



Instituto de Investigaciones
de la Amazonía Peruana

Manual Técnico N° 3

Secado de tablillas de bambú nativo en la Amazonía Peruana



Serie 1

Pucallpa - Perú



Instituto de Investigaciones
de la Amazonía Peruana

Manual Técnico N° 3

Secado de tablillas de bambú nativo en la Amazonía Peruana

Serie 1



Ministerio
del Ambiente



Instituto
Tecnológico
de la Producción

CITEforestal
Pucallpa



Manual Técnico N° 3

Secado de tablillas de bambú nativo en la Amazonía Peruana

Kevin Isaac Rodríguez Vásquez

Jefferson Alexander Rodríguez Sotelo

Diego Gonzalo García Soria

Wilson Francisco Guerra Arévalo

Carlos Abanto Rodríguez

Dennis Del Castillo Torres

Krystel Clarisa Rojas Mego

Erick Robinson García Del Águila

Martha Obdulia Chávez Samudio

David Jesús Espejo Briceño

Jorge Manuel Revilla Chávez

Manual Técnico N° 3

Secado de tablillas de bambú nativo en la Amazonía Peruana

Autores:

Rodríguez Vasquez, Kevin Isaac., Rodríguez Sotelo, Jefferson Alexander., García Soria, Diego Gonzalo., Guerra Arévalo, Wilson Francisco., Abanto Rodríguez, Carlos., Del Castillo Torres, Dennis., Rojas Mego, Krystel Clarisa., García Del Águila, Erick Robinson., Chávez Samudio, Martha Obdulia., Espejo Briceño, David Jesús y Revilla Chávez, Jorge Manuel.

Primera edición – Junio 2022

ISBN 978-612-4372-45-2

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022- 04792

©INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA - IIAP

Av. José Abelardo Quiñones km 2.5, Iquitos

<https://www.gob.pe/iiap>

Revisor científico externo

Héctor Enrique Gonzales Mora

Director del Círculo de Investigación de Bambú – Coordinador.

Contrato N° 174-2015–FONDECYT-UNALM

Diseño y Diagramación: Flor Estela Vargas Vela

Impresión: IMSERGRAF E.I.R.L.

RUC N° 20100629691

Jr. Antonio Elizalde 470 Int. E-27 - Lima

Teléfono: 01 2818829

Email: imsergraf_007@yahoo.com

Impreso en Perú.

Número de ejemplares: 300

Cita sugerida

Rodríguez KI., Rodríguez JA., García-Soria DG., Guerra WF., Abanto C., Del Castillo D., Rojas KC., García ER., Chávez MO., Espejo DJ y Revilla JM. Manual Técnico N° 3 Secado de tablillas de bambú nativo en la Amazonia Peruana. Serie 1. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – IIAP. Pucallpa, Ucayali. 38 p. 2022.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
CONTEXTO GLOBAL DEL BAMBÚ	7
GENERALIDADES DEL BAMBÚ	7
ESPECIES DE BAMBÚ	9
<i>Guadua lynnclarkiae</i> Londoño	9
<i>Guadua weberbaueri</i> Pilger	10
<i>Guadua superba</i> Huber	10
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA	11
Características morfológicas de los culmos de tres especies de <i>Guadua</i>	12
Propiedades físicas de las especies <i>Guadua weberbaueri</i> Pilger., <i>Guadua lynnclarkiae</i> Londoño y <i>Guadua superba</i> Huber	13
Características mecánicas de la <i>Guadua</i>	14
Propiedades mecánicas de las especies <i>Guadua weberbaueri</i> , <i>Guadua lynnclarkiae</i> y <i>Guadua superba</i>	15
CONTENIDO DE HUMEDAD DEL LEÑO	16
Tipos de agua en el bambú	17
Agua dentro del canuto	17
Agua libre	17
Agua higroscópica	18
Punto de saturación de las fibras (PSF)	18
Contenido de humedad de equilibrio (CHE)	18
Flujo de humedad	19
IMPORTANCIA DEL SECADO	20
Estabilización de dimensiones	20
FACTORES BÁSICOS DEL SECADO	22
Calor	22
Humedad de aire	22
Circulación de aire	23
EL SECADO AL AIRE LIBRE	23
Preparación de los culmos de bambú para el secado al aire	24
EL SECADO ARTIFICIAL	26
Secado en hornos convencionales	26
Aspectos importantes del secado convencional de las especies de bambú nativo	28
PROGRAMA DE SECADO DE TRES ESPECIES NATIVAS DEL GÉNERO GUADUA EN LA AMAZONIA PERUANA	28
Programa de secado de <i>Guadua weberbaueri</i> Pilger	28
Programa de secado de <i>Guadua superba</i> Huber	29
Programa de secado de <i>Guadua lynnclarkiae</i> Londoño	30
Defectos del secado	31
SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL MANEJO Y OPERACIÓN DE HORNOS SECADORES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

INTRODUCCIÓN

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP y el Instituto Tecnológico de la Producción - ITP, a través del proyecto: “Determinación del comportamiento a la propagación clonal, industrialización y captura de carbono de tres especies de bambú nativo en la Amazonia Peruana”, realizó un estudio de propiedades tecnológicas para el secado de tres especies de *Guadua*, con el objetivo de incrementar su durabilidad natural del culmo y tablillas en diferentes usos.

La problemática del uso del bambú se centra en su baja durabilidad natural, las cuales trae consigo problemas de ataque de insectos y hongos, que influye en la calidad de la materia prima en la puesta de servicio, lo que resulta una limitante para su aceptación en el mercado local, nacional e internacional y en consecuencia afecta su competitividad frente a otros materiales del mismo uso.

Por lo cual, el aplicar un tratamiento de preservado y adecuado programa de secado permitirá mejorar la durabilidad natural de los culmos y tablillas, que dependen del contenido de humedad, el grosor de la pared y el grado de madurez; reduciendo el proceso de ocho semanas con secado natural a solo 46 horas con el secado artificial, para las especies de *G. lynnclarkiae* Londoño, *G. superba* Huber y *G. weberbaueri* Pilger.

El manual está dirigido al personal técnico responsable de la utilización óptima del proceso de secado y aquellas personas interesadas en ampliar y perfeccionar sus conocimientos en el secado del género *Guadua*, permitiendo orientar la normalización de procedimientos en el secado del bambú y conocer las propiedades físico-mecánicas.

CONTEXTO GLOBAL DEL BAMBÚ

El mercado del Bambú, de acuerdo al Departamento de Comercio e Industria de Filipinas, la demanda mundial es enorme con US \$ 7 mil millones en exportaciones en el 2009 que aumentó significativamente a US \$ 17 mil millones en el 2015, siendo China el mayor exportador de productos de bambú y es capaz de capturar carbono en 400 % por unidad de área, mientras que libera 35% más oxígeno que los arboles (Leander, 2017).

En algunas culturas de América Latina usaban las especies nativas de bambú en pisos y fundaciones; puentes, caminos, cercas; cerramientos (puertas, ventanas, tabiques, paredes); techos y cielo rasos; estructuras (vigas, columnas; infraestructuras; andamiaje; recubrimientos; esteras, tejidos y mobiliario. Los usos más frecuentes son muebles de todo tipo, papel, cerveza, pisos, papelería, textiles, carbón, vigas y columnas, estructuras para refuerzo del hormigón, viviendas, puentes, cortinas, artesanías, accesorios, medicamentos, andamios, postes para cercos y aplicaciones medioambientales (INATEC, 2013a).

En el mundo tenemos alrededor de 22 millones de ha de bosques de bambú y la producción anual es de 15 a 20 millones de TM estimada (MINAGRI, 2008).

GENERALIDADES DEL BAMBÚ

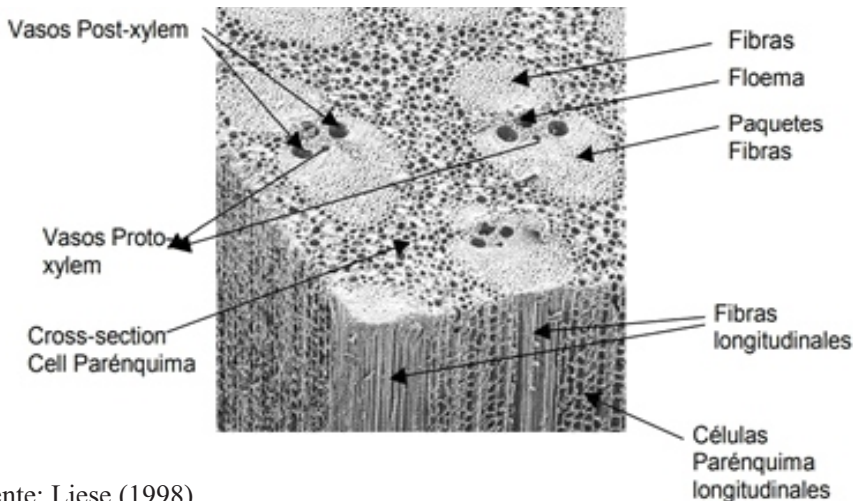
La estructura anatómica de los tallos de bambú, determina sus propiedades físico – mecánicas (Ota, 1950; Liese, 1985; 1992; 1998; 2003) y su comportamiento para aplicaciones en procesos industriales y de construcción de viviendas.

Las partes básicas del tallo son: tallo peciole, tallo base y tallo externo, los dos primeros están en el rizoma, el tallo exterior está conformado por nudos y entrenudos, los nudos se componen de un diafragma interior o tabique y dos anillos exteriores denominados anillo funda-cicatriz y el anillo tallo (Qisheng et al. 2001) de forma circular, el anillo inferior exterior es llamado anillo-funda y el superior interior se denomina anillo-tallo. Los tramos inter nodales están conformado por paredes cilíndricas y una cavidad hueca internamente; la longitud de los entrenudos, su número y la forma de ellos dependen de la especie de Bambú (Liese, 1998; 2003). En comparación con muchas especies de madera el culmo de Bambú muestra una composición no tan complicada, es sencilla y uniforme

(Figura 1), casi todas especies de Bambú tienen tallo hueco con una pared circular que varía de espesor, rodeando una cavidad central vacía, a diferencia del *Dendrocalamus strictus*, que puede tener un culmo sólido (Liese)

Las ramas brotan de los nudos de la parte de arriba del culmo cuando el renuevo ha desplegado completamente sus hojas. Los tejidos del culmo están conformados por células parenquimáticas como tejido básico, los haces vasculares están conformados por células esclerenquimáticas de vasos y tubos cribados del floema (Grosser & Liese, 1971). La estructura celular de los entrenudos tiene una orientación longitudinal a lo largo de su eje, los líquidos para nutrir el culmo se mueven fácilmente dentro los ductos conductores del entrenudo (Liese, 2003)

La madera, tiene en su estructura desplazamientos y conductos en forma radial, el bambú no lo tiene, existe desplazamiento radial pero solo depende enteramente de la difusión de célula a célula (Figura 1). La longitud de un entrenudo varía entre especies y también en lo largo de la longitud del Culmo. Los entrenudos de la parte basal son cortos y los entrenudos de la parte apical son largos. Los nudos proporcionan el movimiento transversal del agua y alimento con nutrientes al diafragma (Liese, 1998). Los ductos cortos en el diafragma contienen muchas perforaciones para interconexiones con otros ductos para que los líquidos puedan pasar transversalmente de un lado del culmo al otro.



Fuente: Liese (1998)

Figura 1. Composición celular del leño de la *Guadua*

ESPECIES DE BAMBÚ

En el Perú, contamos con una gran variedad en plantas para el uso ornamental e industrial, más de 50 especies a las que se les pueden dar usos imaginables desde decoración de jardines, reforestación, fabricación de muebles, construcción, utensilios de pesca, recuerdos y otros.

Guadua lynnclarkiae Londoño

Presenta dimorfismo en hojas caulinares y espigas, ha sido identificada como una nueva especie de *Guadua* para el Perú, próximo a *Guadua angustifolia* Kunth, es conocida comúnmente como “marona” (Arancibia, 2017).

La distribución geográfica de la especie, según Londoño (2013) se ubica en el noroccidente del Perú, Departamento de San Martín, a una altitud de 800 a 900 msnm, a orillas de ríos y quebradas, no tolerando zonas inundables, quedando muy pocas poblaciones debido a la destrucción de la amazonia con fines agrícolas (Foto 1).

Esta especie crece en sotobosque con heliconias, piperáceas, aráceas, convolvuláceas, *Costus sp.*, ciperáceas, melastomatáceas, ciclantáceas, helechos, iracas y gramíneas y en el estrato superior con árboles del género *Ficus sp.* “higuerón” u “ojé”.



Foto 1. Especie *Guadua lynnclarkiae* Londoño en estado natural.

La densidad de los culmos por hectárea de la especie es alta: 7 000 culmos/ha y acompañada de una alta tasa de crecimiento; lo cual se corrobora con mediciones de culmos hasta de 15 centímetros de diámetro y 25 culmos por sitio en una mata de cinco años de cultivo, el espesor de pared del culmo de 2 a 5 cm sumado a sus propiedades físico-mecánicas hacen que esta especie tenga un potencial para la industria de la construcción de laminados. Es utilizado en la construcción de los techos

con zinc y para extraer "esterillas" o *Guadua* picada para paredes, corrales, artesanías, muebles y paisajismo (Arancibia, 2017).

Guadua weberbaueri Pilger.

Su sinónimo botánico es *bambusa weberbaueri*, conocida con el nombre vernacular "marona" o "paca". Geográficamente habita en la región Amazónica de Colombia, Perú, Brasil y Venezuela, su hábitat natural es bosque húmedo (Tovar, 1993).

Su distribución geográfica de la *G. weberbaueri* y la *G. lynnclarkiae* están superpuestas, ambas están presente en abundancia en la zona sur-este de la Amazonía. Respecto a la preferencia de suelos de las especies *G. weberbaueri* y *G. sarcocarpa*, se encuentra en abundancia en suelos arenosos y francos de las especies (Griscom y Ashton, 2006).



Foto 2. *Guadua weberbaueri* Pilg. en condiciones naturales

Las características dendrológicas de la *G. weberbaueri* muestra que es una planta robusta de hasta 18 m de altura, con cañas y ramas divaricadas, ascendentes, láminas foliares de las ramas elíptico-lanceoladas, de 13 - 17 cm de largo por 2-3,5 cm de ancho, espiguillas sésiles o subsésiles dispuestas en la pared apical de las ramas floríferas, 3-floras, pubescentes, de 17-25 mm de largo, glumas pequeñas, agudas, lemma rígida, aguda, multinervada, de 13-16 mm de largo (Tovar, 1993).

Usos y potencialidades: estructuras ligeras, artesanía, muebles, como estructura para paredes de bahareque y paisajismo.

Guadua superba Huber

Las características dendrológicas de esta especie tiene dimorfismo en hojas, las hojas foliares más anchas presentan fimbrias en las vainas, lígula curvada con la parte más alta en la parte media de la hoja, presencia de aurículas fimbriadas a los lados y entrenudos casi sólidos (Reátegui, 2019).

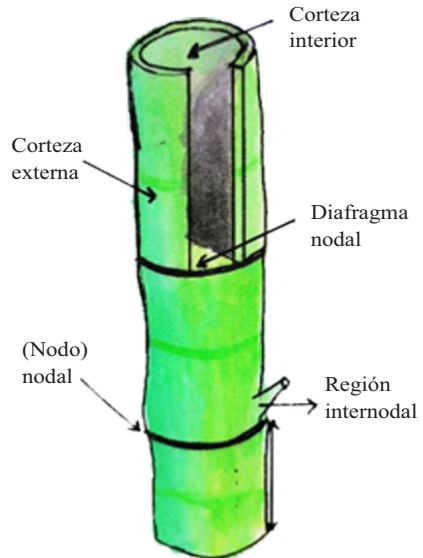
Usos y potencialidad: los culmos casi sólidos de *Guadua superba*, podrían tener potencial para la construcción, paisajismo.



Foto 3. Comparativo de la especie *Guadua superba* Huber en bosques naturales y su corte longitudinal del culmo

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA

Los culmos de *Guadua* están formados por cáscaras cilíndricas, esbeltas y huecas (Figura 2 y Foto 4), cuyas cavidades están separadas por diafragmas que actúan como enrijecedores naturales, los detalles de las partes del culmo se presentan a continuación: una característica distintiva desde el punto de vista físico es que tanto el espesor de la pared del culmo, como el tipo y porcentaje de fibras varía a lo largo de toda la longitud del mismo. Este factor debe ser considerado a la hora de realizar un análisis del material debido a su influencia en el comportamiento mecánico, lo cual condiciona su posible aplicación.



Dibujo: Roger Toullier Reátegui

Figura 2. Partes del culmo de la *Guadua*

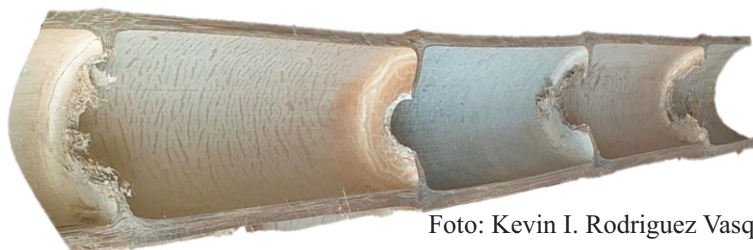


Foto: Kevin I. Rodriguez Vasquez

Foto 4. Sección transversal de culmo de *Guadua*

Observando la sección transversal del culmo es posible ver que las fibras se concentran más en las proximidades de la pared exterior, haciendo que el material tenga mayor resistencia a las cargas externas que actúan durante su vida en la naturaleza.



Foto: Jefferson Rodríguez Sotelo

Foto 5. Prueba determinación de propiedades físicas en probetas de *Guadua*

Características morfológicas de los culmos de las tres especies de *guadua*

Tabla 1. Características morfológicas de los culmos de las tres especies de *guaduas* de la amazonia peruana.

Especies	Diámetro promedio del culmo (cm)	Espesor promedio de la pared del culmo (mm)	Distancia promedio de los nudos (cm)
<i>G. lynncarkiae</i>	13.65	14.29	32.50
<i>G. weberbaueri</i>	7.27	6.14	52.17
<i>G. superba</i>	3.93	14.94	18.14

Fuente: Elaboración propia.



Foto 6. Entrenudos de las especies de *Guadua*: (a) *G. lynnclarkiae*; (b) *G. weberbaueri* y (c) *G. superba*.

Propiedades físicas de las especies *Guadua weberbaueri* Pilger, *Guadua lynnclarkiae* Londoño y *Guadua superba* Huber

Las propiedades básicas del leño de tres especies de *Guadua* se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades físicas del bambú de las tres especies del género *Guadua*

Propiedades Físicas	<i>G. lynnclarkiae</i>		<i>G. weberbaueri</i>		<i>G. superba</i>	
	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)
Humedad verde (%)	112.24	10.50	60.26	14.18	75.01	10.97
Humedad en equilibrio (%)	14.58	6.40	13.05	4.42	15.39	5.46
Densidad básica (g/cm³)	0.65	12.40	0.75	13.28	0.72	11.58
Densidad saturada (g/cm³)	1.21	0.49	1.22	1.27	1.21	1.27
Densidad en equilibrio (g/cm³)	0.98	6.66	1.06	6.05	1.04	3.81
Densidad anhidra (g/cm³)	0.90	7.62	0.97	2.58	0.91	1.23
Contracción de la pared delculmo (%)	18.65	17.87	13.7	4.51	9.51	12.49
Contracción longitudinal (%)	0.46	21.23	10.39	19.87	0.21	20.03

Fuente: Rodríguez J. 2021. Tesis “Propiedades físicas y mecánicas por niveles longitudinales del culmo de tres especies del género *Guadua* nativa de la Amazonia Peruana”. - CITEforestal Pucallpa – IIAP.

Características mecánicas de la *Guadua*

La *Guadua*, es un material natural por lo cual existen una infinidad de factores que afectan su desempeño mecánico. Al igual que en el caso de estructuras de madera, factores importantes a tener en consideración son el contenido de humedad del culmo, la edad y los posibles defectos e imperfecciones que pueden ser adquiridos durante el crecimiento o como resultados del tratamiento preservante aplicado (Brand et al. 2015).

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) en su título 12-3 establece que la *Guadua* para ser utilizada con fines estructurales debe cumplir, la edad adecuada para su uso con fines estructurales será entre 4 y 6 años, el contenido de humedad debe corresponder con el contenido de humedad de equilibrio del Departamento / lugar donde será utilizada; en el uso estructural debe tener una buena durabilidad natural o estar adecuadamente preservada. Además, se deben aplicar todos los recursos posibles para protegerla de la humedad, la radiación solar, los insectos y los hongos (Brand et al. 2015).

La clasificación mecánica debe satisfacer la capacidad de resistir cargas de compresión paralela, corte paralelo, tracción y módulo de elasticidad (NTC 5525).



Foto: Jefferson Rodríguez Sotelo

Foto 7. Prueba mecánica de flexión estática en probetas de *Guadua*.

Propiedades mecánicas de las especies *Guadua weberbaueri*, *Guadua lynncarkiae* y *Guadua superba*

Los estudios de las propiedades mecánicas de la madera de *Guadua*, son necesarios por que definen el comportamiento, aptitud y capacidad que la madera para resistir fuerzas externas. Además, ayuda a contar con un sistema de clasificación estructural de las especies estudiadas para darle una óptima utilización (Peniche, 1990; Refort & Keil, 2012; Robles & Echenique, 1983).

Las propiedades mecánicas como flexión, compresión paralela a las fibras, compresión perpendicular a las fibras y cizallamiento de las tres especies (Tabla 3).

Tabla 3. Propiedades mecánicas del culmo de tres especies del género *Guadua*.

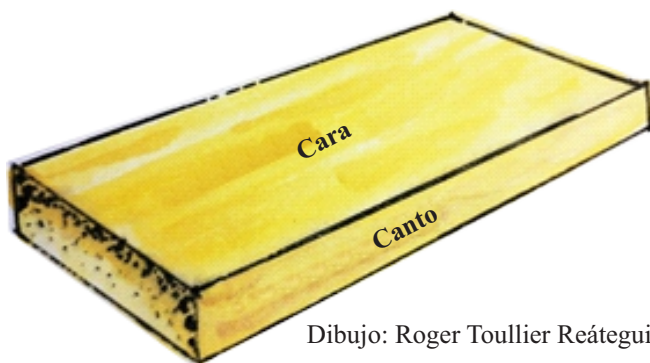
Propiedades Mecánicas		<i>G. lynncarkiae</i>		<i>G. weberbaueri</i>		<i>G. superba</i>	
		$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)	$\bar{X}$	CV (%)
Flexión	Módulo de ruptura (MPa)	21.01	8.13	17.70	11.29	71.20	8.63
	Esfuerzo al límite proporcional (MPa)	15.76	10.70	13.95	12.73	56.22	9.17
	Módulo de elasticidad (MPa)	773.31	6.28	663.78	6.37	5931.06	9.23
Compresión paralela a las fibras	Esfuerzo último a la compresión paralela (MPa)	36.43	21.89	43.28	18.19	38.80	17.55
	Módulo de elasticidad (MPa)	11216.97	29.05	13113.40	39.31	10032.69	27.62
Compresión perpendicular a las fibras	Esfuerzo último de compresión perpendicular (MPa)	11.02	56.14	24.81	29.32	14.40	28.00
Cizallamiento	Máxima resistencia al corte con nudo (MPa)	5.25	23.91	9.01	16.66	6.12	13.66
	Máxima resistencia al corte sin nudo (MPa)	5.18	25.58	9.85	13.41	5.69	19.95

Fuente: Rodríguez, J. 2021. Tesis “Propiedades físicas y mecánicas por niveles longitudinales del culmo de tres especies del género *Guadua* nativa de la Amazonia Peruana”. CITEforestal Pucallpa - IIAP.

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL LEÑO

El leño del bambú es un material higroscópico que tiene la característica de absorber y liberar la humedad en forma de vapor de agua según las condiciones ambientales que la rodean.

Contrariamente a lo que podría pensarse, el contenido humedad no se expresa como porcentaje del peso total sino del peso absoluto seco de la muestra de bambú. La pieza se considera absolutamente seca (0% de humedad) sí al secarla en un horno especial a 100 °C – 105 °C, su peso queda constante.



Dibujo: Roger Toullier Reátegui

Figura 3. Probeta de *Guadua*

Por tal razón, el contenido de humedad (h) se define como la diferencia entre peso húmedo (Ph) y el peso absoluto seco (Ps), lo cual es dividido entre el peso seco (Ps). Multiplicando el resultado por 100, se obtiene la humedad de la pieza expresada en porcentaje.

$$h = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 (\%)$$

Norma Técnica Peruana 251.010.

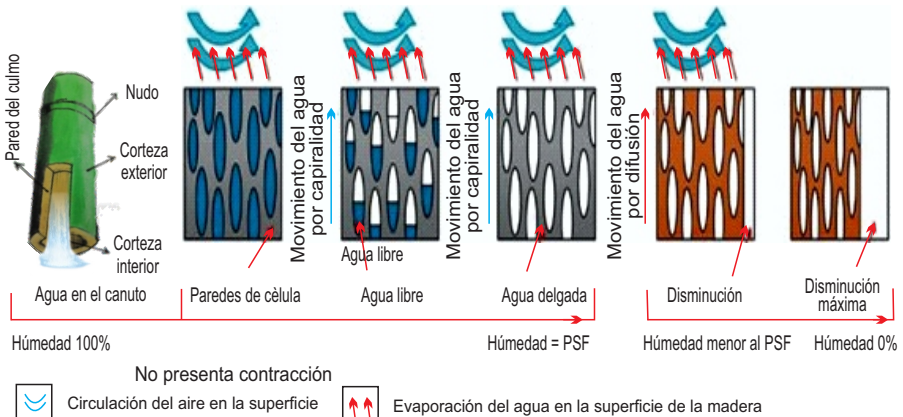
Cuando el bambú se encuentra expuesto a diversos factores climáticos y usos estructurales, previamente debe someterse a secado hasta llegar al contenido de humedad en equilibrio para que no sufra cambios dimensionales en el uso final.

Así mismo, existen varios tipos de medidores eléctricos que no son muy precisos, pero que permiten una medición directa considerada suficiente para la mayoría de los requerimientos de la industria.

Para entender los diferentes conceptos fundamentales del proceso de secado del bambú, al aire libre o mediante secadores, debe conocerse los factores más importantes que se describen a continuación.

Tipos de agua en el bambú

El bambú al igual que en la madera contiene agua bajo cuatro formas: agua dentro de canuto, agua libre, agua higroscópica y agua de constitución.



Fuente: Adaptado de CITEMadera (2017). Estudio “Manual para operadores de secadores convencionales para madera”

Figura 4. Movimiento del agua en el bambú

Agua dentro del canuto

Las variaciones en el contenido de humedad – CH permiten que el bambú experimente cambios tanto en su peso como en sus dimensiones, debido a que el agua puede depositarse tanto en las cavidades como en las paredes celulares de la planta. El contenido de humedad en el bambú varía significativamente dependiendo del estado en el que se encuentre. Una muestra de bambú joven y recién cortado (estado verde), puede tener contenidos de humedad de hasta un 150 %.

Agua libre

Las piezas de bambú contienen un alto contenido de humedad que es muy variable entre una y otra especie, y aun entre las diferentes secciones de la planta herbácea.

Cuando el culmo del bambú se encuentra seccionado, cuenta con agua en sus paredes, está al ser expuesta a condiciones climáticas favorables

empieza secarse por evaporación; en primera instancia se elimina el agua libre de las cavidades celulares no provocando cambios dimensionales considerables en las probetas de bambú.

Agua higroscópica

Una vez evaporado el agua libre de las cavidades del material vegetativo, los culmos continúan secándose cuando las condiciones climáticas dadas por la temperatura, ambiente y humedad del aire son los adecuados.

El agua higroscópica, se caracteriza por estar absorbida por las paredes celulares del material vegetal. Todos los cambios dimensionales y expansiones se originan por la evaporación o absorción del agua higroscópica.

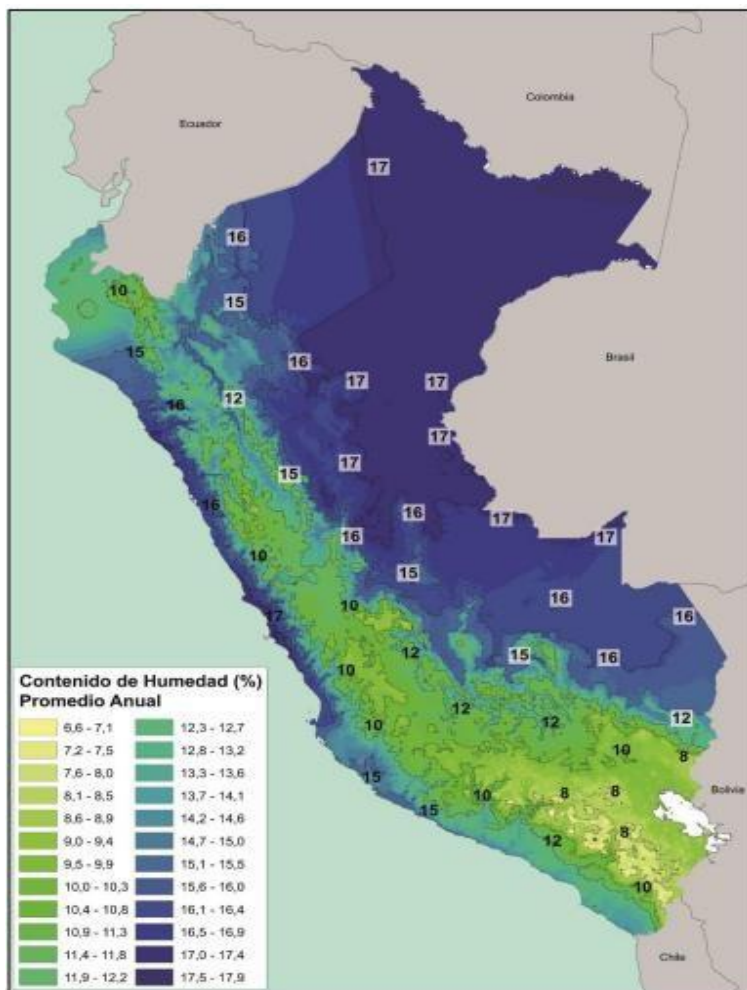
Punto de saturación de las fibras (PSF)

El punto de saturación de las fibras, es cuando el agua libre ha sido evaporada, pero donde las paredes de las células aún se encuentran saturadas, conteniendo la cantidad máxima de agua higroscópica. El punto corresponde aproximadamente al 30% del contenido de humedad (CH), este parámetro es muy importante para el secado dado que por debajo de este comienza a producirse los cambios dimensionales en la pieza de bambú.

Contenido de humedad de equilibrio (CHE)

De acuerdo con las condiciones atmosféricas, la madera de bambú se seca al aire libre hasta un punto final llamado contenido de humedad de equilibrio (CHE) o simplemente humedad de equilibrio. En este punto, depende de la temperatura y la humedad relativa del aire a la que están sometidas las piezas.

El contenido de humedad de equilibrio, es la meta final de todo proceso secado y está en función a la humedad de equilibrio de las condiciones de sitio de uso final de la especie y no del lugar en que fue previamente secado, siendo este un factor decisivo. Por tal razón, es imperativo conocer los promedios anuales de temperatura y humedad relativa del aire y la humedad relativa de equilibrio donde se utilizará los culmos de bambú.



Fuente: CITEmadera (2017). Estudio “Manual para operadores de secadores convencionales para madera”

Figura 5. Mapa de contenido de humedad en equilibrio del Perú

Flujo de humedad.

Durante el proceso de secado, se evapora el agua libre contenida en las cavidades celulares. Una vez evaporada el agua de la superficie, comienza un flujo continuo de agua desde la parte más húmeda hacia la parte más seca. Este movimiento de humedad, es el resultado de la acción capilar del agua; indispensable para el flujo de humedad la

permeabilidad y particularmente las fuerzas capilares que jala el agua desde el centro hacia la superficie.

El movimiento de agua libre por las fuerzas capilares es más rápido en sentido paralelo, que perpendicular a las fibras. Lo que exige el recubrimiento de los extremos evitando un secado excesivamente rápido y por ende los defectos inherentes como grietas o rajaduras.

IMPORTANCIA DEL SECADO

Las propiedades físicas y mecánicas mejoran al reducir el contenido de humedad en la madera.

Estabilización de dimensiones.

Bajo el punto de saturación de las fibras, el culmo de bambú al igual que en la madera tiene las características de contraerse al secarse o expandirse al absorber humedad. La inestabilidad dimensional es una de las desventajas principales. Respecto a los otros materiales competitivos, se manifiestan particularmente en los campos de la construcción y mueblerías.

Sin embargo, dado que después de haber secado hasta el punto de humedad de equilibrio en el lugar de su uso final ya no se producen cambios ni defectos como torcedura o rajaduras.

Cabe mencionar, que la contracción y expansión de la madera del bambú son muy diferentes en la dirección de las fibras longitudinales y de la pared del culmo siendo mayores los cambios de la pared del culmo. Además, la contracción y la expansión del culmo varían considerablemente según las distintas especies. La mayoría de las especies presentan cambios dimensionales al secarlas del estado verde al estado anhidro.

El bambú contiene gran cantidad de agua en sus paredes al cortarlo, es necesario extraerla antes de usarla, con la finalidad de reducir su peso y cambios dimensionales estando en uso a fin de reducir el deterioro por agentes biológicos como insectos y hongos.

La durabilidad natural del bambú es de 1 a 3 años en la construcción en contacto con el suelo y de 4 a 7 años en interiores. Su vida útil aumenta con los tratamientos de preservación se prevé su duración de 15 a 20 años (Burgos, 2003).

El primer paso para preservar el culmo del bambú, es secarlo al aire libre a fin de minimizar su contenido de humedad y facilitar la absorción de los preservantes.

Entre los agentes biológicos que atacan comúnmente a las piezas del culmo del bambú son los insectos y hongos (cromógenos y xilófagos), aunque el secado ofrece solo una protección muy limitada de la madera contra el deterioro por insectos.

Lo más importante para reducir las pérdidas del material es la inmunización del bambú ya infectada por insectos mediante el proceso de secado artificial. Al someter a una temperatura aproximada de 80 °C durante el secado, se matan insectos en cualquier estado de desarrollo, de tal forma que se reduce considerablemente las pérdidas y se garantiza al comprador un producto seco y libre de agentes destructores de la madera.

Para formarse una idea acerca del deterioro que causan los hongos en la madera de bambú (pudrición y mancha), automáticamente pierde su valor económico por su baja calidad. Se recomienda monitorear los patios, almacenes y apilados de la madera a fin de evitar pérdidas por disposición inadecuada del producto.



Foto 8. Preservado de culmos de *Guadua* con bórax al 2%

Para evitar el ataque de hongos e insectos se recomienda realizar la inmersión de los culmos mediante la combinación siguiente: Colocar en un recipiente 100 litros agua por 2 Kg bórax por un tiempo máximo 24 horas procediéndose a su apilado bajo sombra.

FACTORES BÁSICOS DEL SECADO

Los procesos de secado artificial y al aire libre son diferentes debido a las condiciones atmosféricas ambientales pueden ser manejados dentro de una cámara.

Antes de referirse a esos factores, es preciso destacar que cualquier método de secado debe cumplir los siguientes requerimientos generales:

- El contenido de humedad de la madera o culmo de bambú seco debe corresponder a la humedad de equilibrio del ambiente donde tendrá lugar su uso final.
- Existen variaciones en el contenido de humedad entre piezas de bambú y entre partes de la misma pieza.
- El proceso de secado del bambú, no debe causar defecto.
- El secado debe ser lo más rápido y económico posible.

Calor

La utilización del calor en el proceso de secado convencional y al aire libre, se hace necesario para evaporar el agua libre y el agua higroscópica de los culmos del bambú. Sin embargo, en un horno de secado convencional al aplicar alta temperatura debe tenerse en consideración que los defectos se presentaran en las piezas de madera en caso de no ajustar la humedad del aire a la alta temperatura circundante o programada.

Un ejemplo con la madera, es que al reducir el contenido de humedad de un pie tablar (pt) recién aserrado hasta una humedad de equilibrio de alrededor 15% (ambiente), debe evaporarse aproximadamente 1 000 cm³ de agua, es fácil formarse una idea no solo del volumen y peso de agua contenida, sino también de la energía necesaria para evaporarla.

Humedad de aire

El aire atmosférico es una mezcla de gas y vapor de agua llamado humedad de aire que se suele expresar en dos formas:

- Humedad absoluta de aire.
- Humedad relativa de aire.

Mientras la humedad absoluta de aire indique el peso de vapor en un metro cúbico de aire (gr/cm³), la humedad relativa es la relación entre el peso del vapor de agua existente en el aire y la cantidad máxima de humedad, también llamada aire saturado, qué puede tener a una temperatura ambiental dada y su cálculo se realiza mediante la siguiente formula:

$$\text{Humedad relativa (Hr)} = \frac{\text{Peso del vapor de agua en el aire}}{\text{Peso del vapor de agua en el aire saturado}} \times 100$$

Por consiguiente, la humedad relativa indica el grado de saturación del aire expresado en porcentaje a una temperatura dada. Si el aire está saturado a vapor como; por ejemplo: la neblina la humedad relativa es 100% y por consiguiente, no permite el secado. Si por el contrario, el aire está completamente seco, su humedad relativa es 0% es una condición, que sólo puede crearse artificialmente.

Existen dos alternativas para procurar la evaporación del agua del tallo y en tal forma acelerar el proceso de secado:

- Reducir la humedad de aire
- Aumentar la temperatura

Circulación de aire

Es el conductor del calor y el portador de la humedad evaporada de los culmos de bambú. Estos parámetros se utilizan tanto en el secado artificial como al secado al aire libre, aunque es obvio que el calentamiento uniforme en una estiba de madera o la circulación pareja del aire puede ser más fácil en forma artificial.

En vista que el aire que pasa por una estiba de madera se enfría en la medida que absorbe humedad llegando rápidamente a la saturación, es de suma importancia una adecuada velocidad del aire con el fin de sustituir a la brevedad posible el aire húmedo por aire seco. Este requerimiento es imperativo para el secado artificial como natural; no obstante, las limitadas posibilidades varían mayormente en la circulación del aire durante el secado al aire libre.

SECADO AL AIRE LIBRE

El secado al aire libre del bambú se lleva acabo exponiendo los culmos y/o madera aserrada a la atmosfera en un patio de acopio, siendo el secado al aire libre la forma más sencilla y barata para secar madera.

A pesar del desarrollo de modernos y rápidos secadores artificiales; una ventaja comparativa con el método de secado al aire libre, es que este último es el más preferido por los productores debido a sus bajos costos. Sin embargo, los empresarios prefieren utilizar equipos sofisticados para el secado de madera en el menor tiempo posible hasta su punto de equilibrio. Cabe destacar, que sólo un estudio comparativo de costos

puede determinar en cada caso, si es económicamente ventajoso secar la madera en una u otra forma.

Preparación de los culmos de bambú para el secado al aire

Existen varias técnicas utilizadas en el secado de la madera, estas dependen del nivel tecnológico en la actividad inherente al bambú.

Entre las principales técnicas están:

- Secado al aire en posición de tijeras (Foto 9).
- Secado al aire con apilamiento horizontal (Foto 10).
- Secado al aire libre en posición vertical bajo cubierta.
- Secado convencional (Foto 11).
- Secado solar (Foto 12).
- Secado al vacío utilizando autoclave (Foto 13).



Foto 9. Secado al aire en posición de tijeras o caballetes de culmos de bambú¹

El procedimiento antes del apilado horizontal comprende tres etapas:

- Limpiado,
- Perforado y
- Acaballado.

De 4 a 8 semanas es el tiempo de secado del bambú, lo cual depende de la técnica utilizada como: Secado al sol (natural), en estufa, fogatas (INATEC, 2013b).

Previamente se perfora a los culmos haciendo un pequeño orificio en los entre nudos con la finalidad de extraer el agua libre y la presión que contiene. En el secado al aire no es posible controlar la temperatura, la humedad relativa y la circulación del aire.

De ser posible, la zona de secado no debe estar próxima a edificios, árboles o alguna otra barrera que disminuya su exposición al viento; asimismo, es importante el almacenamiento de los culmos posterior al secado utilizando separadores de madera (INATEC, 2013b).

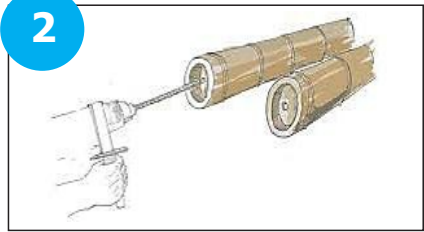
¹ Foto 9 disponible en línea: <http://www.bambuexport.com.ec/procesos/>



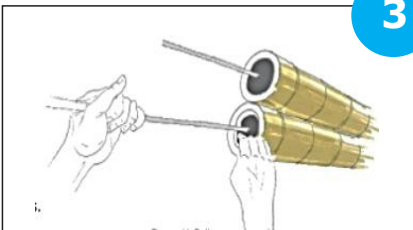
Foto 9. Almacenamiento de culmos de bambú posterior al secado



1
Limpieza de los nudos internos
en el culmo



2
Perforado de los nudos dentro del culmo.



3
Limpieza de los extremos del culmo de
bambu



4
Colocar los culmos de bambú
reclinadas, sobre una viga transversal o
soporte y en el extremo inferior se
colocan sobre una guía separada del
suelo.

Fuente: Elaborado por: Kevin Rodríguez Vásquez

Figura 6. Proceso de secado al aire libre de culmos de bambú

SECADO ARTIFICIAL

La diferencia principal entre el secado artificial y al aire libre radica en la posibilidad de cambiar los factores climáticos fundamentales como la humedad relativa y el calor durante el secado artificial, reduciendo considerablemente el tiempo de secado.

Por ejemplo, se requiere alrededor de 6 a 8 meses para secar a la especie “caoba” al aire libre para llegar al contenido de humedad de equilibrio deseada; contrariamente, se necesitan de 6 a 8 días secar artificialmente en horno convencional y llegar al mismo contenido de humedad.

Secado en hornos convencionales

Con el uso de hornos de secado se logra un contenido de humedad interna del bambú por debajo del 20% con respecto a su peso, lo que es considerado también un procedimiento de preservación contra insectos y hongos; por qué algunos insectos xilófagos alimentan sus larvas con hongos que solo se producen con un contenido de humedad mayor a este, no siendo un procedimiento seguro en ambientes húmedos.

Este sistema tiene la particularidad de secar la pieza de madera de adentro hacia fuera a diferencia de otros sistemas de secado que es de afuera hacia adentro.

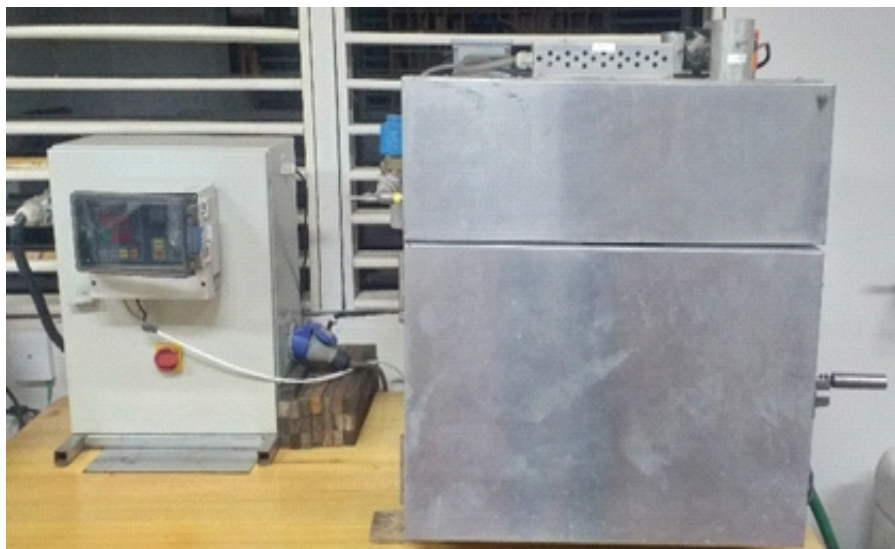


Foto 11. Cámara de secado a nivel de laboratorio del CITEforestal Pucallpa.



Fuente: Montoya y Orozco. 2019. Secado solar y convencional de la *Guadua angustifolia*.

Foto 12. Secado Solar



Fuente: BambuBrasil, 2019. BambuWiki A enciclopédia do Brasil

Foto 13. Secado en autoclave de bambú



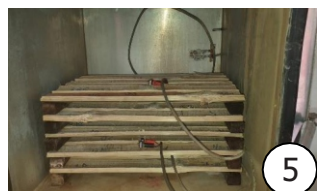
➡ Obtención de materia prima

Dimensionado del culmo



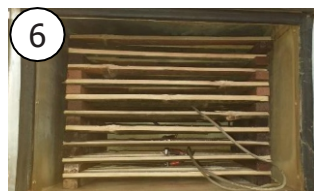
➡ Corte radial del culmo

Obtención de las tablillas



➡ Estibado de las tablillas en la cámara

Inicio del proceso de secado



Fuente: Elaborado por: Kevin Rodríguez Vásquez

Figura 7. Proceso de secado convencional con tablillas de bambú

Aspectos importantes del secado convencional de las especies de bambú nativo

Cómo tendencia general de los programas de secado, se ha observado que al cambiar de un paso al otro, la temperatura real del secador aumenta mientras la humedad relativa disminuye.

Estableciéndose, que se cuentan con suficientes antecedentes para proceder al secado convencional de las especies de *Guadua* o “bambú” a espesores determinados.

No obstante, hay que destacar una vez más que cada programa de secado debe ser elaborado individualmente para cada tipo de secador, especie y espesor; siendo necesario comprobar periódicamente el tiempo de los diferentes pasos a fin de asegurar óptimos resultados.

PROGRAMA DE SECADO DE ESPECIES NATIVAS DEL GÉNERO *GUADUA* EN LA AMAZONIA PERUANA

Un programa de secado es el resultado de ensayos e investigaciones realizadas en institutos y laboratorios locales, nacionales y globales. En tal sentido, se considera que existen muchos factores que influyen en la elaboración de un programa de secado y va a depender del tipo de secador y las especies de bambú. Por tal razón, es imprescindible que los operadores elaboren sus propios programas de secado para cada especie y espesor de la pieza de madera con el fin de obtener resultados óptimos dentro del tiempo más corto posible.

Programa de secado de *Guadua weberbaueri* Pilger.

En la investigación desarrollada a nivel de laboratorio, se obtuvieron resultados de un programa de secado experimental, a partir de la utilización de láminas de bambú con las dimensiones: ancho 3 cm, espesor 6.14 mm, largo 45 cm; utilizándose 4 testigos para su evaluación (Tabla 4).

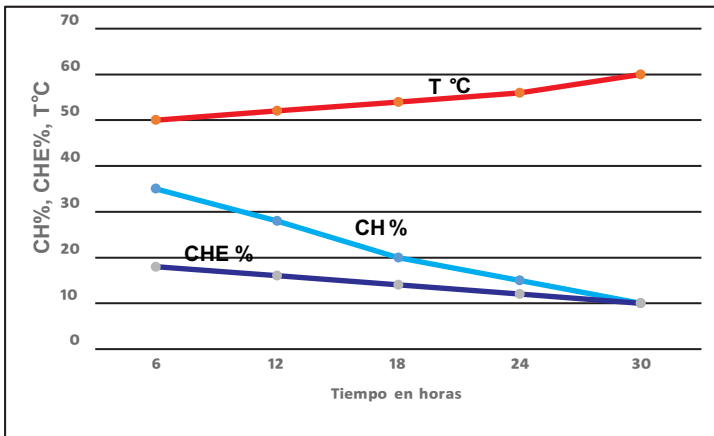
Tabla 4. Programa de secado de *Guadua weberbaueri* Pilg.

Etapas (horas)	Contenido de Humedad (%)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Contenido de Humedad de Equilibrio (%)	Gradiente de secado
6	35	50	80	18	2,5
6	28	52	75	16	3,2
6	20	54	69	14	3,8
6	15	56	60	12	4,3
6	10	60	50	10	4,3

Fuente: CITEforestal Pucallpa (2021). Estudio “Determinación del secado de 03 especies de bambú nativo”.

En secado artificial de tablillas de la especie *G. weberbaueri* Pilger con los parámetros: contenido de humedad inicial de 35%, temperatura de 50 °C, humedad relativa de 80%, se tiene un contenido de humedad promedio en equilibrio de 18%; después de 30 horas de secado continuo se ha obtenido un contenido de humedad de 10%, a una temperatura de 60 °C y humedad relativa de 50%; obteniéndose un contenido de humedad de equilibrio promedio de 10%.

A continuación, se presenta las curvas de secado obtenido de la especie *G. weberbaueri*.



Fuente: CITEforestal - Pucallpa. 2021. Estudio “Determinación del secado de 03 especies de bambú nativo”.

Figura 8. Curva de secado de *Guadua weberbaueri* Pilger.

Programa de secado de *Guadua superba* Huber.

El programa de secado artificial en horno para la especie *Guadua superba* Huber; las dimensiones de las tablillas fueron: Espesor de pared, ancho 2 cm, espesor 14.94 mm, largo 45 cm; utilizándose 4 testigos para su evaluación se muestra en la Tabla 5.

Se denota que el secado en horno para la especie *G. superba*; se realiza en 31 horas para obtener un contenido de humedad en equilibrio de 10%.

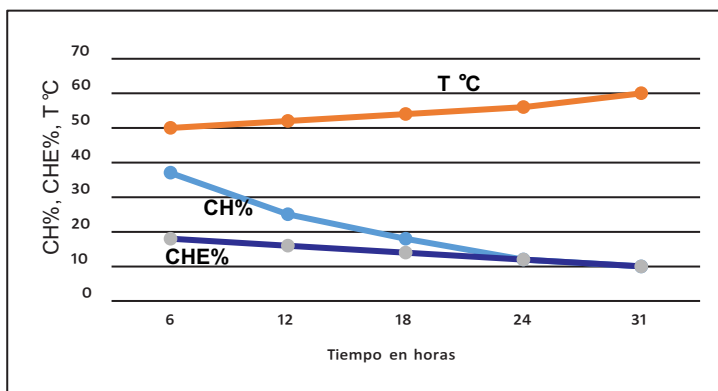
Tabla N° 5. Programa de secado de *Guadua superba* Huber.

Etapas (horas)	Contenido de Humedad (%)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Contenido de Humedad de Equilibrio (%)	Gradiente de secado
6	37	50	80	18	2,5
6	25	52	75	16	3,2
6	18	54	69	14	3,8
6	12	56	60	12	4,3
7	10	60	50	10	4,3

Fuente: CITEforestal - Pucallpa. 2021. Estudio “Determinación del secado de 03 especies de bambú nativo”.

Al iniciar el experimento, las tablillas tuvieron los siguientes parámetros: contenido de humedad de 37%, temperatura 50 °C, humedad relativa 80%, bajo estas condiciones se obtuvo un contenido de humedad de equilibrio promedio del 18% y después de 31 horas de secado se culmina el experimento con un contenido de humedad de 10%, a una temperatura de 60°C, humedad relativa de 50%; llegándose a obtener un contenido de humedad de equilibrio promedio de 10%.

A continuación, se presenta las curvas de secado obtenido de la especie *G. superba*.



Fuente: CITEforestal Pucallpa. 2021. Estudio “Determinación del secado de 03 especies de bambú nativo”.

Figura N° 9. Curva de secado de *Guadua superba* Huber

Programa de secado de *Guadua lynnclarkiae* Londoño.

El programa de secado experimental de la especie *G. lynnclarkiae* se muestra en la Tabla 6; determinándose que el tiempo de secado óptimo es de 46 horas para obtener un contenido de humedad de equilibrio de 10%.

Así mismo se hace referencia que las tablillas de bambú utilizadas en el proceso de secado tuvieron las dimensiones siguientes: ancho 4 cm, espesor 14.29 mm, largo 45 cm utilizándose 4 testigos para su evaluación.

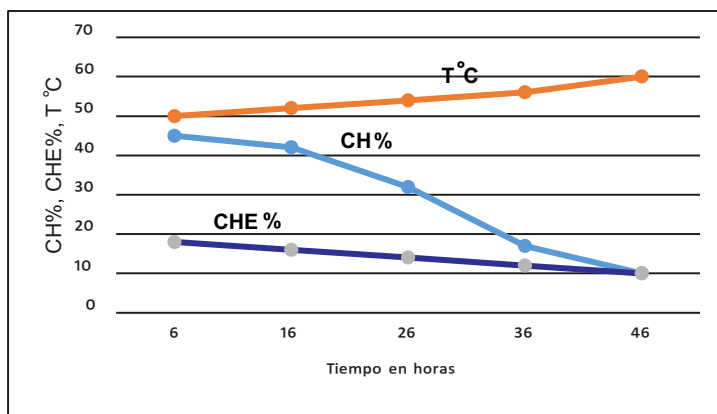
Tabla N° 6. Programa de secado de *Guadua lynnclarkiae* Londoño.

Etapas (horas)	Contenido de Humedad (%)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Contenido de Humedad de Equilibrio (%)	Gradiente de secado
6	45	50	80	18	2,5
10	42	52	75	16	3,2
10	32	54	69	14	3,8
10	17	56	60	12	4,3
10	10	60	50	10	4,3

Fuente: CITEforestal-Pucallpa. 2021. Estudio “Determinación del secado de 03 especies de bambú nativo”

El secado artificial experimental se inicia con tablillas a un contenido de humedad de 45%, temperatura 50 °C, humedad relativa 80%, con un contenido de humedad de equilibrio de 18% y al termino del proceso de secado tras 46 horas, se obtuvo resultados de un contenido de humedad de 10%, a temperatura de 60 °C, humedad relativa de 50%, un contenido de humedad de equilibrio de 10%.

A continuación, se presenta las curvas de secado obtenido de la especie *G. lynnclarkiae*.



Fuente: CITEforestal-Pucallpa. 2021. Estudio “Determinación del secado de 03 especies de bambú nativo”.

Figura N° 10. Curva de secado de *Guadua lynnclarkiae* Pilger

Defectos del secado

La mayoría de los defectos del secado pueden atribuirse al hecho que la materia prima tiende a encogerse o contraerse al someterla a secado. Los cambios volumétricos son inevitables al secar la madera bajo el punto de saturación de las fibras y este hecho de por sí puede considerarse un defecto.

La finalidad de secar la madera de bambú en horno convencional es obtener un contenido de humedad de contenido de humedad final bajo, lo que resulta en un aumento de los defectos originados por las contracciones. Sin embargo, aplicando y controlando estrictamente el programa de secado se limita y previene los defectos; tal y como se puede apreciar en las tablas *Guadua lynncarkiae*, *Guadua superba*, *Guadua weberbaueri*, tras la ejecución del programa de secado de las tres especies de bambú de 30, 31 y 46 horas de secado.

SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL MANEJO Y OPERACIÓN DE HORNO SECADORES

No obstante, el hecho de que el secado artificial no ofrezca mayores peligros, siempre y cuando se observen las reglas elementales de seguridad de trabajo, se mencionan algunas recomendaciones respecto a la prevención de accidentes en el manejo y operación de los hornos secadores.

- No entre un horno de secado hasta que la temperatura haya bajado aproximadamente 50 °C.
- Tome las precauciones necesarias para no quedar encerrado en el horno de secado; por ejemplo, coloque un letrero en la puerta del horno de secado indicando que hay una persona trabajando en el interior.
- Use siempre una lámpara o linterna al entrar al horno de secado. Nunca lo haga con una luz de llama descubierta y/o libre
- Tenga cuidado de no tocar partes metálicas calientes al interior del horno de secado, mantenga el piso limpio particularmente de manchas de aceites para evitar caídas.
- Al inspeccionar o lubricar los ventiladores tome la precaución para que nadie ponga en funcionamiento los motores. Coloque un aviso encima del interruptor principal y coloque el seguro.

- Cuándo entre la carga en el horno de secado, tenga cuidado que nadie pueda ser aplastado entre la pared y la estiba.
- Deje limpio el horno de secado y el área que lo rodea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arancibia AA. Propagación vegetativa de dos especies de bambú en la selva nor-oriental. Lima- Perú: Universidad nacional agraria la molina. 2017.
- Brand SR., Ruiz, HD., Lozano CN. Caracterización básica y mecánica de la Guadua rolliza de la especie angustifolia Kunth mediante procesamiento digital de imágenes. Bogotá-Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad De Ingeniería Civil. 2015.
- Burgos A. Revisión de las técnicas de preservación del bambú. Revista Forestal Latinoamericana, volumen 33, 2003: 11-20. Centro de Innovación Tecnológica de la Madera. Guía de contenidos técnicas de secado de la Madera: competencias básicas para la producción industrial de muebles de madera. Ministerio de la Producción. 2009.
- CITEforestal-Pucallpa. Determinación del secado de 03 especies de bambú nativo. Informe de investigación. Pucallpa, Perú. 2021.
- CITEmadera-Lima. Manual para operadores de secadores convencionales para madera. Lima, Perú. 2017.
- Griscom BW., Ashton PMSA. Self-perpetuating bamboo disturbance cycle in a neotropical forest. J. Trop. Ecol. 22: 587-597. 2006.
- Grosser D., Liese W. On the Anatomy of Asian Bamboos, with special reference to their Vascular Bundles. Wood Science and Technology, Springer Verlag: Hamburg, Vol. 5, 290-312 pp. 1971.
- INATEC. Manual de Construcción de Vivienda de Bambú. Instituto Nacional Tecnológico. Nicaragua. 2013.
- Leander C. Cagayan eyes bamboo world market. En The Manila Times. Publicado: 29 diciembre del 2017. Disponible en: <http://www.manilatimes.net/2017/12/29/business/agribusiness/cagayan-eyesbamboo-world-market/371104>
- Liese W. The Anatomy and Properties of Bamboo. Recent Research on Bamboo. Proceedings of the International Bamboo Workshop, Hangzhou Republic of China, pp. 196-209. 1985.
- Liese W. Anatomía. Memorias I Congreso Mundial de Bambú – Guadua. Pereira-Colombia. Pp. 25-29. 1992.
- Liese W. The anatomy of bamboo culms. INBAR Techn. Rep. No 18. Beijing, China. 208 pp. 1998.
- Liese W., Kumar S. Bamboo preservation compendium. INBAR - CIBART,

- ABSTechnical. Report No 22, New Delhi India. 231 pp. 2003.
- Liese, W. The anatomy of bamboo culms (Vol. 18). Brill. 1998.
- MINAGRI. Plan Nacional de Promoción del bambú 2008-2020. Dirección General de Competividad Agraria. Lima, Perú. 2008.
- Norma NTC. Norma Técnica Colombia NTC 5525. Bogotá, CO. 20 p. 2007.
- Norma Técnica Peruana NTP. 251.010 Madera. Métodos para determinar el contenido de humedad. 2004.
- Ota M. Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 7). The influence of the percentage of structural elements on the specific gravity and compressive Strength of Bamboo Splint. Bulletin N° 19 Kyushu University, Japan. 25-47. Pp. 1950.
- Peniche, C. La madera y la arquitectura. División de ciencias y artes para el diseño. Departamento de procesos y técnicas de realización. Universidad. Autónoma Metropolitana. México. 1990
- Qisheng Z., Shenxue J., Yongyu T. Industrial utilization on Bamboo. INBAR, Technical Report N° 26, Beijing China. 207 pp. 2002.
- Reátegui EN. Informe de identificación de especies de bambú. Pucallpa-Perú. 2019.
- Refort MM., Keil GD. Importancia y determinación de las propiedades mecánicas de la madera. Boletín marzo 3 Argentina. 2012. Disponible en: línea: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62492/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez S, J. Propiedades físicas y mecánicas por niveles longitudinales del culmo de tres especies del género guadua nativa de la amazonia peruana. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 2021.
- Robles FF., Echenique MR. Estructuras de madera. Editorial Limusa. México. 367 p. 1983.
- Tovar O. Las gramíneas (Poaceae) del Perú. Madrid- ES: Ruizia. 480 p. 1993.

AGRADECIMIENTO

IIAP agradece la participación y colaboración del Instituto Tecnológico de la Producción en el proyecto “Determinación del comportamiento a la propagación clonal, industrialización y captura de carbono de tres especies de bambú nativo en la Amazonia Peruana” y al financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación Tecnológica, Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados – ProCiencia y al Banco Mundial



Guadua lynnclarkiae



Guadua weberbaueri



Guadua superba



BANCO MUNDIAL
BIRF • AIF | GRUPO BANCO MUNDIAL

ISBN: 978-612-4372-45-2



9 786124 372452