

Convenio interadministrativo N° 130 de
2020 entre CVC-UTP
Santiago de Cali
Marzo de 2021



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC
Carrera 56 n° 11-36 – PBX (+57-2)620 6600
www.cvc.gov.co
Santiago de Cali -Valle del Cauca - Colombia

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA – UTP
Carrera 27 n° 10-02 – PBX (+57-6) 3137300
www.utp.edu.co
Pereira - Risaralda - Colombia

Cartilla de Corte, preservado y secado de la guadua: Aprovechamiento y tratamiento de la guadua

Cartilla

de corte, preservado

y secado de la guadua:

**Aprovechamiento y
tratamiento de la guadua**

Cartilla de corte, preservado y secado de la guadua: Aprovechamiento y tratamiento de la guadua



Marco Antonio Suárez Gutiérrez
Director General
Corporación Autónoma Regional Del Valle Del Cauca – CVC

Pedro Nel Montoya Montoya
Director de Gestión Ambiental
Corporación Autónoma Regional Del Valle Del Cauca – CVC

Gustavo Alberto Trujillo Barrientos
Coordinador Grupo de Seguimiento y Control
Corporación Autónoma Regional Del Valle Del Cauca – CVC

Duván Andrés García Ramírez
Supervisor
Dirección de Gestión Ambiental
Corporación Autónoma Regional Del Valle Del Cauca – CVC

Luis Fernando Gaviria Trujillo
Rector
Universidad Tecnológica De Pereira-UTP

Luis Gonzaga Gutiérrez López
Decano
Facultad de Ciencias Ambientales-UTP

Jorge Augusto Montoya Arango
Director del CRPML-EC
Docente de planta
Facultad de Ciencias Ambientales-UTP

Autores:
Prof. Dr. Jorge Augusto Montoya Arango
Prof. M.Sc. Germán Hugo Gutiérrez Céspedes

Contribución Fotográfica:
David Andrés Rubio Jaramillo
Cristhian Dario Grajales Echeverri
Jorge Augusto Montoya Arango

Convenio interadministrativo N° 130 de 2020 entre CVC-UTP
Santiago de Cali
Marzo de 2021

ISBN: 978-958-8332-99-4

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC
Carrera 56 n° 11-36 – PBX (+57-2)620 6600
www.cvc.gov.co
Santiago de Cali -Valle del Cauca - Colombia

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA – UTP
Carrera 27 n° 10-02 – PBX (+57-6) 3137300
www.utp.edu.co
Pereira - Risaralda - Colombia

Índice

1. Corte	7
1.1 La Guadua (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth)	7
1.2 Criterios de selección de culmos de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth en la cosecha	8
1.3 Identificando el estado de madurez de los culmos de Guadua	8
1.4 Corte de la Guadua	10
1.5 Piezas de la Guadua y/o Bambú	10
1.6 Criterios de selección de culmos de <i>Guadua angustifolia</i> Kunth en la postcosecha	10
1.7 Referencias Bibliográficas de Corte	11
2. Preservación	13
2.1 Introducción	13
2.2 Tipos de Preservación	13
2.3 Tratamientos con químicos amigables al medio ambiente	13
2.3.1 Tratamiento con sales de bórax	13
2.3.2 Tratamiento por desplazamiento de savia - Boucherie modificado	13
2.4 Tratamientos sin químicos (naturales)	15
2.4.1 Tratamiento por avinagrado	15
2.4.2 Tratamiento en autoclave con vapor	15
2.5 Pruebas de calidad	15
2.5.1 Pruebas al material tratado (harina cúrcuma)	15
2.5.2 Pruebas a la solución preservante, de conductividad, temperatura y concentración de solución	16
2.6 Referencias Bibliográficas de Preservación	17
3. Secado	19
3.1 Introducción	19
3.2 Secador solar tipo invernadero ventilación transversal	19
3.3 Partes del Secador y Diseños	19
3.4 Secador solar tipo invernadero ventilación longitudinal	20
3.5 Como construir un secador solar en Aluminio para latas	21
3.5.1 Materiales de construcción para secador solar en Aluminio	21
3.5.2 Procedimiento de construcción secador solar tipo invernadero en estructura de Aluminio	21
3.5.3 Procedimiento de producción de tabillas y cargue del secador solar tipo invernadero en Aluminio	23
3.6 Secador solar tipo invernadero en PVC	23
3.6.1 Materiales para construcción de secador solar en PVC	23
3.6.2 Modo de operación del secador solar tipo invernadero	24
3.7 Secador solar tipo invernadero para secado Guadua Rolliza	25
3.7.1 Partes del Secador y Diseños de planos	25
3.7.2 Duración del Secado Solar tipo Invernadero Guadua Rolliza	27

1. Corte

3.8 Medición del Contenido de humedad
27

3.9 Referencias Bibliográficas de Secado
27

1.1 La Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth)

La Guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) se distribuye naturalmente en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Ha sido introducida en Centro América, Islas del Caribe y Asia. Es la especie de bambú con mayor demanda en Colombia. Los culmos de la Guadua se destacan por sus propiedades físico – mecánicas, superan los 20 metros de altura y 18 cm de diámetro. Por su excelente tolerancia a la flexión es muy utilizada en la construcción de viviendas sismorresistentes. La Guadua aprovecha muy bien la energía solar y sus culmos alcanzan su altura máxima en los primeros seis meses de haber emergido del suelo. No presentan dilatación en su diámetro durante su crecimiento, los culmos ya emergen con el diámetro definitivo. La madurez de los culmos se alcanza entre los 4 a 5 años.

En la siguiente tabla es presentada la clasificación taxonómica de la *Guadua angustifolia* Kunth:

Clasificación taxonómica de la <i>Guadua angustifolia</i>	
DOMINIO	Eukarya
REINO	Plantae
DIVISIÓN	Espermatophyta
SUBDIVISIÓN	Angiospermae
CLASE	Liliopsida (“Monocots”)
SUBCLASE	Commelinidae
ORDEN	Poales
FAMILIA	Poaceae
SUBFAMILIA	Bambusoideae
TRIBU	Bambuseae
SUBTRIBU	Guaduinae

GÉNERO	<i>Guadua</i>
ESPECIE	<i>angustifolia</i>

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la *Guadua angustifolia*

Actualmente son conocidas dos variedades, *Guadua angustifolia* var. *bicolor* que se diferencia de la especie tipo porque sus culmos tienen rayas longitudinales de color amarillas que se destacan sobre el color verde de los culmos y *Guadua angustifolia* var. *nigra*, esta especie se diferencia de la especie tipo por presentar pocas rayas longitudinales de color verde oscuro y evidenciadas claramente al secarse por que adquieren coloraciones negras y ocre.

Al mismo tiempo se observan variaciones en su composición botánica ocasionadas por factores edafoclimáticos (fenotípicos) y que son denominados de biotipos. Estos biotipos llevan las siguientes denominaciones en Colombia:

- **Guadua Castilla:** Crece en zonas de hondonadas con suelos francos muy fértiles, lo que propicia culmos con diámetros que llegan a los 15 cm o más, con paredes gruesas (2,5 a 4 cm). Es el biotipo que más se destaca en diámetro y altura. Sus Guaduas son utilizadas para esterillas y construcción de viviendas (columnas).
- **Guadua Cebolla:** Crece en topografía planas a poca declividad con suelos fértiles, lo que propicia culmos con diámetros que llegan a los 13 cm, mas con paredes delgadas. Sus entre nudos son mayores que los de la Guadua Macana. Pocas ramas basales (ganchos). Este gradual presenta tallos de distintos diámetros. Es el biotipo más común. Sus Guaduas son utilizadas para esterillas.
- **Guadua Macana:** Crece en laderas con suelos arcillosos pobres, sus tallos tienen diámetros normalmente inferiores a los 11 cm, con paredes gruesas lo que le confieren una gran resistencia mecánica, regularidad en la distancia entre los nudos y abundantes ramas basales. Este gradual presenta tallos de diámetros uniformes.
- **Guadua Cotuda** –Sus culmos presentan curvatura alterna en los entrenudos

que coinciden con las yemas, teniendo una apariencia de culmo mal formado. Estos culmos son utilizados en artesanías y en la fabricación de muebles.

Es importante destacar que la *Guadua* tiene una amplia variabilidad genética demostrada en estudios moleculares lo que ha permitido identificar individuos superiores para algunas aplicaciones, siendo una importante base para trabajos de mejoramiento continuo de esta especie.

1.2 Criterios de selección de culmos de *Guadua angustifolia* Kunth en la cosecha

Antes de realizar el corte el operario deberá seguir las siguientes recomendaciones:

- Haber realizado una limpieza del guadual de forma tal que permita el ingreso y el trabajo dentro del guadual.
- Estar utilizando los materiales de protección individual, tales como botas con punta de hierro, guantes, protección visual, protección auditiva, canilleras y casco.
- El material de corte debidamente preparado, en el caso del machete, debidamente afilado. En el caso de la motosierra, la misma debe estar lubricada, con corriente afilada y llevar el combustible suficiente para toda la actividad, con una mezcla 50:1 (Combustible: aceite).
- Verificar como están apoyados los culmos (en el tercio superior) dentro del guadual, evitando cortar los culmos maduros o sobre maduros que están dando soporte a culmos más jóvenes. La retirada de un culmo de apoyo puede ocasionar la caída de varios culmos jóvenes.

1.3 Identificando el estado de madurez de los culmos de *Guadua*

La adecuada identificación del estado de madurez de los culmos de *Guadua* es fundamental en las actividades de inventario forestal y de corte, visto que el estado de madurez de los culmos es la que confiere las mejores propiedades físico – mecánicas a su utilización en la construcción y otras aplicaciones. Los culmos maduro y sobre maduros son los ideales para esta finalidad. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución N° 1740 del 24 de octubre de 2016 en su artículo 4, clasifica los culmos en 5 fases o estados de madurez: *Guadua* en renuevo o rebrote, *Guadua* verde, *Guadua* madura, *Guadua* sobremadura y *Guadua* seca. Ya la guía técnica colombiana GTC 270 ICONTEC clasifica los estados de madurez de la *Guadua* en 6 tipos diferentes.

Si bien la identificación del estado de madurez y su relación con la edad del

culmo, por medio de las características presentadas a seguir (características Dendrológicas como el color del culmo) no son absolutas, más por otra parte son representativas y dominantes. Actualmente, la metodología más común de acompañar la edad de los culmos es por medio de la colocación en los culmos de cintas con un determinado color por año. Son colocadas semestralmente.

A seguir son detalladas cada una de las 5 fases:



Renuevo o rebrote – Es considerado en esta fase desde que el culmo o tallo emerge del suelo (foto izquierda), está completamente cubierto con hojas caulinares de color café oscuro (foto derecha) hasta que se desarrolla y alcanza su máxima elongación. En esta fase de crecimiento, no tiene ramas laterales y consecuentemente no tienen hoja. La edad del culmo está entre los 0 a 6 - 7 meses.

Ilustración 2



Fase de desarrollo

Verde, Joven o "Viche" – Se caracteriza porque no se observan hojas caulinares en la base del culmo (foto izquierda) y tener culmos verdes y nudos de color blanco, ambos con colores muy intensos (foto derecha). Esto se debe al continuo desarrollo del culmo que propicia una caída paulatina de las hojas caulinares y el surgimiento de ramas laterales y hojas. La edad del culmo está entre los 7 meses a 3 años.

Ilustración 3



Fase de desarrollo

Madura o "hecha"- EL culmo presenta una coloración verde amarillento (o verde opaco) con manchas grisáceas arrocetadas, tiene sus ramas laterales y hojas bien desarrollada. Las manchas son ocasionadas por líquenes y hongos con varias tonalidades de color blanco que contrastan con el fondo verde opaco del culmo. Esta fase es la ideal para el culmo ser aprovechado. A esta fase el culmo llega entre los 4 a 5 años y puede permanecer así hasta los 6 años de edad.

Ilustración 4



Fase de desarrollo

Culmo Sobremaduro – A consecuencia del envejecimiento el color de culmo es un verde amarillento (verde opaco) más intenso. Sobre la pared del culmo las manchas de los hongos están más evidenciadas y aparecen algunos de color rosado. Estos culmos son los primeros que serán aprovechados dentro del plan de manejo forestal. La edad de estos culmos normalmente superan los 7 años.

Ilustración 5



Fase de desarrollo

Culmo seco – El culmo ya tiene coloración amarillada y sin ninguna actividad fisiológica. No se observan hojas en las ramas laterales. Los líquenes y hongos están desapareciendo o han desaparecido. Se observan culmos ya quebrados. Estos culmos normalmente carecen de valor comercial y son cosechados para limpiar el guadual. En este estado pueden permanecer poco menos de un año. Edad del culmo es superior a los 7 años.

1.4 Corte de la Guadua

El corte de la Guadua puede ser realizada manualmente con la ayuda de un machete o de forma mecanizada con la utilización de una motosierra. El corte debe ser horizontal y paralelo a los nudos que están más próximo del suelo, evitando que queden cavidades que puedan alojar agua dentro del culmo.

1.5 Piezas de la Guadua y/o Bambú

Las piezas son las partes comerciales en que es dividido un culmo de Guadua y son descritas a seguir:

- **Cepa:** Es el primer segmento o parte inferior del culmo, va desde la superficie del piso hasta una altura de 3 metros.
- **Basa:** Es el segundo segmento después de la cepa y puede llegar a tener una longitud entre 4 a 8 metros. Es considerado el segmento de mayor valor comercial.
- **Sobrebasa:** Es el tercer segmento después de la cepa. Es utilizado entre otras cosas como tacos para la construcción.
- **Varillón:** Es el último segmento comercial de la Guadua
- **Puntal o Copa:** Es la parte final de la Guadua y su largura puede llegar a los 3 metros.

La parte subterránea que le da sustentación y nutrición al culmo, es un tallo modificado denominado de “rizoma”. Por sus características el rizoma es utilizado para dar mayor firmeza y protección al suelo contra la erosión ocasionada por las lluvias y los fuertes vientos, también son utilizados en la elaboración de artesanías.

1.6 Criterios de selección de culmos de *Guadua angustifolia* Kunth en la postcosecha

La guía técnica colombiana GTC 270 trata sobre los criterios de selección de los culmos de *Guadua angustifolia* Kunth para su comercialización. A seguir presentamos las variables utilizadas con este fin y algunas tablas relativas a la

referida guía técnica.

La metodología considerando un muestreo no inferior al 10% de los culmos. El primer aspecto analizado es el estado general de la sección del culmo por medio del estado de madurez, la curvatura de sus culmos (tabla 2), la conicidad o ahusamiento, apariencia externa (Tabla 3) y manchas negras (Tabla 4). Abarca las opciones de corte por medio de los tipos de cosecha dando la debida importancia a la fase lunar y al avinagrado (aunque si se hace un buen tratamiento postcosecha, no es necesario). Así como los criterios de selección de las partes del culmo de Guadua relativos a su longitud, diámetro o perímetro, tipo de presentación del segmento. Finalmente trata de la postcosecha por medio de su perfilado, limpieza, preservado y secado.

Rango de curvatura del culmo de *G. angustifolia* respecto a la longitud

Curvatura	Rango
Óptima	$\leq 0,50\%$
Normal	$> 0,5\%$ y $\leq 0,83\%$
Media	$> 0,83\%$ y $\leq 1,15\%$
Alta	$> 1,16\%$

Tabla 2. Rango de curvatura del culmo de *G. angustifolia* respecto a la longitud

* Guía técnica colombiana GTC 270.

Apariencia externa de los entrenudos afectados

Apariencia	Rango
Óptima	$< 10\%$
Normal	$\geq 10\%$ y $< 30\%$
Media	$\geq 30\%$ y $< 50\%$
Regular	$\geq 50\%$

% de afectación = $\frac{\text{Entrenudos afectados}}{\text{Total entrenudos}}$

Tabla 3. Apariencia externa de los entrenudos afectados

Porcentaje de entrenudos manchados

Apariencia	Rango
Manchado mínimo	$< 15\%$

Manchado normal	$\geq 15\%$ y $< 50\%$
Manchado	$\geq 50\%$ y $< 75\%$
Regular	$\geq 75\%$
$\% \text{ de afectación} = \frac{\text{Entrenudos manchados} * 100}{\text{Total entrenudos}}$	

Tabla 4. Porcentaje de entrenudos manchados

1.7 Referencias Bibliográficas de Corte

- Resolución N. 1740 del 24 de octubre de 2016. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Republica de Colombia.
- Guía Técnica Colombiana GTC 270 (2016). Guía de criterios de Selección para la Comercialización de *Guadua angustifolia* Kunth. Editado por el Instituto Colombiano de normas técnicas y Certificación – ICONTEC.
- Cruz, H. R. (2009). Bambú *Guadua angustifolia* Kunth Bosques naturales en Colombia – Plantaciones comerciales en México. Primera edición. Grafica Olímpica S.A. Pereira, Colombia. Pg. 691. ISBN: 978-958-44-5859-9

2. Preservación

2.1 Introducción

La Preservación de la Guadua es clave en la calidad final del material y a lo largo del ciclo de vida del producto. El tratamiento de difusión celular es el complemento de un buen tratamiento de Preservación con un buen proceso de Secado, mientras con la preservación se introduce agua y un tratamiento a la Guadua, con el secado se extrae el agua y los excesos de la solución Preservante (Montoya J.A., 2001, 2005, 2008).

2.2 Tipos de Preservación

Los tipos de Preservación más importantes y representativos son: Método Inmersión en sales de bórax en frío, Método Inmersión en sales de bórax en caliente, Método por desplazamiento de savia o Boucherie, Método por Autoclave con vapor. Existe también un método que no es 100% efectivo denominado "Avinagrado" que se considera un método amigable al medio ambiente (Montoya, J.A., 2008)

2.3 Tratamientos con químicos amigables al medio ambiente

2.3.1 Tratamiento por inmersión con sales de bórax

Las sales de bórax están compuestas de dos componentes ácido bórico y bórax. El ácido bórico es un compuesto químico natural es usado como insecticida, fungicida, herbicida, retardante al fuego, antiséptico y bactericida. Contiene boro y su densidad es de 3,4 g/cm³, mezclado con el bórax que es un químico, puede producirse cómo los siguientes compuestos químicos como: Octoborato

de disódico tetrahidratado; Tetraborato sódico decahidratado y Tetraborato sódico pentahidratado. En Colombia se comercializa el Tetraborato sódico decahidratado, el efecto sobre la Guadua y la madera puede ser el mismo, pero para efectos de manipulación en grandes cantidades, resulta beneficioso el uso del pentahidratado por disminución en el peso hasta de un 25%, disminuyendo costos por manipulación, transporte y almacenamiento (Ficha técnica BORSUA, 2018). Esta sustancia química está considerada como una sustancia SVHC-Substance of Very High Concern (sustancia extremadamente preocupante) en el Art. 57 de la Lista de Sustancias que afectan la reproducción (Ficha Seguridad ROTH, 2.020), ósea que se debe manejar y manipular con toda la prevención del caso. El Octoborato disódico tetrahidratado se conoce en el comercio como SOLUBOR, no es carcinógeno y puede ser teratogénico en animales cuando las concentraciones exceden de 4.500 ppm (Ficha Seguridad COMPO, 2010).

1. Octoborato disódico tetrahidratado: **Na₂B₈O₁₃ x 4H₂O (SOLUBOR)**
2. Tetraborato disódico decahidratado: **Na₂B₄O₇ x 10H₂O**
3. Tetraborato disódico pentahidratado: **Na₂B₄O₇ x 5H₂O**

El método por inmersión consiste en introducirle a la guadua las sales de bórax, previamente ella es agujereada por los tabiques (nudos de la guadua) preferiblemente con una broca de 12.7 mm (1/2"), está va soldada a la punta de una varilla 15/16" o 7/8", se debe utilizar taladro con percusión. Posteriormente se debe sumergir en un tanque que contenga la solución de ácido bórico y bórax en relación 1:1 que podría oscilar entre el 2 al 4%, por ej.: si fuera 4%, la relación sería 2 y 2% (de ácido bórico y bórax); dejando allí la guadua en exposición prolongada durante 5 días, porque es el tiempo mínimo requerido para una buena penetración, y es cuando la guadua deja de absorber la solución. Si el tratamiento es con temperatura, el tratamiento se hace durante 6 horas a una temperatura de 60° C, pero como la solución está muy caliente se debe esperar hasta el día siguiente para sacar las Guaduas del tanque.

2.3.2 Tratamiento por desplazamiento de savia - Boucherie modificado

Se puede usar equipo modificado (con compresor) y sin modificar (por gravedad) con las siguientes características, una capacidad de almacenamiento de 150 L en y un tanque de Alimentación 40 L, mangueras flexibles de 1/2", tubería galvanizada, válvulas de paso en acero inoxidable, manómetros, boquillas flexibles, como se muestra en el plano ilustración 6.

- Verificar que el tornillo de Purga quede en la parte superior, para que no forme bolsas de aire.
- Abrir válvula de paso del fluido preservante.
- Abrir purga de aire de las boquillas hasta que evacue todo el aire y no salgan burbujas.
- Cerrar purga de Aire.
- Verificar el paso del preservante usando un colorante.

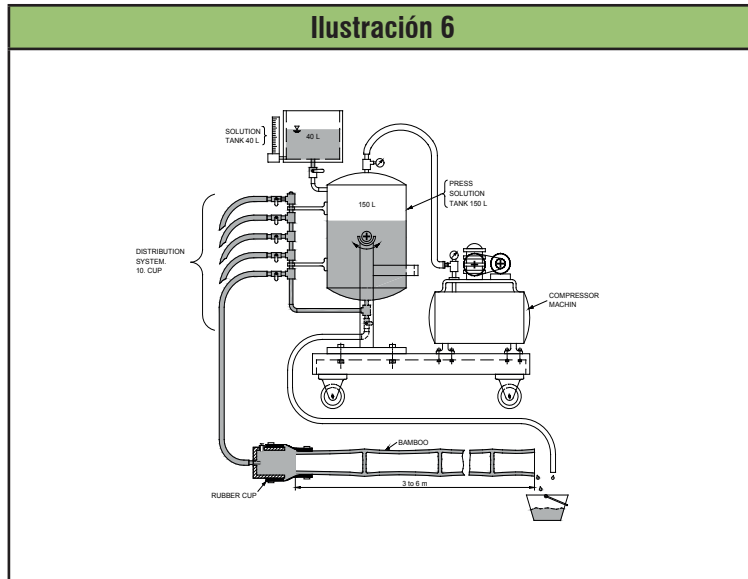


Ilustración 6. Equipo Prototipo, Método de desplazamiento de savia. (Montoya J. A., 2001) Proyecto Investigación Tecnológica en Métodos de preservación de la Guadua.

Para el tratamiento de las trozas de Guadua, se realizó el siguiente procedimiento:

- Corte de las trozas de Guadua (tener cuidado con el manejo, no rayarlas ni desgajar las ramas porque se puede salir el líquido preservante).
- Sumergir las trozas de Guadua en agua durante 24 horas.
- Preparar la solución no es recomendable sales de bórax, usar preservante ACQ 2102 que contiene CuO (Oxido cúprico) 33% y QUAT (cloruro de Didecyldimetilamonio) 66%.
- Cargar el equipo con la solución Preservante.
- Presurizar el sistema 1,36 bar (20 Psi)
- Conectar las boquillas a las trozas, por el lado de abajo.



Sitio de preservación por desplazamiento de savia

Ilustración 7. Equipo Prototipo, Método de desplazamiento de savia. (Montoya J. A., 2002), Laboratorio experimental del Proyecto Investigación Tecnológica en Métodos de preservación de la Guadua, vivero de la UTP.

Datos técnicos del equipo

DATOS TÉCNICOS	UNIDAD	CANTIDAD
Tanque de Alimentación	L	40
Tanque de Almacena	L	150
Dimensiones	LxWxH	180x45x150
Peso total aprox.	kg	200
Potencia del motor	hp	0,5
Potencia del motor	kW	0,37
Voltaje	V	110/120
Fases	Ph	1

Frecuencia	Hz	60
Presión max.	bar	10
Presión de trabajo	bar	1,36
Caudal de Aire	L/min	70 aprox.
Consumo por m lineal de Guadua	L/m	0,33 aprox.

Tabla 5. Datos Técnicos del equipo, Método de desplazamiento de savia. (Montoya J. A., 2002)
Proyecto Investigación Tecnológica en Métodos de preservación de la Guadua.

2.4 Tratamientos sin químicos (naturales)

2.4.1 Tratamiento por avinagrado

Este tratamiento se conoce también como curado en mata, se efectúa después del corte del tallo o culmo de Guadua, este se deja en pie en el Guadual con ramas y hojas, recostado a los otros tallos no cortados durante un tiempo superior a ocho días, momento en el cual se considera que la guadua comienza un proceso de fermentación de los azúcares y carbohidratos reaccionando por descomposición y produciendo alcohol lo que le da un sabor amargo a la Guadua. Esta técnica es conocida también como desjarretado, el corte debe hacerse en horas de la noche o en la madrugada y en época de luna menguante para así evitar la luz que refleja la luna, en la planta se active la fotosíntesis y haga que la savia de la planta comience a ascender hacia la parte superior del tallo conformada por las ramas y las hojas. El alto contenido de humedad en la Guadua es un factor que se convierte en un problema futuro del material en su ciclo de vida del producto, ya que en el proceso de secado la guadua puede presentar problemas para su deshidratación, producir rajaduras y deformaciones, situación que se incrementa cuando los tallos de Guadua no están maduros.

2.4.2 Tratamiento en autoclave con vapor

El sistema con autoclave es muy utilizado en China y Taiwán en procesos industriales para el tratamiento del bambú para la producción de laminados contrachapados y para pisos. Se debe tener una infraestructura robusta y que incluya la producción de vapor con calderas pirotubulares (los gases de combustión van por el interior de los tubos), tuberías para la conducción del vapor, trampas para el condensado.

La empresa DELBAMBU ubicada en Alcalá Valle, hace parte del Eje Cafetero cuenta con un equipo de Autoclave para tratamiento de la Guadua, con las siguientes especificaciones:

- Capacidad de tratamiento 2,5 m³
- Volumen interior 16 m³
- Caldera de suministro de vapor de 50 BHP, produce 32,5 Libras de vapor/hora
- Temperatura máxima para preservar 122° C; Presión de 16 Psig
- Tiempo de operación durante el tratamiento 2 horas

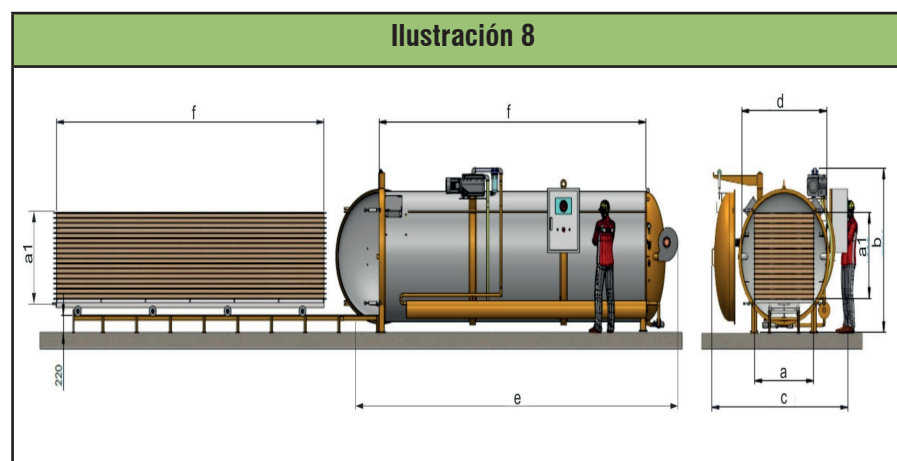


Ilustración 8: Esquema Autoclave para tratamiento de Madera y Guadua



Ilustración 9: Autoclave para tratamiento de Madera y Guadua

2.5 Pruebas de calidad

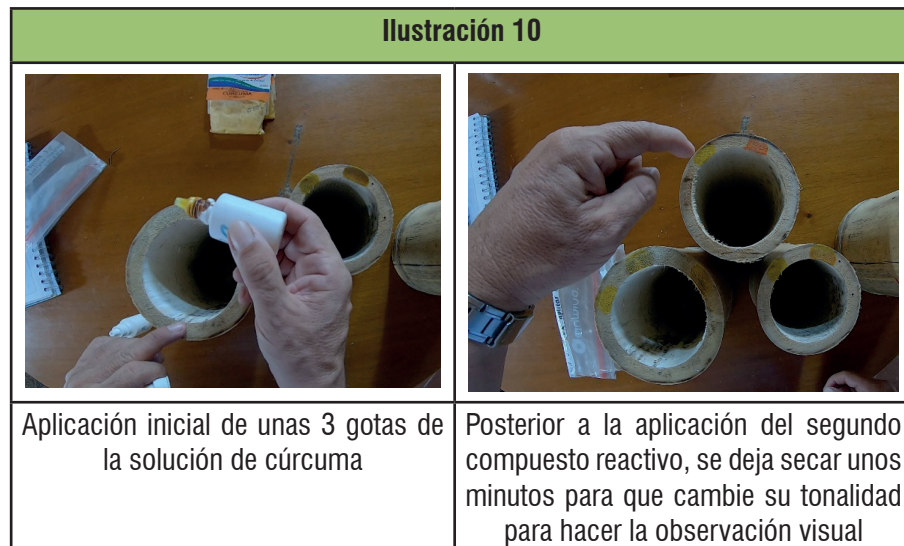
2.5.1 Pruebas al material tratado (harina cúrcuma)

Estas pruebas se realizan con el objetivo de verificar si una Guadua ha sido tratada con sales de bórax o no. El procedimiento consiste en usar la harina de cúrcuma que es de un color amarillo intenso, que diluido en agua a una concentración del 10% ósea que, a una solución de un litro de cúrcuma diluida, utilizas 900 g de agua y 100 g de cúrcuma, se mezcla y se deposita en un gotero.

Para poder aplicar esta solución se necesita usar un reactivo adicional, éste está compuesto por los siguientes reactivos: ácido salicílico 6 g, ácido clorhídrico 20 mL, alcohol etílico 80 mL.

1. Componente 1: solución de cúrcuma al 10%
2. Componente 2: -. ácido salicílico 6 g,
-. ácido clorhídrico 20 mL,
-. alcohol etílico 80 mL.

Posterior a la aplicación de los dos componentes, se deja pasar unos minutos hasta que los reactivos sequen bien, se hace una observación visual evidenciando el cambio de color del amarillo intenso a un color rojizo que nos indica la presencia del elemento de boro que hay en el tratamiento hecho a la Guadua. En la siguiente ilustración se evidencia el procedimiento de aplicación.



2.5.2 Pruebas a la solución preservante, de conductividad, temperatura y concentración de solución

En el proceso de producción cuando una empresa está produciendo Guadua tratada, es de gran importancia saber cómo esta su tanque de preservación y la solución que allí se encuentra. Para ello se puede verificar el estado de la solución midiendo la conductividad, la temperatura y el pH de la solución. Existen diferentes equipos para hacer esa medición, el pH-metro (HANNA Waterproof Tester HI 98127) y el conductímetro (HANNA-Waterproof Tester HI 98312), ...

$$[\% \frac{m}{v}] = \sigma + 0,95 - 0,106 \times T^{\circ}C$$

Para conocer la concentración de la solución con los datos obtenidos de conductividad y pH, se adoptó un modelo de la técnica potenciométrica para la medición de la solución y reemplazando en la ecuación 1, para el cálculo de la concentración.

[1]

Fuente: Tomado de Guzmán, 2013.

Donde

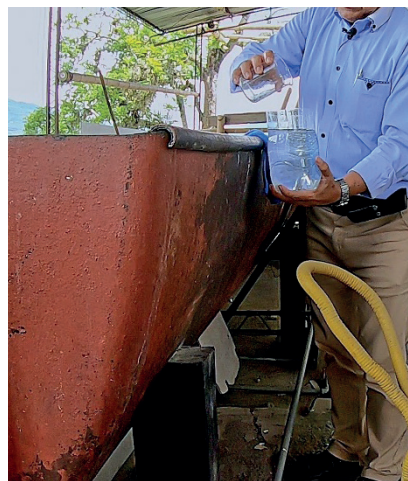
$[\%m/v]$ = Concentración

σ = Conductividad ($\mu S/m$) (micro-Siemens por metro)

T = Temperatura del Conductímetro ($^{\circ} C$)

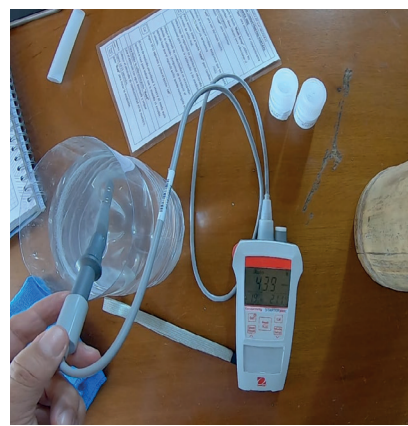


Pruebas a la solución preservante, de conductividad, temperatura y concentración de solución



Tanque de preservación de la empresa Guadusecol SAS, sistema que usa temperatura a 60° C

Toma de muestra tanque de Preservación de 6.000 L



pH-metro - HANNA Waterproof Tester HI 98127(Izquierda) y el conductímetro -HANNA-Waterproof Tester HI 98312 (derecha)

Conductímetro (OHAUS- STARTED 300)

2.6 Referencias Bibliográficas de Preservación

- Montoya, J. A. (2001). Investigación Tecnológica en Métodos para la Preservación de la Guadua, Universidad Nacional de Colombia, tesis de Maestría. Pg. 190.
- Martínez, H. (2005). La cadena de la guadua: una mirada global de su estructura y dinámica. Bogotá, Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Pg 26.
- Montoya J. A. (2005). Sap Displacement Method-Metodo de Desplazamiento de Savia (Metodo Boucherie) para la Preservacion de la Guadua angustifolia Kunth. Revista Scientia et Technica. ,v.XI, n.28, p.211 - 216, 2005. ISSN 0122-1701.
- Montoya, J.A. (2008). Evaluación de métodos para la preservación de Guadua angustifolia Kunth. Scienta Et Technica XIV (38). Pg 5. ISSN 0122-1701.
- Guzmán, L. (2013). Implementación de una técnica potenciométrica para evaluar la concentración en el tiempo de una solución preservante de bambú. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Pg. 94.

3. Secado

3.1 Introducción

La *Guadua angustifolia* Kunth es un material higroscópico que adsorbe humedad en cantidades variables dependiendo de la humedad relativa del lugar y la temperatura de la atmósfera que la rodee; en otras palabras, de las condiciones ambientales del entorno; por lo tanto, el contenido de humedad de la guadua es el peso del agua depositada en su estructura física que en algunos casos llega desde 80% a 150% del peso total del material seco.

Los problemas de secado más comúnmente conocidos (Giraldo H. et al, 1999) para el caso de la *Guadua angustifolia*, son:

- **Agrietamientos:** son pequeños aberturas en forma longitudinal, que ocasionan el deterioro del entrenudo donde se produce el defecto, menores de 10 cm
- **Rajaduras:** Es un defecto similar al anterior, pero de mayor tamaño y se presenta en 2 ó más entrenudos; normalmente este defecto sucede por ambos lados de la pared del culmo y en varios sitios de la superficie y causa la pérdida total de la pieza.
- **Deformaciones:** Son torceduras, desviaciones y pandeos del tallo con respecto al eje longitudinal, cuando suceden los dos primeros casos no se puede utilizar el tallo estructuralmente y en el caso de los pandeos locales en los entrenudos, se elimina el sector o entrenudo afectado.

Estos problemas de secado, más los problemas de preservación, hacen que el Bambú sea considerado como un material de segunda o tercera categoría, de corta duración o simplemente de mala calidad, a pesar de sus buenas propiedades físico-mecánicas (Montoya, 2006).

3.2 Secador solar tipo invernadero ventilación transversal

El secador solar tipo invernadero de la Figura 1, está diseñado para secar 2 lotes de tablillas de *Guadua angustifolia*, con una capacidad de secado por pila de 800 tablillas, la disposición de las tablillas en el secador debe ser perpendicular a

la dirección del flujo, es decir el aire debe entrar perpendicular a la cara radial-longitudinal o canto de la tablilla. La separación entre tablilla debe ser de unos 3 cm aprox., la circulación del aire es constante, la disposición del secador con respecto a la orientación debe ser norte-sur, el secador se puede cargar por la parte sur o por la norte. La estructura debe estar bien anclada al piso, para evitar posibles daños por acción del viento cuando las compuertas estén abiertas.

3.3 Partes del Secador y Diseños

El secador solar tipo invernadero está conformado básicamente de las siguientes partes:

- Base en concreto o en piedra, con aislamiento en poliuretano sobre la tierra cuando se usa lecho en piedra y no cemento.
- Estructura, puede ser construida en Guadua, Aluminio y PVC.
- Ventilador axial.
- Placa colectora de energía solar (lámina de zinc).
- Plástico UV calibre 6.
- Carros para depositar la pila de latas de Guadua o de Guadua rolliza.

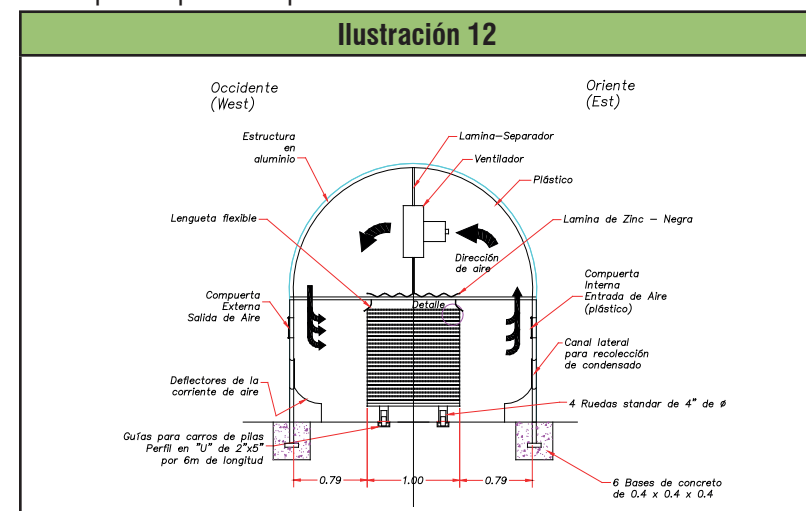


Ilustración 12: Conjunto secador solar tipo invernadero ventilación transversal, vista frontal.

La Ilustración 12, muestra los diferentes componentes y detalles que se deben tener presente para el sistema de secado de Guadua en latas. En la mitad de la recamara interior se cuenta con una pared separadora o tabique que puede ser también en plástico del mismo calibre 6, esta pared independiza la presión de alta de la presión de baja en el sistema, lado derecho presión de baja, lado izquierdo presión de alta. Esta separación se hace para una correcta circulación del aire al interior de la cámara, además deben existir deflectores que ayuden a una adecuada recirculación del aire a su interior. Se debe evitar espacios grandes en el interior de la cámara por donde se puede ir la mayor cantidad del aire, además sobre la pila de Guadua en los extremos superiores se puede apreciar unas lengüetas de caucho que impiden que el aire ingrese entre la Guadua (latas) y el falso techo en lámina, éstas están siempre en contacto con la pila en la medida que desciende la altura de ella por efecto del secado y la disminución de agua en la Guadua.

La placa colectorora negra está calculada con las dimensiones para secar 2 pilas de latas, la dimensión tiene un área de 5,2 m² aprox. La lámina es de zinc comercial pintada de color negro para una mayor adsorción de energía para que se transforme en calor. La orientación del secador debe ser de Norte-Sur, o viceversa, los rayos del sol entran de Occidente y terminan por el Oriente o viceversa, esta orientación adicional a la forma circular de la parte superior ayuda a mejorar la eficiencia del secado.

3.4 Secador solar tipo invernadero ventilación longitudinal

El secador solar tipo invernadero con ventilación longitudinal de la Figura xx, está diseñado para secar 2 lotes de tablillas de Guadua angustifolia, con una capacidad de secado por pila de 800 tablillas, la disposición de las tablillas en el secador debe ser perpendicular a la dirección del flujo, es decir el aire debe entrar por perpendicular a la cara radial-longitudinal de la tablilla. Se recomienda tener cuarterones de madera de 3cm x 3cm para la separación de los tendidos, la separación entre tablilla debe ser de unos 3 cm aprox., la circulación del aire es constante, la disposición del secador con respecto a la orientación debe ser nortesur, el secador se puede cargar por la parte sur o por la norte.

Este sistema funciona bien, pero la dirección del aire perpendicular a la cara del plástico, hace que no haya una correcta recirculación, se presenta una presión de retorno que también perjudica el plástico de la pared donde se encuentra el ventilador, mermando la eficiencia de éste y deteriorando el plástico por la continua fuerza de presión sobre él.

Ilustración 13



Secador solar tipo invernadero, con guías metálicas para los carros, que se levantan.

Instalación de compuertas laterales, ventilador, placa colectorora y adecuación túnel.

Ilustración 14

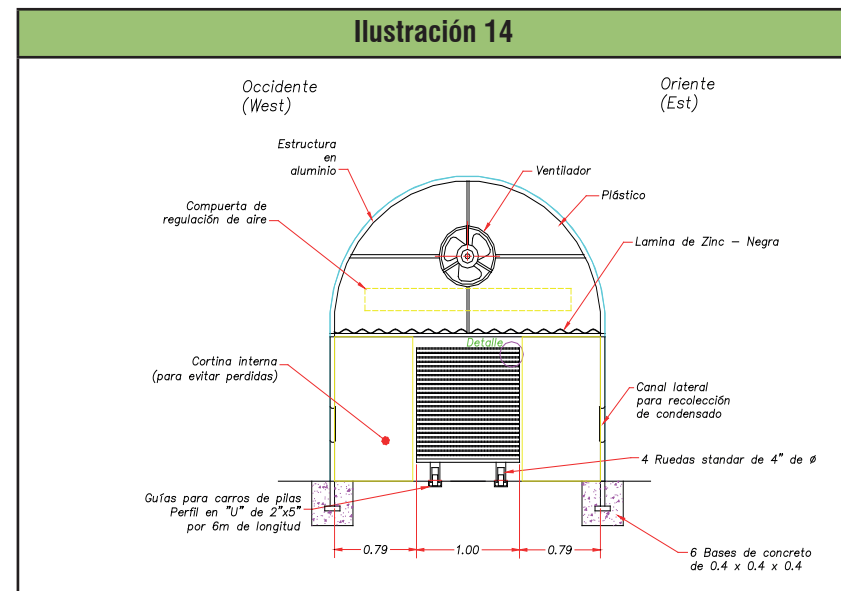


Ilustración 14: Conjunto secador solar tipo invernadero ventilación longitudinal, vista frontal.

El ventilador de recirculación del aire es del tipo axial de 40 cm de diámetro y 1740 RPM con un voltaje de 220 V

3.5 Como construir un secador solar en Aluminio para latas

Para la construcción de un secador solar tipo invernadero se requiere tener en cuenta varios aspectos, como son la ubicación u orientación de acuerdo a la salida y puesta del sol. El secador debe ir en dirección Norte-Sur o viceversa; los materiales en los cuales se pueden construir el secador pueden ser: Guadua, tubería PVC y aluminio; los costos son de acuerdo al orden, el menos costoso es el de guadua y el más costoso es el de PVC, los materiales que se requieren para la construcción de tubería PVC y Aluminio son los siguientes:

La preparación del terreno y adecuación del piso se puede hacer en dos formas: losa o concreto y lecho de piedra.

- Losa en concreto: para un mejor aislamiento del piso con la parte interna del secador se recomienda que preferiblemente se haga sobre concreto, aunque los costos sean un poco altos; las dimensiones varían de acuerdo a la cantidad que se requiera secar.
- Lecho de piedra con aislamiento térmico de Poliuretano: para separar las capas de la tierra que generan humedad al interior del secador se recomienda una capa de 10 cm de Poliuretano y posteriormente colocar el lecho de piedra con el fin de conservar la temperatura al interior del secador.



Ilustración 15: Piso en lecho de piedra, con aislamiento interno en poliuretano

Construcción de la estructura

3.5.1 Materiales de construcción para secador solar en Aluminio

Losa en concreto	
Materiales	Cantidad
Afirmado de base	7 m3
Cemento	9 sacos
Arena	3 m3
Triturado	3 m3
Formaleta	20 tablas
Malla electrosoldada	2 unidades
Hierro	20 kg
Alambre amarre	5 kg
Estructura	
Tubería aluminio 1"	32 m
Angulo 1" x 1" aluminio	14 m
Plástico invernadero	10 m (10 x 6)
Velcro 1"	2 rollos
Pegante PL 285	3 botellas
Cinta multiseal	30 m

Tabla 5. Materiales de construcción para secador solar en Aluminio

3.5.2 Procedimiento de construcción secador solar tipo invernadero en estructura de Aluminio

- Selección del terreno, de acuerdo a la orientación Solar: El terreno debe estar despejado, libre de árboles y edificaciones que hagan sombra, la orientación será Norte-Sur, o viceversa,
- Acondicionamiento y elaboración de plancha en concreto: Se aprecia la losa en concreto con el respectivo canal o sello de agua para evitar el paso del aire externo con el aire interno,
- Montaje de la estructura en Aluminio: Se aprecia la estructura en aluminio, cuyo objetivo fundamental es la de evitar procesos de oxidación por efecto de la condensación del aire,

- Instalación del plástico: Se puede emplear plástico UV calibre 6, se instala primero el domo circular,
- Acondicionamiento del sellado del secador en la base con canal en agua, para evitar entrada y salida de aire exterior,
- Instalación de compuertas laterales, ventilador, placa colectora y adecuación túnel, que puede ser en icopor o plástico.

Secuencia fotográfica de la construcción del secador.

Ilustración 16



Selección del terreno, de acuerdo a la orientación Solar

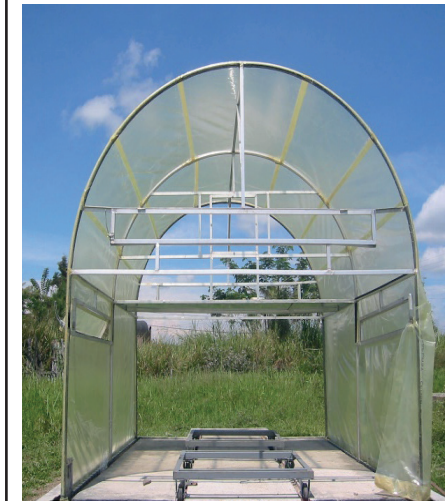


Acondicionamiento y elaboración de plancha en concreto, e instalación de rieles.

Ilustración 17



Montaje de la estructura en Aluminio.



Instalación del plástico.

Ilustración 18



Acondicionamiento del sellado del secador en la base con zanja o pozo de agua.

3.5.3 Procedimiento de producción de tablillas y cargue del secador solar tipo invernadero en Aluminio

Ilustración 19	
	
Disposición de tendidos de tablillas en la pila.	Correcto apilado de las tablillas de guadua, con separación de tendido de 3 cm.
Ilustración 20	
	
Correcto apilado de las tablillas de guadua, pesado de muestras.	Correcto apilado de las tablillas de guadua, e introducción en secador.

3.6 Secador solar tipo invernadero en PVC

El secador solar del vivero U.T.P. se construyó en estructura de PVC, con el objeto de disminuir rigidez en la estructura y evitar daños por fuertes vientos.

Para proporcionar un aislamiento térmico entre el terreno y el piso del secador se colocaron las siguientes capas:

- Una capa de gravilla sobre el terreno natural para proporcionar drenaje de aguas lluvias y humedades naturales del suelo en un espesor de 20 cm.
- Sobre esta gravilla se colocó un plástico tipo invernadero calibre 6 en toda el área del secador.
- Sobre este plástico se colocaron las láminas de poliuretano las cuales fueron fundidas con un espesor de 10 cm.
- Sobre esta capa de poliuretano se colocaron piedras de canto rodado de color entre negro y gris oscuro, con diámetro aproximado de 5 cm a 10 cm. A estas piedras se les determinó el calor específico, mediante una termocupla y las piedras que dieron mayor conservación de calor fueron las escogidas para cubrir el poliuretano, con el fin de que el calor del día se conservara en buena parte de la noche.

3.6.1 Materiales para construcción de secador solar en PVC

Accesorios PVC 1"	
Materiales	Cantidad
Tubería de PVC 1"	25 tubos de 6m
Tee PVC 1"	78 unidades
Tee rectificada en torno internamente PVC 1"	38 unidades
Codos 90° PVC 1"	26 unidades
Pegante PVC (soldadura)	1/8
Limpiador PVC	1/8
Velcro 1"	2 rollos (20 m)
Plástico invernadero calibre 6 UV	10 m (10 m x 6 m)
Pegante PL 285	2 botellas
Cinta multiseal	30 m
Gravilla	3 m ³

Piedras oscuras de diámetro de 5 – 10 cm	3 m ³
Ángulos acero 1" x 1" x 6 m	2 unidades
Vigas chanul 12 x 6 x 6	2 unidades
Canecas 55 galones	2 unidades
Tubería PVC 3"	2 unidades
Tubería PVC presión ½"	10 m
Válvula de control ½"	1 unidad
Acometida	50 m lineales
Lámina galvanizada	6 m ²
Amarras de techo	8 unidades
Poliuretano	38 kg

Tabla 6. Materiales de construcción para secador solar en PVC

Ilustración 21



Estructura en PVC y plástico UV calibre 6.



Proceso final de secado de tablillas en vivero UTP.

3.6.2 Modo de operación del secador solar tipo invernadero

En la operación del secador solar tipo invernadero es importante tener las siguientes recomendaciones:

- **Corte y preparación del material:** El corte de la guadua se debe hacer preferiblemente en menguante y en horas de la noche, posterior al corte se hace el proceso de lateado, en máquina lateadora con la guadua verde y recién cortada, posteriormente se desarma la estrella y se pulen las latas dándole el espesor y el ancho que se requiere para el proceso de secado. Preferiblemente latas de 20 a 25 mm de ancho x 5 a 7 mm de espesor x 1.30 m de longitud. Se deben meter al secador en los cinco días siguientes antes de que el hongo azul ataque.
- **Apilado y almacenamiento externo:** el procedimiento de apilado se debe hacer con las tablillas acostadas, es decir elaborando tendidos de tal forma que el aire puede pasar por las caras planas de la tablilla y separando cada tendido del siguiente por medio de unos separadores de madera o cuartones de 3.0 cm x 3.0 cm. El almacenamiento de las tablillas antes de ingresar al secador debe ser en un lugar fresco pero seco, preferiblemente no se debe amarrar en bloques las tablillas antes del proceso de secado, porque esto incrementa el riesgo de que las tablillas adquieran el hongo azul; la recomendación es que se haga en forma separada o haciendo tendidos de plástico.
- **Cargue del secador:** la forma de cargar el secador se debe hacer empleando carros para su fácil acceso y descargue del secador; los carros deben tener guías en el suelo con el fin de que se pueden manipular fácilmente la entrada y salida del secador y no se dañe la pila de tablillas de guadua.

3.7 Secador solar tipo invernadero para secado Guadua Rolliza.



Ilustración 22: Secador solar tipo invernadero Guadua rolliza, ventilación Transversal, doble ventilación, vista lateral, DANSA INT.

El secador solar tipo invernadero para Guadua rolliza, con doble ventilación transversal, está diseñado para secar 1 lote Guadua angustifolia rolliza, con una capacidad de secado por pila de 500 Guaduas, la disposición de las Guaduas en el secador debe ser perpendicular a la dirección del flujo, es decir el aire debe entrar forma perpendicular a la parte longitudinal de la Guadua. La separación entre Guaduas debe ser de unos 5 cm aprox., la circulación del aire es constante, la disposición del secador con respecto a la orientación debe ser norte-sur, el secador se puede cargar por la parte Este o por la Oeste. La estructura debe estar bien anclada al piso, para evitar posibles daños por acción del viento cuando las compuertas estén abiertas.

3.7.1 Partes del Secador y Diseños de planos

El secador solar tipo invernadero para Guadua rolliza está conformado básicamente de las siguientes partes:

- Base en concreto.
- Rieles en el piso para el carro.
- Estructura que debe ser metálica en tubería galvanizada, por las dimensiones del secador.

- Ventilador axial, transversal.
- Placa colectora de energía solar, en lámina de zinc, pintada de negro.
- Plástico UV calibre 6.
- Carros para depositar la pila.

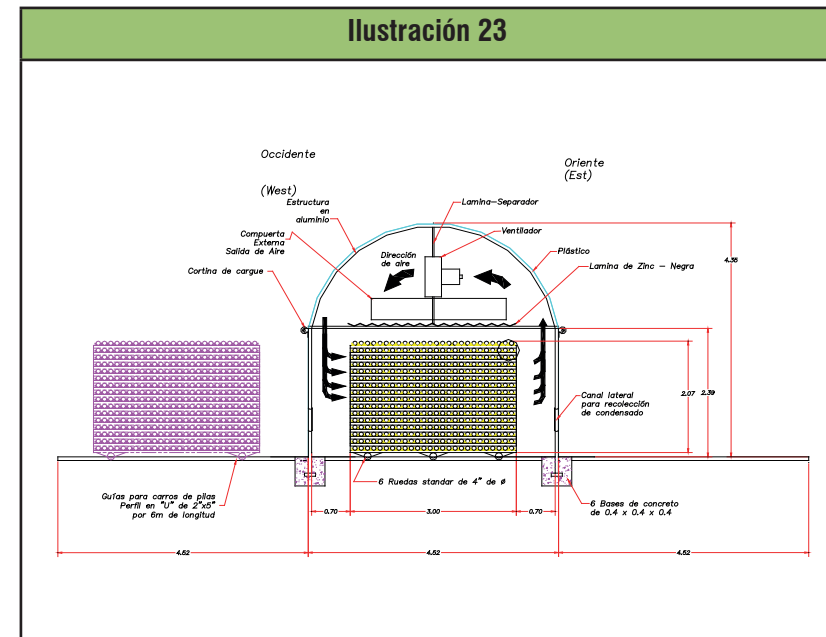


Ilustración 23: Secador solar tipo invernadero para Guadua rolliza, ventilación transversal, doble ventilación, vista lateral.

La Ilustración 23, muestra los diferentes componentes y detalles que tiene el sistema que son importantes tener presente, así: en medio de sistema está una lámina o pared de plástico separadora que puede ser también en plástico del mismo calibre 6 o 7 (Por las dimensiones del secador), esta pared separa la presión de alta de la presión de baja del sistema, lado derecho presión de alta, lado izquierdo presión de baja. Para una correcta circulación del aire deben existir deflectores que ayuden a una adecuada recirculación, se debe evitar espacios grandes por donde se puede ir la mayor cantidad del aire, además sobre la pila de Guaduas en los extremos superiores se puede instalar una lengüeta de caucho que impida que el aire ingrese y a su vez están siempre en contacto con la pila en la medida que desciende la altura de ella por efecto del secado y la disminución de agua en las Guaduas.

La placa colectora con un área de 12 m² aprox. está calculada con las dimensiones para secar 1 pila de 500 Guaduas de 3m, la lámina es de zinc comercial pintada de color negro para una mayor adsorción de energía.

La orientación debe ser de Norte-Sur, o viceversa, los rayos solares entran Occidente y terminan por el Oriente o viceversa, esta orientación adicional a la forma circular de la parte superior ayuda a mejorar la eficiencia del secado.

Para el acceso de la carga al secador éste debe tener unas compuertas laterales del mismo material de plástico que se enrollan hacia arriba como se muestra en la Figura xx, consta también de una canaleta lateral para recolección de condensado que no es muy necesaria cuando hay un buen aislamiento térmico del piso.

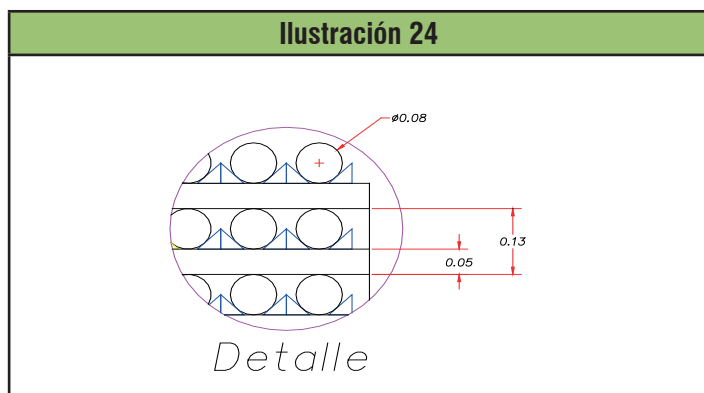


Ilustración 24: Disposición de la Guadua dentro del secador solar, distancia entre tendidos de Guadua

Ilustración 25



Construcción estructura del secador solar, Guadua rolliza

Instalación de plástico en secador solar

Ilustración 26



Instalación de plástico en secador solar, Guadua rolliza

Disposición de la Guadua rolliza dentro del secador

Ilustración 27



Detalle de apilado de la Guadua e instalación de elementos separadores



Proceso de secado, Guadua rolliza

3.7.2 Duración del Secado Solar tipo Invernadero Guadua Rolliza

La duración del secado depende también de los factores climáticos externos e internos (temperatura, humedad relativa y velocidad del aire) y de los aspectos inherentes a la propia guadua (diámetro, espesor de pared, contenido de humedad, edad, posición del tramo con respecto a la longitud y sitio); la modelación para éste secador solar se hizo con 26 °C en promedio, a una HR de 64% en promedio época de verano seco, el tiempo de duración del secado fue de 20 días hasta alcanzar un CH promedio de 8%.

3.8 Medición del Contenido de humedad

Los equipos para medición de Contenido de Humedad funcionan eléctricamente por continuidad, emplean batería de 9V para su funcionamiento. La variabilidad del Contenido de Humedad en la Guadua es su mayor problema, el contenido de humedad varía a lo largo de su longitud (en la base más húmeda y en la superior seca), si es nudo o entrenudo, también varía de acuerdo al espesor (parte interna más húmeda seca externa más seca).

Las partes que conforman el medidor de acuerdo a la siguiente ilustración son: caja del display, cables de conexión y el porta-electrodos, el porta-electrodos generalmente usa puntillas cortas de acero.

Ilustración 28



Medición del Contenido de Humedad a un tramo de Guadua 13,8%; se considera material seco



Medición del Contenido de Humedad a una viga laminada de Guadua 24,0%; se considera material semi-seco

3.9 Referencias Bibliográficas de Secado

- Montoya, J. A. & Orozco, C. A. (2005), Secado Solar y Convencional de la Guadua angustifolia. Revista Scientia et Technica, V11, N°27, p.133 - 137, ISSN 0122-1701.
- Montoya J. A. (2006). Trocknungsverfahren für die Bambusart Guadua angustifolia unter tropischen Bedingungen. Tesis Doctoral Universidad de Hamburgo-Alemania.
- Montoya, J. A. & Jiménez Arias, R. E. (2006). Determinación de la Curva de Secado al Aire Libre, Mediante Modelación Matemática y Experimental de Guadua angustifolia Kunth. Revista Scientia et Technica. , V. 12, N°.30, p.415 - 420, ISSN 0122-1701.
- Montoya J. A., González H. A., Gonzalez P. F. (2007). Comparación del Secado Solar de Guadua angustifolia Kunth con dos sistemas de ventilación". Revista Scientia et Technica. V. 13, N°.37, pp 579- 584, ISSN 0122-1701.
- Montoya, J. A. & Orozco, C. A. (2008), Fundamentos Practicas del Secado de Guadua: Fundamentos Prácticos del Secado, 2008; ISBN 978-958-722-011-7; págs. 158, ISSN 0122-1701.

