	11,8	8,6	1,6	23	51,3	33	7	1	396	3	990	2	528	1	198	2.112	41,2
41	10,6	7,8	1,4	31	40,5	33	5		0		0	4	1.056	1	198	1.254	31,0
42	11,0	7,5	1,8	24	50,9	33	7	2	792	3	990	2	528		0	2.310	45,4
43	9,6	7,3	1,2	32	30,5	33	6		0		0	2	528	4	792	1.320	43,2
44	11,1	7,7	1,7	26	50,2	33	6		0	3	990	2	528	1	198	1.716	34,2
45	12,3	8,8	1,8	30	58,0	33	7		0	1	330	4	1.056	2	396	1.782	30,7
46	11,0	7,8	1,6	26	47,2	33	6		0		0	6	1.584		0	1.584	33,5
47	11,4	7,2	2,1	21	61,4	33	6	2	792	4	1.320		0		0	2.112	34,4
48	11,9	8,2	1,9	25	58,4	33	7	6	2.376	1	330		0		0	2.706	46,3
49	12,4	8,4	2,0	26	65,3	33	7		0	3	990	3	792	1	198	1.980	30,3
50	11,1	7,1	2,0	21	57,2	33	6	1	396	5	1.650		0		0	2.046	35,8
51	12,2	8,2	2,0	24	64,1	33	7	3	1.188	4	1.320		0		0	2.508	39,1
52	12,2	8,8	1,7	30	56,1	33	7	1	396	5	1.650	1	264		0	2.310	41,2
53	12,6	8,3	2,2	18	70,6	43	5	2	1.032	3	1.290		0		0	2.322	32,9
54	12,2	8,1	2,1	18	65,4	43	5	2	1.032	3	1.290		0		0	2.322	35,5
55	12,7	8,6	2,1	21	68,6	43	5		0	5	2.150		0		0	2.150	31,3
56	12,0	7,5	2,3	19	68,9	43	5	4	2.064	1	430		0		0	2.494	36,2
57	12,4	8,5	2,0	22	64,0	43	5	2	1.032	3	1.290		0		0	2.322	36,3
58	12,0	8,4	1,8	22	57,7	43	5		0	3	1.290	2	688		0	1.978	34,3
59	11,5	7,1	2,2	20	64,3	43	5		0	4	1.720	1	344		0	2.064	32,1
60	11,8	7,7	2,1	18	62,8	43	5		0		0	2	688	3	774	1.462	23,3
61	11,0	7,5	1,8	20	50,9	43	5		0	4	1.720	1	344		0	2.064	40,6
62	12,0	7,8	2,1	18	65,3	43	5	1	516	2	860	2	688		0	2.064	31,6
63	12,0	8,1	2,0	18	61,6	43	4	2	1.032		0	2	688		0	1.720	27,9
64	12,3	8,2	2,1	20	66,0	43	5		0	5	2.150		0		0	2.150	32,6
65	12,0	8,0	2,0	18	62,8	43	5	1	516	4	1.720		0		0	2.236	35,6
	11,5	8,2	1,7	28,4	52,4	cm2	6,05	latas por tallo basal de 8m					porcentaje de rendimiento			%	35,4

b) Cuadro comparativo de tablillas obtenidas en el Departamento del Cauca

Como parte práctica del presente informe, se cortaron 13 guaduas básicas, secadas en sombra al aire, de 7,5 m con diámetros de 10,5 a 12,5 cm en cinco trozos a 1,50 m. En la tabla 2 se ve la lista de los 65 muestras, se toma a cada una el diámetro exterior, el diámetro interior, el espesor de la pared y el largo del entrenudo. De esto se calcula el área del corte, que sirve como indicador del 100%. Después sigue el ancho de la lata que se corta y la cantidad de las latas obtenidas por cada segmento de culmo.

En la parte derecha de la tabla se alistan las latas perfectas de cada espesor y su área de corte en mm^2 . El total de estas áreas multiplicada por la cantidad de latas nos deja calcular el porcentaje de latas obtenidos de cada muestra.

Agrupando las muestras por cantidad de latas se revela un efecto interesante: estadísticamente se demuestra cuanto más latas se pueden cortar, más alto es el porcentaje de rendimiento, comparado con el área de corte transversal del tallo rollizo. Empezando con 4 a 5 latas (28 % de rendimiento) 6 latas (alrededor de 35%) y 7 latas (hasta 45%).

Además se menciona que la parte dura de la lata se encuentra menos sacrificada, en cuanto menos ancha esta la lata. Sin embargo se recuerda que a la medida como se aumenta el rendimiento, se aumentan también los costos de cortes, pegantes y su labor respectiva.

1.3. Medidas de tolerancias, pérdida de tamaño en el secado y cepillado de latas

Para obtener una fórmula de la cantidad de latas, que se puede cortar de un taco, se debe tener en cuenta la circunferencia interior del segmento de culmo (fig. 5). Ella limita la cantidad de posibles cortes, mientras el espesor de la pared, determina el espesor óptimo.



Fig. 5: Cantidades y tamaños de latas posibles de un segmento de culmo de guadua.

La circunferencia se obtiene del radio interior, del lado más delgado (normalmente el superior) de la guadua. Esta se divide por el ancho deseado de las latas. La fórmula del área (A) está definida por el radio exterior al cuadrado, menos radio interior al cuadrado, multiplicado por π .

$$\text{Fórmula convertida: } A = \pi \times (R \text{ Ext.}^2 - R \text{ int.}^2).$$

La relación entre el diámetro de la guadua rolliza, su espesor de la pared y el rendimiento con relación al producto final está mostrado en la figura 6.

Las cuatro letras son ejemplos de latillas que demuestran las áreas de las categorías mencionadas. Se ve también la distribución de las fibras duras, que deja obvio las ventajas y desventajas de cada forma. Por ejemplo A (3,5 x 1,2 cm), B (4 x 1 cm) y C (5 x 0,8 cm) son muy anchos y relativamente gruesos, pero solo sus esquinas contienen un alto porcentaje de fibra dura. Esto los hace ideal para vigas, especialmente laminados curvados, pero inútil para pisos. Además salen solo 4 a 6 latas del segmento de culmo basal. Ejemplo D (3 x 1 cm) tiene un buen porcentaje de fibras en la parte exterior y un espesor considerable, además salen 8 a 10 latas del segmento de culmo promedio de 12 cm.

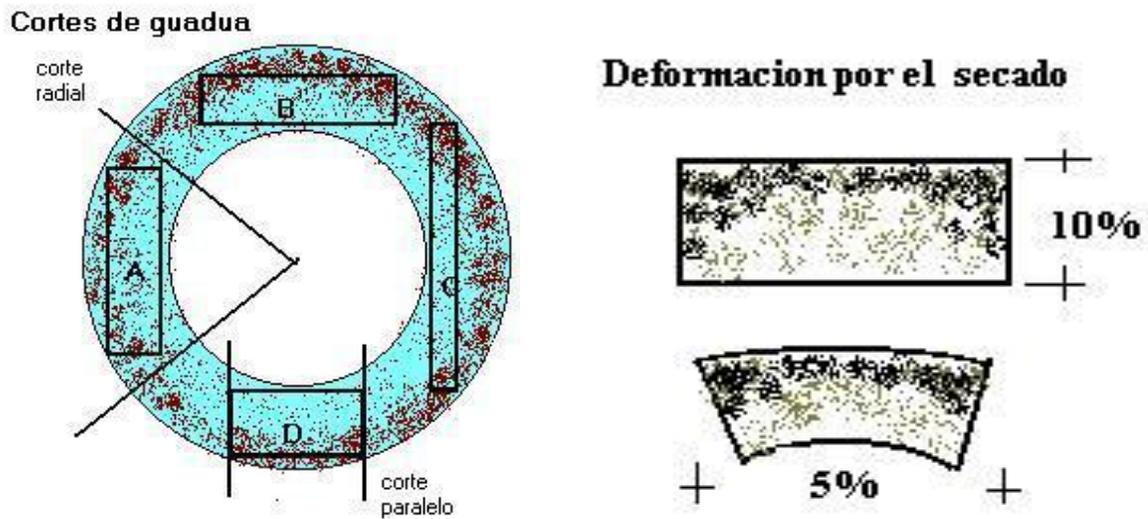


Fig. 6: Corte al tallo rollizo, dimensiones posibles, deformación por secado.

Debido al cambio de dimensión de la lata en el proceso del secado del 5% en sentido tangencial pero hasta 10% en sentido radial (fig. 6) se debe secar las latas antes de pasar las por la cepilladora. Una lata de guadua de 4 cm x 1 cm, obtenido de una guadua rolliza verde, pierde hasta llegar a “seco al aire” aproximadamente 2 mm en el ancho y 2 mm en el espesor.

1.4. Propuesta de separación en grupos según producción proyectada

Para lograr una sistematización en el aprovechamiento de la guadua se debe separar los tallos rollizos en diferentes grupos. Estos grupos se adaptan a una nomenclatura comúnmente conocido (Montoya, 2002).

Cada grupo de tallos es predestinado para las 5 categorías de latas mencionadas en adelante: A-E, son representativas para las latas respectivas a lo largo del informe. Se escogió estas 5 dimensiones para optimizar el rendimiento en materia prima, diseñando productos específicos para cada tipo de lata, así aprovechando al máximo sus cualidades.

- Nombre común: “basa mediana”
Grupo de guaduas delgadas de 8 a 10 cm de diámetro, espesor de pared mínimo de 1,0 cm.

Categoría A

Para elaboración de latas de 7-8 mm espesor y 3 cm de ancho, con por lo menos 6 latas/entrenado, (destinado a tablilla seca y cepillada de: 250/2,5/0,6 cm para paneles de 15 mm y piso).

- Nombre común: “sobrebasa gruesa”
Grupo de guaduas promedio de 10 cm o más de diámetro, espesor de pared mínimo de 1 cm.

Categoría A:

Para latas de 7-8 mm espesor a 3 cm de ancho, con por lo menos 8 latas/entrenado (destinado a tablillas secas y cepilladas de: 300/2,5/0,6 cm).

- Nombre común: “basa” gruesa o cepa
Grupo de guaduas de 12 cm o más de diámetro, espesor de pared mayor de 1,5 cm.

Categoría B:

Para latas de 8-10 mm espesor a 3 cm de ancho, con por lo menos 8-10 latas/entrenado (destinado a tablillas secas y cepilladas de: 300/2,5/0,6-0,8 cm).

Categoría C:

Para latas de 10-12 mm espesor a 3 cm de ancho, para por lo menos 8-10 latas/entrenado (destinado a tablillas secas y cepilladas de: 300/2,5/0,8-1 cm).

- Nombre común: “cepa gruesa”
Grupo de guaduas cortas, pero gruesas de 12 cm o más de diámetro, espesor de pared mayor de 1,5 cm.

Esta línea es ideal para la fabricación y ofrece un producto fácil de componer en cada taller de carpintería. Sin embargo, este grupo se presta más como materia prima para

muebles etc. y menos para usos estructurales o pisos. La “cepa” es más blanda, debido a un porcentaje mayor de “células parénquimas” en la parte basal de la guadua. No es conveniente usar la parte basal para la superficie de pisos, más vale destinarla a productos que aprovechan el espesor de la pared, como tablonés laminados (en inglés “blockboard”).

Categoría D:

Para latas de 10-14 mm espesor a 3,5 cm de ancho, con por lo menos 7 latas/taco. Destinado para tablonés y vigas.

Categoría E:

Para latas de 8-10 mm espesor a 4,5 cm de ancho, para por lo menos 5 latas/taco. Destinado para vigas.

1.5. El rajado con la prensa portátil con diferentes estrellas

Para obtener latas de guadua, sea para la construcción del bahareque o para aplicaciones en la agricultura, se trabaja tradicionalmente con machete o hacha. Se conoce la técnica como el “rajado” o “astillado” (fig. 7). Esta técnica, aunque efectuada con una máquina especial, es obviamente la más rápida y energéticamente la más económica. Se deja partir fácilmente en 6 a 12 latas con corte radial y en un segundo paso se debe cortar los restos de los diafragmas salientes, paso obligatorio para el cepillado posterior de 4 lados. La máquina es conocida como “prensa estrella” y se debe construir una versión adaptada al espesor de la guadua angustifolia. Dichas máquinas importadas de China no son capaces de partir la guadua colombiana.



Fig. 7: Prensa estrella modelo taiwanés para rajar trozos de guadua hasta 3 m..

En Caicedonia se construyó una prensa estrella que produce 6.000 a 10.000 latas diarias, con dos operarios (Arias Young, com. pers.). El gran avance tecnológico de esta máquina es el aprovechamiento de la ida y vuelta del pistón (también apta para dos tamaños de guaduas y dos estrellas diferentes), que por ciclo requiere 35 segundos y produce 16 latas.

Posteriormente se debería pasar estas latas por una sierra común con disco de corte (a dejar un ancho de 1,5 cm) para quitar los restos de los diafragmas. Así preparado y más o menos derecho entran las latas a una perfiladora de 4 cabezas, que corta mínimo 5 mm de cada lado. El acabado todavía es bastante rústico.

El rendimiento de latas por segmento de culmo, teniendo en cuenta el diámetro interior, por ende la circunferencia interior y el ancho posible de latas está resumido en tabla 3. Al ancho de la lata (producida por prensa estrella) se debe sumar un cm de desperdicio por el cepillado. Por ejemplo, de un segmento de culmo de 9 cm de diámetro interior se puede rajar 7 latas de 3 cm de ancho.

Tabla 3: Rendimiento de latas (medida de tablilla cepillada) por taco de guadua, según diámetro interior.

Diámetro int.	Circunferencia int.	Ancho, cm				
		2,5	3	3,5	4	4,5
7	22,0	6,3	5,5	4,9	4,4	4,0
8	25,1	7,2	6,3	5,6	5,0	4,6
9	28,3	8,1	7,1	6,3	5,7	5,1
10	31,4	9,0	7,9	7,0	6,3	5,7

- En el campo de color amarillo se ven las guaduas más frecuentes de 10 a 12 cm (diám. ext.).

1.6. La sierra con disco paralelo

La mayor parte de las fábricas de piso en la China cambiaron su sistema de rajar los bambúes a una sierra eléctrica de doble disco de tungsteno y una guía paralela en balineras (fig. 8).

Estas sierras se dejan construir fácilmente, aunque se requieren varios ejemplares con su respectivo operario, para alcanzar la productividad de la prensa estrella. Una ventaja es la facilidad de adaptar una sierra de mesa, común en cada carpintería, con la guía paralela y el disco doble.

Este sistema se presta para la prefabricación descentralizada de latas en pequeños talleres. A la guadua se efectúan los cortes del ancho y, mejor después del secado, del espesor deseado y según diámetro del taco salen 5 a 10 latas.



Fig. 8: Corte de latas de guadua con sierra de disco paralelo y guía.

Se pueden producir fácilmente 60 latas hora/operario (40 segundos por los dos cortes, 20 segundos por el cepillado de dos caras de 3,1 m). Esto suma en 8 horas teóricamente 480 latas, o 60-80 tacos de guadua por día, es decir ni la décima parte de la estrella, pero con un aprovechamiento de materia prima mayor de 15-20% (tabla 4). Las cifras en el marco amarillo dan la cantidad esperada de latas por taco, teniendo en cuenta la sierra doble hoja con máximo 0,5 cm desperdicio de corte por lata, aunque con algo de práctica y un taco derecho (o cortado a 1,50 m) se logra hasta 0 mm de desperdicio.

Tabla 4: Rendimiento de latas aserradas con disco paralelo por taco de guadua, según diámetro interior.

Diámetro int.	Circunferencia. int.	2,5	3	3,5	4	4,5
		Ancho, cm				
7	22,0	7,3	6,3	5,5	4,9	4,4
8	25,1	8,4	7,2	6,3	5,6	5,0
9	28,3	9,4	8,1	7,1	6,3	5,7
10	31,4	10,5	9,0	7,9	7,0	6,3

- En el marco amarillo se ven las guaduas más frecuentes de 10 a 12 cm (diám. ext.).

La construcción de la sierra es más económica, que la prensa, aunque hay que construir varias unidades para lograr la misma cantidad de producción. El desgaste de los discos requiere un cambio semanal por un juego alterno, mientras se afilan los otros. Para un buen rendimiento se necesita un motor de mínimo 7 caballos (5222 Vatios). El desgaste de cuchillas de tungsteno es mucho menos que los de acero. Los filos de la cepilladora, son los que más mantenimiento requieren, por esto se debe aprovechar al máximo la sierra paralela con disco de tungsteno.

1.7. Blanqueamiento con H_2O_2 y la carbonización

El mercado de los pisos de bambú tiene como especial apreciación el color “beige claro”, que no ofrece ninguna otra madera tropical dura. Este color se homogeniza con un proceso de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno (en la China: agua con 2% hasta 4% de H_2O_2 ; en Japón se usa más el “bisulfato”), cocinándolo en un tanque durante una o hasta dos horas (fig. 9). Este tratamiento también ablanda las fibras y libera tensiones dentro de las tablillas, que permiten una mayor densidad en el prensado final y descompone el almidón.



Fig. 9: Blanqueamiento con H_2O_2 en calderas de cemento en la producción de latas de bambú en Yibin (China).

La desventaja del tratamiento con H_2O_2 , independiente del costo por la evaporación del reactivo y la oxidación de los hierros cercanos a las calderas (en cemento), es el impacto sobre las paredes de las células. La celulosa se degenera, probablemente hay menos resistencia y adherencia al pegante aplicado. Este tratamiento entonces no es recomendable para laminados de vigas. Sería interesante investigar los cambios físico-mecánicos en el proceso de blanqueamiento.

La carbonización es el efecto contrario al blanqueamiento. En una olla de presión se tratan las latillas de guadua con vapor caliente de 150 °C durante 30 minutos. El efecto es un color café y una homogenización del aspecto. También se ablanda la fibra por el vapor, aunque la dureza después del secado es mayor. El lote de lata carbonizada requiere una selección visual posterior en tonalidades, debido a que no todo el material recibió el mismo calor y se colora más o menos intenso. La “mancha azul” sigue visible después de este tratamiento, aunque se destaca menos. No hay impacto notable sobre la adhesión de pegantes, ni sobre las propiedades físico-mecánicas.

Ambos tratamientos son pasos costosos, no solamente por el procesamiento, sino por la necesidad de otro secado posterior. Una buena salida de este inconveniente sería la cocción en agua para disolver los almidones y tratar de aprovechar económicamente los azúcares obtenidos, y solo las tablillas destinadas a productos con enfoque claro serían adicionalmente tratados con H₂O₂. Elemental sería la curva estadística de la presencia de almidón en el transcurso del año (Montoya, 2002 en prep.).

Un estudio de mercado debería investigar que tan necesarios serán estos procesos. Probablemente hay experiencias en el procesamiento de otras maderas tropicales, que pueden iluminar este aspecto. También se debe mencionar la costumbre de pintar los pisos claros con varias capas de laca que incluye un bloqueador solar, como el “dióxido de titanio” y sus respectivos agentes estabilizadoras contra la actuación de la luz UV. La importación de estas lacas significaría un costo alto para el producto final y se debe buscar alternativas ecológicas y económicas para evitar la degradación de la superficie de la guadua, sea en latilla o en su forma rolliza.

1.8. El invernadero portátil y el presecado de las latas

Fuera de la necesidad de bajar la humedad relativa de la materia prima rápidamente a niveles por de bajo de 15%, para evitar la infestación con hongos y xilófagos, se requiere un secado para estabilizar la dimensión del subproducto. Se recomienda de secar las latas de guadua (fig. 10) cerca del guadual, para reducir costos de transporte.



Fig. 10: Secador solar para presecado de latas de guadua al lado del guadual.

Las latas de guadua obtenidas en el primer corte con la sierra paralela deben ser secadas antes de dimensionarlas al espesor deseado. Hay dos versiones:

- 1) Corte solo al ancho, después cocinarlas y pasarlas al secador solar. Después del secado se dimensiona el espesor, primero con la sierra de tungsteno, finalmente cepillado de medio milímetro en cada lado.
- 2) Corte en ancho y espesor, después cocinar y secarlas, finalmente un cepillado según el ancho de la lata de 1 a 2 milímetros cada lado. Esto se hace normalmente con una perfiladora de 4 cabezas.

Literatura sobre secadores solares de madera hay para todos los climas y latitudes, la eficiencia y las ventajas energéticas están estudiadas y ampliamente recomendadas, no solo para el trópico (Plumptre & Jayanetti, 1996).

1.8.1. Para el caso especial de la lata de guadua hay un diseño (fig. 11) muy sencillo, con capacidad para 2-3 m³ (producción de dos jornales) y un secado muy rápido. A través de una “chimenea” se pueden ventilar bien los atados de latas para cambiar el aire constantemente y así bajar en una o dos semanas la humedad relativa al 12-15%.

SECADOR SOLAR, con ventilacion natural

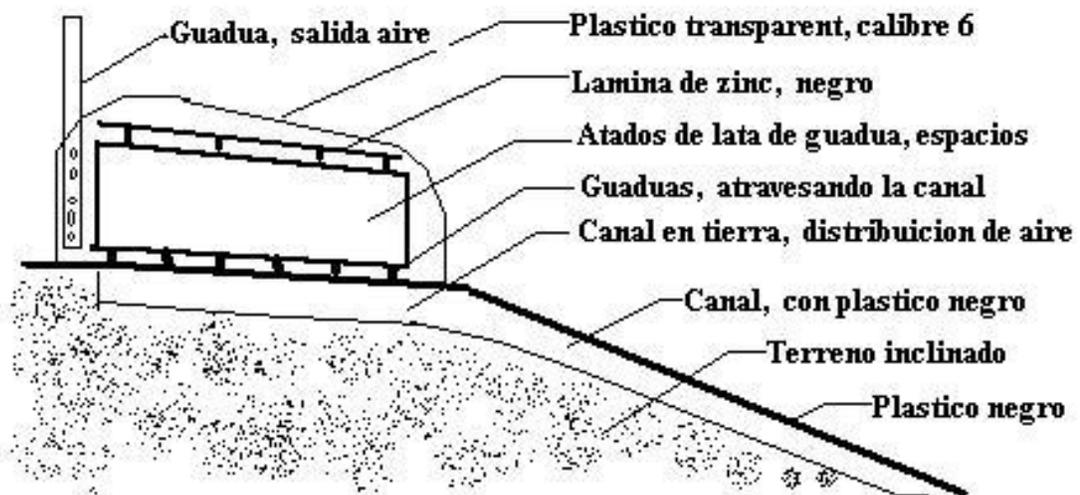


Fig. 11: Esquema de un secador solar con ventilación natural.

Encima y a los lados de la pila de atados se colocan láminas de zinc, pintado de negro (ceniza con linaza). Después se arquean unas latas de guadua de 6-8 m en sentido diagonal (esto evita las bolsas de agua cuando llueve) y posteriormente cubre toda la pila con un plástico transparente. Una o varias guaduas gruesas perforadas garantizan el efecto chimenea. El flujo de aire se regula con varios huecos laterales, en la parte inferior de la guadua. La canal de acceso debe tener, según la inclinación del terreno, 8 a 12 metros de largo, 20 cm de fondo y 50 cm de ancho, cubierto con plástico negro (o transparente y unas latas negras en el piso). Dentro del

invernadero debe mermarse la canal en forma cónica, para conducir el aire caliente hacia arriba. El invernadero ventilado es tan eficiente, que en cuestión de 15-20 días, según clima, llegamos a la humedad de 12-15% deseada.

La inversión es mínima (comprando todo en chatarrerías aprox. \$ 100.000), ya que se pueden usar latas viejas, plásticos usados y guadua porque el sitio permanece sin control.

1.8.2. Distinto a este invernadero improvisado en el campo, se ven los diseños de secadores solares para guadua rolliza, que deben tener en cuenta una fluctuación lenta para evitar grietas durante el cambio de la dimensión del segmento de culmo; controladores electrónicos de humedad y ventiladores eléctricos son indispensables. La gran ventaja del diseño “Nomad” consiste en la parte móvil (fig. 12), así se puede cargar la materia prima sin obstáculos por puertas de vidrios o plásticos frágiles. El secado puede durar 3 a 4 semanas. El secado de madera y de guadua requiere algo de experiencia (Plumptree & Jayanetti, 1996). La inversión depende del volumen y la calidad de los vidrios o plásticos usados. Muy recomendables son láminas de policarbonato, porque amortiguan el enfriamiento nocturno. Estos hornos se usan también en zonas más frías, aunque se anexa una estufa para residuos madereros como aserrín etc..

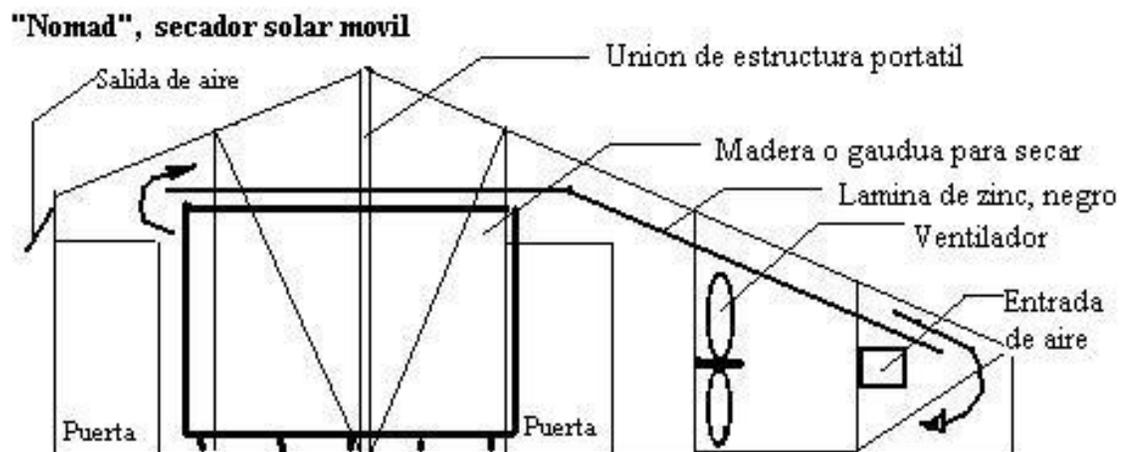


Fig. 12: Secador solar móvil tipo “Nomad”.

1.9. La compra-venta de las latas, el punto de vista del productor

Las principales preguntas de un inversionista son probablemente

- ¿Cuánto tiempo pasa de la siembra de un cultivo hasta obtener una cosecha estable?
- ¿Qué renta hay de un guadua natural, sin manejo hace mucho tiempo?
- ¿Cuánto tiene que ganar un productor de guadua por hectárea?
- ¿Cuánto puede costar la lata elaborada y quien la compra?

- ¿Cuánto ganará el micro-empresario después de su inversión en maquinaria y operarios?

Para lograr una producción anual estable de tallos uniformes, en un gradual sembrado, se requieren 6 a 8 años. La inversión por hectárea es según CRQ (Giraldo, 1999) alrededor de \$1'400.000 de pesos por hectárea. Existen unos datos sobre la rentabilidad de la cosecha de un gradual, levantados en el año 1999, teniendo en cuenta los precios del mercado regional, la mano de obra con prestaciones de la ley incluido, publicado en el Congreso de Armenia (Arias, 2002). Otros levantamientos de costos pueden ser muy distintos aunque evaluando la misma zona, el mismo servicio, teniendo en cuenta adicionales parámetros como costo del catastro, impuestos de venta, “sello verde” y sus connotaciones sociales etc..

No todos los graduales brindan una cosecha como la mencionada abajo. Especialmente en alturas por encima de los 1500 m NN y suelos ácidos como las del Cauca, no podemos contar con un alto porcentaje de guaguas que permiten dos tallos aprovechables de 6 m, sino más bien 8 a 9 metros (hasta llegar a un grosor de la pared de 1 cm).

Aquí se presenta un modelo económico, visto con la mirada de un típico propietario con un gradual natural y pequeño de dos o tres hectáreas, teniendo en cuenta parte de la cosecha en el aprovechamiento tradicional, pero con enfoque a la producción de latas.

En cuatro pasos de a-d, se explica como obtener de una hectárea anualmente 3000 tacos de 3 metros para la producción de latas en las 5 dimensiones mencionadas de A-E.

- a) El aprovechamiento de un gradual natural “normal” del eje cafetero de 5000 a 6000 tallos entre 10 y 12 cm diámetro, permite una entresaca periódica cada año del 25%, es decir 1250 tallos de 12-14 metros aprovechables. El propietario paga \$ 2.000/tallo al graduero de confianza (por un total de 2'500.000), para cortar y depositarlo en el taller de la finca.

Para la fabricación de latas de guagua, en el presente informe, solo se utilizan los primeros 9 a 10 metros: 3,1 metros de “cepa”, 6,20 metros de basa. A veces se sacrifica el primer metro, por muy curvo.

- b) El resto se vende a \$ 2.000/un como esterilla, puntas etc., lo que genera 2'500.000 pesos de ingreso bruto, cubre entonces los gastos de mano de obra del graduero, pero no genera todavía beneficio para la finca en términos de catastro, renta etc.. Este modelo es bastante común, también en su versión inversa: El graduero de confianza paga 1000 pesos por tallo cortado al propietario del gradual (beneficio \$ 1'250.000) y se queda con toda la cosecha (1250 un x 12 m x \$ 400/m) y todos los derivados, que le generan máximo 6'000.000 ingreso bruto.
- c) Nos quedan 1250 guaguas de 3,1 m de “cepa” y 6,2 m de “sobrebasa”, pero separamos 250 tallos de 9 m, por inútiles para la producción de latas (torcidos, dañados, etc.), los vendemos a \$ 2.000 por unidad, total por \$ 500.000. También hay que considerar en el futuro el uso de estos restos de biomasa para carbón vegetal activado (Zhang, 2001) o “petróleo ecológico”(Bassam, 2001).

- d) Las restantes 1000 guadas, aptas para producción de latas, se pueden cortar en 3000 tacos de 3,1 m y los separamos en tres grupos, como mencionado arriba:
- tacos delgados (500 un), promedio 6 latas de 3 x 0,8 cm
 - sobrebasa (750 un), promedio 7 latas de 3 x 0,8 cm
 - basa, baja y superior (1000 un), promedio 7 latas de 3,5 x 1 cm
 - cepas grandes, (750 un), promedio 5 latas de 4 x 1,2 o 4 a 4,5 x 1,2.

Los tallos más curvos se cortan en la mitad, pero se quedan del mismo grupo.

La intención es de producir finalmente las siguientes dimensiones:

- latas de 3 cm de ancho, categoría A y B (6-8 mm), para paneles
- latas de 3,5 cm ancho, categoría C (8-10 mm), para tablón estructural
- latas de 4 cm y más de ancho, categoría D y E (10-12 mm), para tablón y viga.

En la siguiente tabla (tab. 5) se convierten estas latas en tablillas cepilladas, o la cosecha neta. El laminado en forma de tablón o viga requiere un segundo cepillado y lijado del producto final, que disminuye un 20%. En procesos como la formación de láminas múltiple o para vigas de ingeniería, compuestas con sistema “finger joint”, se debe tener en cuenta reducciones en el lijado de las diversas laminas del 40 %, partiendo del volumen de la tablilla neto.

Se ven las categorías A-E antes mencionadas y la cantidad probable de latas por segmento de culmo, obtenida en caso optimo para cada dimensión de tablillas (tab. 4), que nos permite calcular la producción total en metros cúbicos. Probablemente se debe deducir un 10 o 15%, para asumir defectos.

Tabla 5: Distribución de los 3000 tacos de 3 metros obtenidos en un guadual típico de una hectárea, su designación a las diferentes categorías de latas y su rendimiento en cantidad y calidad.

3000 tacos	diam.	A 260/3/0,6	A 310/3/0,8	B 310/3,5/0,8	C 310/3,5/1	D 310/4/1,2	E 310/4,5/1,2
Tallo delgado	8 a10	5 250	5 250				
Sobrebasa	9 a 11	6 250	6 250	5 250			
Basa superior	10 a12		7 250	6 250			
Basa gruesa	10 a14			7 250	5 250		
Cepa	10 a16				6 250	5 250	4 250
Suma, lata 3m	3000	11 500	18 750	18 750	11 500	5 250	4 250
	40.250 x3m		5.500 13.500		13.500 5.500		1.250 1.000
latas, 1 y 2	32,4	m ³ 2,4	m ³ 9,72	m ³ 11,3	m ³ 5,8	m ³ 1,8	m ³ 1,4
tablillas, neto	21,3	m ³ 1,7	m ³ 6,1	m ³ 7,3	m ³ 4,0	m ³ 1,3	m ³ 1,0
total , - el 15%	18,1	m ³ 1,4	m ³ 5,2	m ³ 6,2	m ³ 3,4	m ³ 1,1	m ³ 0,8
tablón, - el 20%	17,0	m ³ 1,3	m ³ 4,9	m ³ 5,8	m ³ 3,2	m ³ 1,1	m ³ 0,8
panel, - el 40%	12,8	m ³ 1,0	m ³ 3,6	m ³ 4,4	m ³ 2,4	m ³ 0,8	m ³ 0,6

- Entonces se obtiene de los 1000 tallos de 9 m hipotéticamente 40.250 latas de 3 m/ha/a. Estos 120.750 metros lineales de lata rústica (lata 2) dan, sumando cada grupo, 32 m³.

- Las tablillas cepilladas (lata 3), sin contar una deducción suman aproximadamente 21 m^3 .
- Se puede esperar una cosecha neta de 18 metros cúbicos de tablillas perfectas por hectárea por año.
- Para la fabricación de tablonos se debe contar con una producción de $17 \text{ m}^3/\text{ha/a}$.
- Para la fabricación industrial de paneles se cuenta con una producción de $12,8 \text{ m}^3/\text{ha/a}$.

Como establecido más abajo con \$ 444.000 pesos/ m^3 de latas perfectas y secas (US \$ 200), se estima un ingreso total en el caso de 18 m^3 de \$ 8'613.600 pesos/ha/a (US \$ 3.915 /ha/a.). Obviamente se debe verificar en la practica a mediana escala, que tantas imperfecciones conllevan a deducciones y cuantos obstáculos hay en el procesamiento rutinario y rápido, donde no se dedica tanto tiempo a cada tablilla individual.

A) Hay otros acercamientos matemáticos a la producción por hectárea, pero no tienen en cuenta el potencial en el espesor de los tallos basales. Por esto se llega a una cosecha más baja.

- De 9 metros sale un promedio de 10 latas de $3 \times 0,8 \text{ cm}$ (neto $2,5 \times 0,6 \text{ cm}$), esto suma en metros cúbicos:
 $1000 \text{ un} \times 9 \text{ m} \times 10 \text{ un} \times 0,03 \times 0,008 \text{ m} = 21,6 \text{ m}^3$ (neto, sin deducción: $13,5 \text{ m}^3$).
 En este caso se obtiene solo algo más que la mitad: \$ 5'994.000 (US \$ 2.724).
- Muy parecido, calculando por metro lineal:
 $1000 \text{ guadas de } 9 \text{ metros lineales a } 7 \text{ tablillas (de } 3 \times 0,8 \text{ cm)} = 63.000 \text{ ml}$
 multiplicado por \$ 107 por metro lineal = \$ 6'741.000 pesos (US \$ 3.064).

B) Un campesino tiene como meta de ingreso, el salario mínimo diario de \$ 20.000 pesos. La sierra de dos discos se alquila (en la cooperativa o en la fábrica) por \$ 10.000 diarios. Trabajando solo, durante medio día en el guadual, puede sacar 5 guadas. Estas las parte en 4 tacos de tres metros (sí el taco es curvo lo corta entonces en 2 trozos de 1,55m):

- Tres tacos por guadua, para obtener latas, y el resto lo vende para esterilla o puntales, etc., que dan \$ 8.000-10.000, suficiente para pagar al propietario del guadual.
- Los 15 tacos restantes los puede cortar en la sierra durante medio día a 105 latas de 3 metros. Los 315 ml pone 15 días al secador improvisado y las vende posteriormente a 107 pesos/m, que le da un ingreso de \$ 33.750 pesos.

1.10. La inversión mínima para la producción de latas

El diseño de la sierra de doble disco (fig. 13) es una adaptación de un pequeño modelo chino que se usa en la prefabricación de latas para pisos. Los tallos largos y pesados de la guadua requieren un herraje y un motor más fuerte.

La Sierra

- Se desarrolló la sierra (fig. 13) basándose en ángulo de $2'' \times 2''$ por $1/4''$ de espesor.
- El motor debe ser de mínimo 7 caballos de fuerza (5 KW), la velocidad del disco según diámetro de 4000 a 5000 revoluciones, logrado con poleas.

- Se pueden montar un trineo de 1,60 m a 3,20 m, sobre un carril de ángulo de 3 m, o de 6 m.
- Un motor de 9 caballos también puede atender dos personas trabajando alternando el ritmo, en dos trineos montados en una sola máquina.
- La mejor flexibilidad de uso al lado del guadual de estas maquinas, se logra con un motor de combustión de 8 a 9 caballos, que vale lo mismo que un motor nuevo eléctrico trifásico, entre \$ 1,5 hasta 2 millones de pesos.
- En el cálculo abajo mencionado utilizamos motores de segunda, pero revisados y garantizados, con un costo aprox. \$ 500.000.
- Se debe tener en cuenta un juego de discos de tungsteno alterno, para estar afilando uno mientras trabaja el otro, el costo del afilado (taller especializado) es parte del mantenimiento.

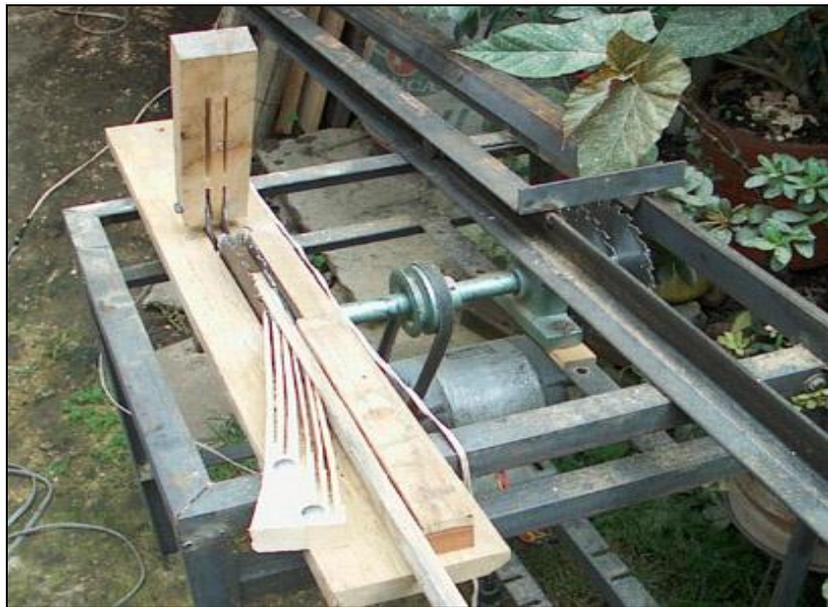


Fig. 13: Sierra de doble disco para dimensionar el espesor de la lata.

Trozado en el bosque

- La mejor eficiencia de selección y trozado de los tallos se hace con una motosierra pequeña, que con cadena de repuesto puede costar \$ 800.000, dos obreros experimentados marcan con machete y posteriormente trozan en los tamaños de 1,60 y 3,20 m.
- La cantidad de gente para cosechar la guadua y sacarla del guadual hacia la sierra depende de los caminos de acceso, la distancia, el tiempo sin manejo, etc.. Se estima para las 30 a 40 guaduas de 6 metros (60 tacos de 3m), que corta un maquinista con la sierra de doble disco al día, adicionalmente un ayudante y 3 personas para la sacada del guadual y el apilamiento de la guadua a lado de la sierra o simplemente turnarse de vez en cuando.

Rendimiento

- De los 60 tacos de 3 metros se cortan, según dimensión de lata, entre 300 y 400 latas de 3m con un maquinista y ayudante por sierra.

- Produciendo semanal digamos 1500 a 2000 latas brutas de 3m, con los dos cortes, de ancho y espesor, se logra mínimo 1 a 2 metro cúbico semanal de latas en bruto por sierra.
- Como materia prima para los laminados se calcula un desperdicio del 50%, entre la primera lata fresca y la tablilla seca y bien aserrada o cepillada. El volumen inicial necesario para obtener 1 m³ neto, sería el doble, entonces de 3000 a 4000 latas brutas.
- Una cepilladora común requiere una hora por cada lado de mil latas, entonces 1 día semanal. Este paso puede ser parte del trabajo en la carpintería.
- Tres maquinistas en la sierra y sus tres ayudantes y 12 a 14 guadueros producen suficientes latas para luego obtener 4 a 6 m³ tablillas secas y cepilladas semanalmente, 16 a 24 m³ mensual con un valor de (\$ 7'100.000 a \$ 10'650.000).

Empleo generado por hectárea

El personal necesario para trabajar con eficiencia el aprovechamiento de un guadual de una hectárea por mes es de 18 a 20 personas, que necesitan 20 salarios mínimos o \$ 6'180.000.

- Se debe tener en cuenta para las tres sierras, los 3 maquinistas y 3 ayudantes. El volumen es de 120 a 150 tacos de 3m diarios, 600 a 800 tacos semanales, 2400 a 3200 tacos por mes, lo que coincide con los 3000 tacos, obtenidos de 1000 guaduas de 9 metros por ha.
- También se debe tener en cuenta 2 a 3 guadueros por sierra, que cortan la guadua en trozos de 3 metros y la sacan con su caballo del guadual al sitio de las sierras.

Tabla 6: Requerimientos mínimos para la producción de latas en guadua, con 12 a 16 obreros.

Cantidad	Descripción	Precio Unitario en miles de pesos col.	Precio Total en miles de pesos col.
1	Motosierra 017, dos cadenas adicionales	1.000	1.000
2	Sierras con doble carril y doble trineo de 6 m, 9 hp	4.000	8.000
1	Sierra con dos sierras dobles para el segundo corte	2.500	2.500
1	Remolque sin caballo, para transporte de latas	500	500
10	Secador solar, carpas 8 X 6 m y latas negras de capacidad 4 m ³	100	1.000
4	Asesoría durante 4 capacitaciones de etapa de inicio	1.000	4.000
SUB TOTAL			17.000
20	Mano de obra: 12 guadueros para secada del bosque, 5 maquinistas y 3 ayudantes	309	6.180
	Administración		4.000
	Transporte		500
	Otros		500
SUB TOTAL			5.000
TOTAL			22.000

1.11. Transporte a la fábrica de laminados y el compromiso del centro de acopio

Tradicionalmente el guadiero contrata a un camión, lo carga al lado del guadual, para lo cual ya tiene en sus manos un permiso de transporte para recursos naturales y lo lleva al depósito en la

ciudad o directamente a una obra de construcción. De la ganancia debe una parte al dueño del guadual, otra a los obreros, al camionero, etc..

Otro ejemplo conocido de comercialización es el sistema de la Federación de Cafeteros, que establece un precio por bulto de café despulpado y secado, en toda una red de acopios. El autor recomienda aceptar similares esquemas, como base de una futura comercialización de latas prefabricadas.

La fábrica debe comprometerse a comprar una línea establecida de latas prefabricadas, donde el guadero o el propietario del guadual llega a cualquier hora del día con la mercancía y recibe su pago, según cantidad y cualidad entregada.

1.12. Categorización de latas, diferenciación de precios según calidad y medida

Una fabrica de laminados compra latas prefabricadas para la producción de:

Categoría A- Paneles de 3 x 1,5 m (espesores finales de 15 y 18 mm)

Categoría B -Paneles de 4 x 8 ft (1,25 m x 2,5 m, espesor final de 1 pulgada, 24 mm)

Categoría C -Blockboard o tablón de 3 m x 35 cm (espesor final de 3 cm)

Categoría D -Viga de 6 m x 12 cm (espesor final de 4 cm).

Generalidades para definir:

Lata de guadua angustifolia (densidad mínima 750 kg/m³)

- De cualquier variedad o procedencia
- Seco al aire (12 a 18%)
- Natural o blanqueada o carbonizada (grado?)
- Cepilladas o bien aserradas
- Con certificación ambiental.

Las dimensiones de las latas, requeridas por la fabrica con las siguientes especificaciones de Calidad y Tolerancia, Tabla 7:

De acuerdo a los parámetros definidos hay que ser estricto, o recibir al favor de la fábrica dos C por el precio de una A o B.

- A) Sin grieta, sin perforaciones, sin manchas, para “cara A”
- B) Sin grieta, sin perforaciones, desperfecciones, para “cara B”
- C) Con fisuras (que tolerancia?), perforaciones, “corazón” para interior “C”.

Tabla 7: Propuesta de costos \$ (pesos col.) según dimensión de la lata 3 en cm³ a base de \$ 444.000 (US \$ 200) por m³ lata cepillada y perfecta.

Cate- goría	Dimensión Bruto		Dimensión Neto		peso / unid.	Cantidades por m ³		Metros lineales por m ³		Precio (en \$ col.)	
	Medida (cm)	cm ³	Cantidad (cm)	cm ³	kg	Bruto	Neto	Bruto	Neto	Unidad	Metro lineal
A	260 x3x0,8	624			0,54	1603		4167			
			245x2,5x0,6	367	0,32		2725		6812	163	65
A	310x3x0,8	744			0,64	1344		4167			
			300x2,5x0,6	450	0,39		2222		6667	200	67
B	310x3x1	930			0,80	1075		3333			
			300x2,5x0,8	600	0,52		1667		5000	266	89
C	310x3,5x1	1085			0,94	922		2857			
			300x3x0,8	720	0,62		1389		4167	320	107
D	310x4x1,2	1488			1,28	672		2083			
			300x3,5x1	1050	0,91		952		2857	466	155
E	310x4,5x1,4	1674			1,44	597		1852			
			300x4x1,2	1440	1,24		694		2083	639	213

Nota:

Para la más alta calidad de paneles de exportación no se deben presentar grietas, ni espacios mal pegados en nivel interior del “corazón”. Estos paneles se usan por ejemplo para frentes de cocinas integrales de alta calidad. Si durante el perfilado del borde se ve una grieta puede fracasar toda la venta futura.

La entrega se hace por centenar, metro cúbico o tonelada, por ejemplo:

Categoría B-

Una lata mide 310 x 3,0 x 0,8 cm =	744 cm ³ , = 0,642 kg
Cien latas miden =	74,4 cm ³ = 64,2 kg
Con m ³ = 750 kg seco + 15% humedad =	862,5 kg/m ³
Cien latas pesan:	64,2 kg (± 2%)
Una tonelada de insumo consiste en	1558,6 latas (± 30)
Para un m ³ se necesita bruto	1344 latas de 3 m.
Para un m ³ se necesita neto	2222 tablillas de 3 m.

Hay que tener en cuenta que el laminado final de un panel de 18 mm se compone de 3 láminas de tablillas secadas al 6-8% y cepilladas perfectamente a la medida de 25 mm x 6 mm y de solo 3 m de largo, entonces 450 cm³. Así se requiere para el punto de vista de la fábrica un insumo neto de 2222 tablillas de 3 metros. A \$ 200/unidad pagados le costaría el insumo de la tablilla como materia prima neto \$ 444.400 para un m³ (US \$ 200/m³) de la sección de 2,5 x 0,6 cm, que es la dimensión más parecida a la de la China. (US \$ 1 aprox. \$ 2.200 pesos col.).

Los precios se definen según la demanda y calidad entregada, pero diversificada según dimensión y siempre orientado al precio común de 1 m^3 de lata bien aserrada o cepillada y seca, o “neto”.

Se propone un valor del metro cúbico con aprox. \$ 444.000 (US \$ 200), para motivar el productor. El consumidor nacional decide si asume este precio alto de la materia prima.

Para la fabricación de paneles múltiplex se debe contar con un desperdicio adicional de 50% por lamina, el valor del insumo “neto” asciende en la fabricación de paneles a aprox. US \$ 300.

1.13. La conversión del precio por latas al precio por tallos

El productor de guadua ofrece en este momento la guadua rolliza por \$ 400 pesos por metro lineal, puesto en la obra. No hay especificaciones ni diámetros mínimos, ni un buen manejo de la poscosecha, factores que generan mala presencia, descomposición y manchas en el tejido.

Para la siguiente tabla 8 se escogen guaduas verdes de 9 a 14 cm diámetro basal, con espesor de paredes en el lado delgado por encima del 1 cm y se estima el valor con el precio de \$ 444.000 pesos/ m^3 (US \$ 200) por metro cúbico de lata seca y perfecta.

Se acepta el costo de estos \$ 400 por metro lineal como la ganancia mínima del productor y comparamos la ganancia con la producción de tablillas, el resultado es un ingreso por unidad de guadua de 6 m, pero según diámetro casi el doble de ganancia.

El ingreso de una guadua ejemplar promedia de 12 cm de diámetro exterior es entre \$ 4.300 y \$ 4,500 (aprox. \$ 800 por metro lineal), es decir 2 veces el valor en forma rolliza de \$ 400.

La tabla parte de los diámetros exteriores e interiores y calcula la circunferencia interior del segmento de culmo. Este se divide por el ancho de la lata (en este caso 3 cm y 3,5 cm), teniendo en cuenta 5 mm de desperdicio en el corte. Esta cantidad de latas obtenidos @ se multiplica con el área de corte (espesor 8 mm y 10 mm). La siguiente columna nos indica la cantidad de segmento de culmos que se requiere para producir un metro cúbico de estas latas. Posteriormente se destaca los metros lineales necesarias para completar un m^3 de latas. Se indica el precio propuesto para un metro de lata, lo que se multiplica con la cantidad factible de latas por segmento de culmo para conocer el precio de un segmento de culmo de un metro y por ende el precio para un tallo de guadua de 6 metros.

Tabla 8: Valor de un segmento de culmo de guadua (en \$ col.), según diámetro, cantidad y ancho de latas factibles.

d. ext	d. int	cant. @	3	cant. @	3,5	esp. 8	esp.10	tubos/m ³	ml /m ³	\$col/m ³ /ml	\$col/m tu	\$ col/taco 6m
9	7	6,3	6	3		0,144		694,4	4167	67	402	2.412
10	8	7,2	7	3		0,168		595,2	4167	67	469	2.814
11	8			6,3	6	3,5	0,21	476,2	2857	107	642	3.852
12	9	8,1	8	3		0,192		520,8	4167	89	712	4.272
12	9			7,1	7	3,5	0,245	408,2	2857	107	749	4.494
13	10	9	9	3		0,216		463,0	4167	89	801	4.806
14	11			8,7	8	3,5	0,28	357,1	2857	107	856	5.136

- La cantidad de latas pro diámetro interior se obtiene: Circunferencia interior dividida por el ancho de la lata +0,5 cm(corte). @ es la cifra redonda, debido a que 6,3 solo produce 6 latas. 0,3 es perdida.
- Tubos/m³ es la cantidad de guaduas de 6 ml para lograr un metro cúbico de latas en bruto.

Conclusión:

Guaduas gruesas rinden más al productor, porque dan más latas, más espesor etc..

Al productor le favorece buscar el ancho de lata mayor posible, mire la guadua de 12 cm en dos versiones. Esto esta viceversa al rendimiento en % de la materia prima, pero favorece el productor de laminados porque no tiene que aplicar tanto pegante.

1.14. La pequeña fábrica de tablonos y vigas en guadua laminada

La fabricación de vigas, tablón macizo o “blockboard”, usando las tablillas obtenidas de las categorías C, D y E, es muy sencillo y puede generar buenos ingresos para cualquier taller de carpintería, contando con buena parte de la maquinaria tradicional y una inversión adicional mínima.

Como está analizado más adelante se obtiene mejores rendimientos del tallo con trozos más cortos (de 1,5 metros sale el promedio de 35,4%) aunque en el mercado se paga mejor para piezas largas de 2,6 a 3,1 metros (probablemente solo 25%). Se pueden unir latas cortas y gruesas con la técnica del “finger-joint” (con una máquina fresadora especializada), que da excelentes resultados de calidad y rendimiento. También permite producir dimensiones muy largas, requeridas en la alta ingeniería, como vigas laminadas de puentes peatonales etc., sector que se encuentra en un desarrollo rápido e innovador.

Se debe tener en cuenta una posible preservación cobre-cromo-arsénico (CCA) para esta gama de productos, porque van estar expuestos a goteras e intemperie. Para los demás productos será suficiente una aplicación exterior con brocha de una solución de agua con borax al 10%, si acaso no había sido producido basándose en latas anteriormente cocinadas.

Comprando las tablillas del proveedor a precios como arriba mencionados, se debe tener en cuenta también: el pegante, la mano de obra el alquiler del taller y de la maquinaria (fig. 14).



Fig. 14: Cepillado y lijado del tablón laminado basándose en tablillas intercaladas.

El proceso de fabricar laminados de guadua es sencillo:

- Se reciben las latas aserradas, secas al aire y se las pasa por cepilladora en los dos lados planos. Aquí le reduce un medio milímetro a cada lado de la tablilla para lograr una superficie sin presencia de la capa de sílice, ni el blanco interior, para garantizar una buena adhesión del pegante.
- Se prepara la prensa, que consiste en dos ángulos de hierro de 1 ½”, 3 m a 8 m de largo (según producto deseado).
- Se recomienda que estos ángulos están guiados por unos segmentos de culmo, que se encuentran soldados por debajo y dejan posibilidades para varios anchos. Estos segmentos de culmo también tienen el fin de sostener las latas, después de la aplicación del pegante.
- El pegante puede ser aplicado en una mesa con rodillo de pintor, o se construye con dos rodillos de caucho, con motor girándose y permanentemente mojándose en un recipiente de pegante. El pegante puede ser cola blanca (PVAC) de carpintero con cierta resistencia a la humedad y curado rápido o resinas sintéticas a base de UF o PF.
- Se colocan las tablillas, untadas con rodillo mecánico o brocha, a la prensa y aprieta con la ayuda de prensas manuales, o mejor con pistones neumáticos/hidráulicos.

- Después del tiempo de curado (30-60 min.) se pasa la tabla por una canteadora y posteriormente por una cepilladora para quitar aprox. 2 mm en cada lado y dejar la tabla con su espesor deseado.
- Se hace un lijado de las 4 superficies y de los filos.
- Se cortan los extremos al largo deseado
- Se empaca la tabla con PVC o PE para evitar la adquisición de agua y para dar una presentación comercial mejor, incluyendo un papel que explica las bondades del producto, su tratamiento y la gama de otras dimensiones.

La inversión de maquinaria:

- Una sierra, una canteadora, una cepilladora, una lijadora.
- Varias Prensas neumáticas/hidráulicas o manuales.

Esta herramienta es bastante común en cada carpintería, con un valor nuevo de \$ 36'000.000 de pesos, o \$ 1'000.000 reposición mensual durante 36 meses. \$ 1'000.000 pesos se calcula para alquiler, electricidad, reposición de lija y sierras, mantenimiento etc., lo que suma \$ 2'000.000 costos mensuales. En la tabla 10 se estima el gasto anual del taller de \$ 24'000.000 pesos.

La mano de obra se estipula con 2 parejas de un carpintero y un ayudante, sumando un costo de \$ 1'600.000 mensual, \$19'200.000 anual, fabricando entonces 4 tablones con 4 prensas manuales por hora (tablón 3 m x 25 cm). En la tabla se asume el costo de mano de obra como una cuarta parte del costo de la lata respectiva.

El taller artesanal produce entonces 32 tablones al día, 704 al mes de 22 jornales, 8448 unidades por año, que suma casi 200 m³ de producción anual. 44 tablones de 300 cm x 25 cm x 3 cm suman un metro cúbico neto, 8448 unidades de esta medida suman 190 m³. Con la dimensión del tablón de 300/25/3,5 cm se producen hasta 222 m³, contando con 8448 unidades por año. Si se calcula un volumen de "output" con un peso de 850 kg/m³, se necesita 20 camiones anuales a 8-9 toneladas o dos camiones por mes para la distribución de la mercancía.

Para tener una idea de logística de las cantidades de insumo necesario, se mira a las cantidades de la tercera fila de tabla 10. Debido a que el atado de tablillas todavía tiene la medida bruto (+50%), y adicionalmente esta empacado menos denso, se deben calcular un insumo mínimo 4 camiones mensuales. Se calcula 8 camiones anuales para retiro de aserrín, esto probablemente no genera costos, porque esta apreciado como combustible y abono. Al contrario, se debería comprimirlo y venderlo como briqueta.

Tabla 10: Cantidad de producción y costos (valores en \$ col.) de un taller artesanal con 200 m³ de productos laminados por año.

Dimensiones			C (310/3,5/1)		D (310/4/1,2)
	Unidad	Cantidad		Cantidad	
cantidad bruto, fresco	m ³	922	1085	672	1.488
cantidad neto, seco	m ³	1.389	720	952	1.050
cant/m ³ y \$ col/tablilla	200	277.800	321	190.400	465
latas/a/200 m ³ en \$ col.	200		89.173.800		88.536.000
mano de obra/lata en \$ col.	\$ / lata / 2	80	22.293.450	116	22.134.000
pegante por m ² en \$ col.	\$ 2.000	13.000	26.000.000	10.500	21.000.000
lijado y empacado en \$ col.	\$ 2.000	8.889	17.777.778	7.619	15.238.095
costos del taller en \$ col.			24.000.000		24.000.000
costos de un año en \$ col.	100m ³		179.245.028		170.908.095
costo anual de 1 m³ en \$ col.	\$/m ³		896.225		854.540
\$ US/m ³	2200	300x25x3	407	300x25x3,5	388
cantidades y \$col/un	por m ³	44	20.165	38	22.432

- Una viga de 6 m por 12,5 x 4 cm cuesta lo mismo que el tablón de 3 m x 25cm x 4 cm, porque tiene igual volumen, compuesto de 25 tablillas “D” a \$ 465 pesos cada una. A estos \$ 11.625 se suman \$3.375 de mano de obra, \$2.800 de pegante, \$ 3200 para el taller y la herramienta, finalmente \$ 2000 para acabado y empaque en plástico transparente. La suma de los costos de producción es de \$ 23.000.
- Estos costos están bastante competitivos con los productos en madera fina tropical, si tiene en cuenta el acabado de este producto, el secado, la presentación comercial, la ecología.

1.15. Bibliografía

- Dagilis, T., 1999: Bamboo Composite Materials for Low Cost Housing, Ontario, Canada.
- Gersham, G., 2001: UNIDO Report BAMTECH, Accra-Ghana, Project No.
- Giraldo, E. & Sabogal A., 1999: Una Alternativa Sostenible, La Guadua, CRQ.
- El Bassam, N., 2001: Producing Biofuels from Bamboo, INBAR, Sichuan, China.
- Inbar, Conferencias coleccionadas en: Bamboo, People, Environment edition 1,2,3 y 4.
- Informationsdienst Holz, Konstruktive Holzwerkstoffe, Arbeitsgemeinschaft Holz eV., 10/1997
- King, R., 2001: UNIDO Report BAMTECH, Accra-Ghana. UB/GHA/00/015/11-51
- Larimer, B., 1994: Poyisocyanate binders for products based on wood..., BAYER.
- Leitner, K., 2002: Plattenförmige Holzwerkstoffe im konstruktiven Einsatz, RWTH-Aachen.
- Liese, W., 1996: The Anatomy of Bamboo, Inbar Publication.
- Padmanabhan, S., 1994: Glue Line Preservative Treatment of Bamboo Mat Board, WOOD India.
- Plumtre, R. & Jayanetti, D., 1996: Solar heated timber drying kilns, ODA-TRADA.
- Raijput, S. & others, 1994: Classification, Grading and Processing of Bamboo..., WOOD India.
- Schwab, E., Schlusen, K., 1999: Eigenschaften von Bambus-Parkett-Elementen, Springer Verlag.
- Sibaja, E. & Perterson, D., 1985: Colectores solares. Editorial tecnológica, Costa Rica.
- Vélez, S., 2000: Grow Your own house, ZERI- VITRA.
- Villegas, M., 1996: Bambusa guadua, Villegas editores.
- Wallin, G., 1994: Cornerstones of an MDF Plant investment, WOOD India.
- Zhang, 2001: Playing great Deal of Attention on Bamboo Processing and Charcoal, INBAR conference.
- Zhaohui, W., 2001: Variability in Properties of Bamboo in different ages, INBAR, Sichuan, China.
- Zehui, J., 2001: Standards on Bamboo Utilization and International Trends, INBAR, Sichuan, China.

- **Links/enlaces**

- <http://ambiental.utp.edu.co/guadua>
- <http://www.bambus.de>
- <http://www.bambus.rwth-aachen.de>
- <http://www.inbar.int>