

TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO A LA GUADUA (*bambusa guadua*) PARA LA PRODUCCION
DE BALDOSAS POR EL METODO DE LAMINADO PEGADO

PAOLA ANDREA GALVIS RODRIGUEZ

SERGIO ENRIQUE RODRIGUEZ GOMEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUIMICA
BUCARAMAGA
2007

TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO A LA GUADUA (*bambusa guadua*) PARA LA PRODUCCION
DE BALDOSAS POR EL METODO DE LAMINADO PEGADO

PAOLA ANDREA GALVIS RODRIGUEZ

SERGIO ENRIQUE RODRIGUEZ GOMEZ

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el titulo de Químico

Director
NELSON GUALDRON PARRA
Químico y
Especialista en Química Ambiental y del Agua

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUIMICA
BUCARAMAGA
2007

DEDICATORIA

*A Dios
por ser el guía de todas mis acciones*

*A mi madre
por su paciencia, amor, guía y apoyo incondicional.
A ella correspondé este triunfo de su sacrificio, de sus sueños y desvelos.*

*A mi abuelo
por su inacabable cariño y apoyo en mi desarrollo personal
y por no dejarme desfallecer.*

*A mi padre y hermana
por el amor, la confianza y paciencia que siempre tuvieron en mí.*

*A Nicolás Murallas
por su amor, comprensión y apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.*

PAOLA ANDREA

DEDICATORIA

*A mis padres, Antonio y Cecilia,
Y a mis hermanos, Antonio José, Wilson Vicente,
Carlos Arturo y Pablo Cesar por su cariño y
Apoyo durante toda mi carrera.*

*A mi esposa, Lucía
por su compañía y paciencia en esta etapa de mi vida.*

*Dedicado especialmente a mis hijos,
Camilo Andrés, Sergio Julián y Santiago Andrés.*

SERGIO ENRIQUE

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Nelson Gualdrón Parra, por su dirección, enseñanzas y apoyo incondicional en nuestro desarrollo personal e investigativo en el desarrollo de este trabajo de grado.

Al profesor José Carlos Gutiérrez, por sus valiosas contribuciones y aportes en el desarrollo de este trabajo de grado.

A la Doctora Luz Amparo Lozano por su colaboración y sugerencias en el desarrollo de este trabajo de grado.

A la Doctora Elena Stashenko y el laboratorio de Cromatografía de la UIS, por su colaboración en la cromatografía de gases y espectrometría de masas.

A Javier, auxiliar del laboratorio de Resistencia de Materiales de la Escuela de Ingeniería Civil.

A Wilson y Eduardo, miembros del laboratorio de Investigaciones de Ingeniería Química por su apoyo en el tiempo de realización de esta tesis de grado.

A Adolfo Hernández, Jorge Niño y Alejandro Torres, auxiliares del laboratorio de Preparación de Muestras y laboratorio de Físicoquímica respectivamente por su apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto de grado.

A nuestros amigos Oveimar, Ingrid, Hernando, Ciro, Nelson, Lizeth y José Luís, porque siempre nos brindaron su más sincera amistad, apoyo incondicional y voz de aliento para la culminación de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
	19
1	INTRODUCCIÓN
2	MARCO DE ANTECEDENTES
2	MARCO TEORICO
2.1	LA GUADUA
2.1.1	Generalidades
2.1.2	Partes de la guadua
2.1.2.1	Raíces
2.1.2.2.	Culmo-tallo
2.1.2.3	Hojas caulinares
2.1.2.4	Hojas del follaje
2.1.2.5	Flores
2.1.2.6	Semillas
2.1.2.7	Yemas
2.1.3	Formas de propagación
2.1.4	Condiciones ecológicas de la especie
2.1.4	Aprovechamiento de la guadua
2.1.4.1	Corte
2.1.4.2	Curado
2.1.4.3	Secado
2.1.5	Propiedades físicas de la guadua
2.1.5.1.	Humedad
2.1.5.2	Densidad
2.1.5.3	Contracción e hinchamiento
2.1.6	Preservantes de la guadua
2.1.6.1	Preservantes oleosolubles
2.1.6.2	Preservantes hidrosolubles
2.1.7	La guadua y sus aportes al ambiente
2.1.8	Los guaduales como secuestradores del carbono
2.1.9	Otras bondades de la guadua
2.2	PISOS EN GUADUA LAMINADA
2.2.1	Proceso de producción
3	METODOLOGÍA
3.1	PRE-SELECCIÓN Y CORTES
3.2	CURADO
3.3	PRODUCCIÓN DE LATAS DE GUADUA
3.4	ELABORACION DE PROBETAS Y DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

	pág.	
3.5	SECADO DE LATAS, PROBETAS Y DETERMINACION DE LA DENSIDAD	42
3.6	TRATAMIENTO DE PROBETAS	43
3.6.1	Immunización	43
3.6.2	Evaluación del grado de inmunización	44
3.6.3	Cuantificación de clorpirifos presente en la guadua después de la absorción	46
3.6.3	Elaboración de probetas para pruebas mecánicas	46
3.7	SELECCIÓN DEL ADHESIVO	46
3.7.1	Adhesan 2532	47
3.7.1.1	Generalidades	47
3.7.1.2	Características	47
3.7.1.3	Campos de aplicación	47
3.7.2	Adhesan 533	48
3.7.2.1	Generalidades	48
3.7.2.2	Características	48
3.7.2.3	Campos de aplicación	48
3.7.3	Adhesan 1600	49
3.7.3.1	Generalidades	49
3.7.3.2	Características	49
3.7.3.3	Campos de aplicación	49
3.7.4	Ensayo de Tracción	50
3.8	PROPIEDADES MECANICAS DE LA GUADUA COMO MATERIA PRIMA	52
3.8.1	Ensayo de compresión	52
3.8.2	Ensayo de flexión	53
3.9.3	Ensayo de Tracción	53
3.9	PRODUCCION DE LAS BALDOSAS DE GUADUA	54
4	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	56
4.1	CONTENIDO DE HUMEDAD	56
4.2	SECADO DE PROBETAS Y LATAS	59
4.3	DENSIDAD	71
4.4	INMUNIZACIÓN	73
4.4.1	Absorción	73
4.4.2	Penetración	75
4.4.3	Resultados del análisis de clorpirifos en los extractos	75
4.5	SELECCIÓN DEL ADHESIVO	76
4.5.1	Ensayo de Tracción en Adhesivos	76
4.6	PRUEBAS MECANICAS DE LA GUADUA LAMINADA	79
4.6.1	Flexión	79

		pág.
4.6.2	Compresión Paralela a las fibras	81
4.7	PRUEBA MECANICA A LA GUADUA COMO MATERIAL	84
4.7.1	Tracción	84
5.	CONCLUSIONES	87
6.	RECOMENDACIONES	90
	BIBLIOGRAFÍA	92
	ANEXOS	97

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Condiciones de Siembra	30
Tabla 2. Ciclo Biológico	30
Tabla 3. Especificaciones del Adhesan 2532	48
Tabla 4. Especificaciones del Adhesan 533	49
Tabla 5. Especificaciones del Adhesan 1600	50
Tabla 6. Contenido de Humedad de la Guadua 1	57
Tabla 7. Contenido de humedad guadua 2	58
Tabla 8. Porcentajes de Humedad en el Secado al Natural de la guadua 1	60
Tabla 9. Porcentajes de Humedad en el Secado al Natural de la Guadua 2	61
Tabla 10. Porcentajes de Humedad en el Secado en Estufa a 100°C de la Guadua 1	63
Tabla 11. Porcentajes de Humedad en el secado en Estufa a 100°C de la Guadua 2	64
Tabla 12. Porcentajes de humedad en el Secado en Estufa a 80°C de la Guadua 1	61
Tabla 13. Porcentajes de Humedad en el Secado en Estufa a 80°C de la Guadua 2	67
Tabla 14. Porcentajes de Humedad en el Secado en Estufa a 60°C de la Guadua 1	69
Tabla 15. Porcentajes de Humedad en el Secado en Estufa a 60°C de la Guadua 2	70
Tabla 16. Densidad de la guadua 1	71
Tabla 17. Densidad de la Guadua 2	72
Tabla 18. Absorción de Inmunizante en Probetas	74

	pág.
Tabla 19. Cuantificación de Clorpirifos	75
Tabla 20. Esfuerzos de Tracción en Adhesivos	76
Tabla 21. Valores para Flexión	80
Tabla 22. Cargas y Esfuerzos Máximos a Compresión paralela	82
Tabla 23. Cargas y Esfuerzos Máximos para Tracción	84

LISTA DE GRAFICAS

		pág.
Grafica 1.	Contenido de humedad de la Guadua 1	57
Grafica 2.	Contenido de humedad de la Guadua 2	58
Grafica 3.	Curva de Secado al Natural de la Guadua 1	60
Grafica 4.	Curva de Secado al Natural de la Guadua 2	61
Grafica 5.	Curva de Secado en Estufa a 100°C de la Guadua 1	63
Grafica 6.	Curva de Secado en Estufa a 100°C de la Guadua 2	64
Grafica 7.	Curva de Secado en Estufa a 80°C de la Guadua 1	66
Grafica 8.	Curva de Secado en Estufa a 80°C de la Guadua 2	67
Grafica 9.	Curva de Secado en Estufa a 60°C de la guadua 1	69
Grafica 10.	Curva de Secado en estufa a 60°C de la guadua 2	70
Grafica 11.	Densidad de la Guadua 1	72
Grafica 12.	Densidad de la Guadua 2	72
Grafica 13.	Absorción de inmunizante en probetas	74
Grafica 14.	Dispersión de Cargas de Tracción en Adhesivos	77
Grafica 15.	Dispersión de Valores para Flexión	80
Grafica 16.	Dispersión de Esfuerzos Máximos en Compresión Paralela	83
Grafica 17.	Dispersión de Esfuerzos Máximos para Tracción	85

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Partes de la Guadua	27
Figura 2. Cortes y deformación de la Guadua	38
Figura 3. Estructura del Clorpirifos	43
Figura 4. Estructura del Polivinil-Acetato	47

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

		pág.
Fotografía 1.	Guadual	25
Fotografía 2.	Maquina Universal de Ensayos TREBEL	51
Fotografía 3.	Probetas para Tracción para Adhesivo	51
Fotografía 4.	Maquina de ensayos para madera AMSLER	52
Fotografía 5.	Probetas para Compresión	52
Fotografía 6.	Probetas para Flexión	53
Fotografía 7.	Probetas para Tracción	53
Fotografía 8.	Maquina INSTRON	54
Fotografía 9.	Latas de Guadua	56
Fotografía 10.	Secado de Latas de Guadua en Estufa	68
Fotografía 11.	Inmunización de Latas de Guadua	73
Fotografía 12.	Falla por Tracción	77
Fotografía 13.	Probeta Fallada por Tracción	79
Fotografía 14.	Falla por Flexión	81
Fotografía 15.	Probetas Falladas por Flexión	81
Fotografía 16.	Falla por compresión paralela	83
Fotografía 17.	Falla por Tracción	84
Fotografía 18.	Probetas Falladas por Tracción	85

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Tablas de Pesos para Determinación de Humedad	97
ANEXO B. Tablas de Pesos para Control de Secado	98
ANEXO C. Tablas de Pesos para la Determinación de la Densidad	105
ANEXO D. Tablas de Valores para Determinación de Absorción del Inmunizante	106
ANEXO E. Fotografía de Baldosas de Guadua Laminada fabricada durante el proyecto	108

RESUMEN

TITULO

TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO A LA GUADUA (*bambusa guadua*) PARA LA PRODUCCION DE BALDOSAS POR EL METODO DE LAMINADO PEGADO*

GALVIS RODRIGUEZ, Paola Andrea
RODRIGUEZ GOMEZ, Sergio Enrique**

PALABRAS CLAVES

Laminados, Guadua, Adhesivos, Resistencia Mecánica, Pisos,

En este proyecto se efectuó una propuesta novedosa de utilizar la guadua de forma maciza, para componer productos estructurales como pisos y paneles con la ayuda de pegantes. Estos productos son conocidos en el mundo de la madera como "laminados" y cuentan con una creciente demanda mundial. Utilizando tablillas o también llamadas "latas" de guadua, cortadas desde la base con una sierra sencilla, se desarrolla una propuesta de producto, describiendo todo el proceso técnico y científico.

El trabajo se basó en la conversión de 2 guaduas de aproximadamente 7,5 metros cada una a tablillas, de donde se obtuvieron las probetas con las que se pudo llevar a cabo el estudio de humedad, secado, densidad, inmunización, resistencia mecánica, selección del adhesivo y elaboración del piso con lo cual se determinaron resultados positivos tanto en el diseño del producto, su proceso y los valores en las propiedades físicas y mecánicas.

Finalmente se concluye que la utilización del laminado de guadua es viable para la elaboración de elementos constructivos estructurales como lo son los pisos, convirtiéndose en una buena alternativa para la sociedad contemporánea con alto valor agregado en términos de creatividad y tecnología incorporada y con una gran aplicabilidad en todos los campos de la arquitectura.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Director: Nelson Gualdrón Parra. Químico.

ABSTRACT

TITLE:

TREATMENT FISICO-QUIMICO TO the BAMBOO (*bambusa guadua*) FOR THE PRODUCTION OF FLOOR TILES BY THE METHOD OF STUCK LAMINATE.*

GALVIS RODRIGUEZ, Paola Andrea
RODRIGUEZ GOMEZ, Sergio Enrique**

KEY WORDS:

Laminateds, Bamboo, Adhesives, Mechanical Resistance, Floors,

In this project a novel proposal took place to use bamboo of massive form, to compose structural products like floors and panels with the aid of pegantes. These products are known in the world of the wood as "laminated" and count on an increasing world-wide demand. Using "broad" called small boards or also of guadua, cut from the base with a simple mountain range, all the technical and scientific process is developed to a product proposal, describing.

The work was based on the conversion of 2 bamboos of approximately 7.5 meters each one to small boards, from where the test tubes were obtained with which the humidity study could be carried out, drying, density, immunization, mechanical resistance, selection of the adhesive and elaboration of the floor with which positive results in the design of the product, its process and the values in the physical and mechanical properties were determined as much.

Finally one concludes that the use of the laminate of guadua is viable for the elaboration of structural constructive elements as they are it the floors, becoming a good alternative for the contemporary society with high value added in terms of creativity and built-in technology and with a great applicability in all the fields of the architecture.

* Degree of Project

** Science of Faculty, School of Chemistry, Director: Nelson Gualdrón Parra. Chemistry.

INTRODUCCION

La guadua es una de las especies maderables activas que posee el país con grandes posibilidades económicas por su rápido crecimiento y diversidad de usos. Se le ha conocido como la madera de los pobres sin embargo es un material casi insustituible en el proceso de construcción de edificios, construcciones menores, cercas, elaboración de muebles, artículos de uso domestico, artesanías, pulpa para papel y otros.

En tiempos no muy lejanos las regiones de Quindío, Risaralda, valle geográfico del río Cauca, algunas zonas del Huila se hallaban cubiertas por una extensa y espesa vegetación de guadua, que fue desapareciendo gradualmente ante el avance colonizador de blancos, los que fueron sometidos a una fuerte explotación y/o destrucción para dedicar los terrenos a producción de café, caña y otros cultivos, y por ende conociéndose actualmente muy poco sobre esta útil planta.

Las construcciones con madera han hecho parte de la cotidianidad del hombre en el transcurso de la historia, sin embargo esta siendo relegada a segundo plano.

La madera de los árboles, por lo general, solo se utiliza en la fabricación de muebles y con fines estructurales, una vez que estos hayan alcanzado su completo desarrollo, lo que puede tomar entre 15 y aun hasta los 100 años de acuerdo con la especie y hábitat.

La guadua, a diferencia de los árboles, adquiere su máximo desarrollo en menos de un año, después de haber brotado de la superficie. Terminado su desarrollo se inicia su maduración o sazónamiento que en la mayoría de las guaduas alcanza su máximo grado entre los 3 y los 6 años.

Entre los 3 y los 5 o 6 años, aproximadamente, la guadua adquiere su máxima resistencia por lo cual se aprovecha durante este periodo en la construcción o en la fabricación de productos que requieren

un material mas duro y resistente. Después de los 6 años la resistencia de la guadua comienza a declinar a medida que el tallo se va secando, y su rizoma se vuelve improductivo.

De lo anterior se deduce que toda persona que en una u otra forma utilice la guadua ya sea en artesanía, en construcción, en fabricación de papel o en otros propósitos; debe tener suficiente conocimiento sobre el cultivo de esta planta para que le permita obtener su máximo aprovechamiento de acuerdo a su aplicación.

En los últimos años con ayuda de la moderna tecnología se han logrado en el Japón nuevas aplicaciones de la guadua en la elaboración de diversos y extraordinarios materiales de construcción obtenidos en su mayoría por transformación de la guadua. Entre ellos, los mas sobresalientes son: celosías decorativas, baldosas para pisos, chapas y paneles contrachapeadas, laminas decorativas, baldosas tejidas de guadúa que en general tienen gran aplicación en los diferentes campos de la construcción.

El laminado de madera se presenta como una alternativa, mostrando la posibilidad de ajustar la madera a los tamaños y formas en las que le sean requeridas dando solución a las desventajas mostradas por la madera con respecto a otros materiales.

La propuesta del laminado de guadua para uso en pisos nace como una opción de presentar un elemento en menor impacto ambiental disminuyendo el uso indiscriminado de los bosques tropicales, además su industrialización generaría ingresos a la economía colombiana.

El presente trabajo busca hacer un acercamiento a las posibilidades estructurales de los laminados de guadua especialmente baldosas de guadua laminada, aplicando la tecnología que se ha desarrollado para el laminado pegado de madera y de algunas guaduas y utilizando una especie nativa de Colombia como la guadua *Angustifolia kunt*, para fabricar los elementos componentes de una estructura reticulada. Para esto se hace necesaria una evaluación del sistema estructural mirando en conjunto el material, la tecnología y el sistema evaluando desde el punto de vista constructivo y estructural pero también desde el punto de vista de la aplicación y el beneficio.

Mediante la documentación acerca de los materiales y los procesos, es preciso proponer un sistema y una aplicación, que se evalúan los criterios ya señalados.

Del resultado de esta evaluación se pueden adoptar criterios que permitan avanzar con el desarrollo de la tecnología propuesta y del material, con miras a tener una herramienta de diseño que permita soluciones arquitectónicas creativas, y que den respuesta a una arquitectura con un lenguaje propio, atendiendo las exigencias del mundo contemporáneo.

1. MARCO DE ANTECEDENTES

Como material la guadua (*Bambusa guadua*) siempre ha estado en la arquitectura popular de la cultura Colombiana y de gran parte de Latinoamérica y Asia, encontrándose referencias milenarias de su uso. Recientemente ha crecido el auge de la arquitectura en este material en obras de reconocida importancia alrededor del mundo. Como tecnología constructiva, el laminado pegado de madera, tiene una larga tradición en los países industrializados en donde comenzó a ser utilizada a principios del siglo XX, acrecentándose su uso en los últimos años (siglo XXI).

La tecnología del laminado pegado utilizando guadua se ha usado desde hace varios años en la fabricación de artesanías, utensilios, baldosas para pisos parquet, divisiones internas de habitación entre otros productos. Recientemente el aumento de la demanda, y los adelantos en maquinaria, insumos y procesos han dado origen a una industria de productos laminados pegados utilizando guadua, para la fabricación de diferentes tipos de productos como molduras, perfiles para puertas, listones para pisos, tableros contrachapados y muebles. Esta industria se ha desarrollado especialmente en países asiáticos como Filipinas, China, India e Indonesia. Últimamente esta creciente industria ha llegado a países de Latinoamérica como Ecuador, Costa Rica y Colombia, en donde se ha utilizado guadua angustifolia kunt y la tecnología traída de países como Asia.¹

El arquitecto Colombiano Oscar Hidalgo publicó en 1975 resultados de ensayos de laboratorio realizados por H.E. Heck, a elementos de guadua laminada pegada, efectuados en 1954, además fabricó probetas con guadua, que fueron ensayadas por Peter Kock en los Estados Unidos, posteriormente en 1990 fabricó un prototipo de sillas con elementos de guadua laminada pegada y propuso vigas doble T fabricadas con tableros contrachapados de madera y guadua laminada pegada. En Alemania el profesor Dieter Sangler, realizó ensayos con elementos de mayor área de

¹ BURNEO CALISTO, Marcelo. La industria de molduras, pisos y laminados de caña guadua y bamboo en el Ecuador. I seminario Bamboo. 2001

sección transversal para cubrir grandes luces, eliminando los nudos y con tablillas de sección reducida.²

En la actualidad la guadua se usa con muy pocas transformaciones, ya que no cambian de manera considerable su forma redondeada natural.

En otros países como Filipinas e Indonesia, se han hecho experimentalmente bloques para vigas y columnas con laminado pegado de guadua. En Costa Rica el centro de investigación en vivienda y construcción (CIVCO), realizó investigaciones con paneles estructurales, utilizando guadua angustifolia kunt.³

En Colombia según la investigación dirigida por la ingeniera Anacilia Arbelaez Arce en el año 2001⁴, la investigación sobre las posibilidades estructurales de los laminados en guadua, no ha sido muy explorada, allí se registran algunas aproximaciones hechas en la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, en donde se han desarrollado, investigaciones como trabajo de grado sobre elementos estructurales como armaduras, en (1981, simadas con tablillas de guadua),⁵ correas en celosías tridimensionales, (en 1982, utilizando también tablillas de guadua),⁶ y paneles estructurales ensamblados con perfiles de aluminio (en el año 2000, los marcos y tableros fueron hechos con tablillas de guadua)⁷

En Latinoamérica la Empresa Forestal Esmeraldeña (FORESA) es la primer empresa que en Ecuador, comenzó ha fabricar listones para pisos y enchapes con guadua angustifolia kunt laminada

² HIDALGO LOPEZ, Oscar. Bambú, su cultivo y aplicaciones en la fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanías. Bogotá: Estudios Técnicos Colombianos, 1974. 318 p.

³ International Network for Bamboo and Rattan, Bamboo Panel Board a State of the Art Review. 1999

⁴ ARBELAEZ ARCE, Anacilia. Evaluación de las investigaciones sobre el recurso Guadua (Guadua Angustifolia Kunt) realizadas en Colombia / Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2001. Medellín

⁵ CARVAJAL CAMINOS, William Roberto; ORTEGON CRIOLLO, William Oswaldo y ROMERO ANTURY, Carlos Julio. Elementos Estructurales en Bambú. Bogotá, 1981. 91 p. Trabajo de grado (Ingeniero Civil) Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería.

⁶ CARRASCO RODRIGUEZ, José Isaac; JUNCO LOPEZ, Jairo Roberto y QUIROGA PARRA, José Joaquín. Correas en Celosía tridimensionales armadas en latas de Guadua de Castillo. Bogotá, 1982, p.15-18. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería.

⁷ DELGADO OSORIO, Claudia Patricia. Paneles estructurales con láminas de Guadua. Bogota, 2000, p.25-30. Trabajo de grado (arquitectura). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes

pegada y existen varios proyectos de producción de empresas como Bambua y Panda Bambú que actualmente solo importan pisos de Asia.⁸

A nivel nacional la empresa Multiservicios Integrales Agropecuarios (MIA) ha elevado el valor agregado de sus exportaciones de guadua, mejorando su maquinaria existente para producir volúmenes grandes de tablillas de guadua.⁹ La fundación para el desarrollo del Quindío, ha elaborado un proyecto para el montaje de una planta procesadora de guadua para pisos, paneles y molduras que demuestra los beneficios de la industrialización de la guadua.¹⁰

⁸ LONDOÑO PAVA, Ximena. La Guadua un Bambú importante de América. En: I seminario Bambú 2001. Guayaquil. Ecuador.

⁹ ARIAS YOUNG, Álvaro. Economía y rentabilidad de los cultivos de Guadua. En: Simposio sobre usos y servicios de la Guadua. 2001. Armenia. Colombia.

¹⁰ VELASQUEZ ECHEVERRI, Luis Fernando. Fundación para el desarrollo del Quindío: Montaje de una planta procesadora de Guadua para pisos, paneles y molduras. En: Simposio sobre usos y servicios de la Guadua. Armenia. Colombia.

2. MARCO TEORICO

2.1 LA GUADUA

2.1.1 Generalidades. Es una gramínea de tallo leñoso, que se presenta como intermedia entre las maderas y las plantas fibrosas su nombre científico es *bambusa guadua*; pertenece a la familia de las gramíneas. La guadua como todo bambú, no posee corteza, pero a su vez tiene una epidermis dura y cutinizada, cubierta con una capa cerosa que la hace impermeable y evita la evaporación del agua que contienen sus paredes. Estructuralmente la guadua esta constituida por un sistema de ejes vegetativos segmentados, que forman alternamente nudos y entrenudos, que varían en su morfología según que correspondan al rizoma, al tallo o a las ramas. Tanto los nudos como los entrenudos varían también de una especie a otra, particularmente en los tallos, facilitándose por este medio su clasificación.¹¹

Fotografía 19. Guadual.



¹¹ Reproducción y Cultivo de la Guadua. En: Revista Esso Agrícola. Vol. 24, No. 2 (1982); p.12-14.

2.1.2 Partes de la guadua.

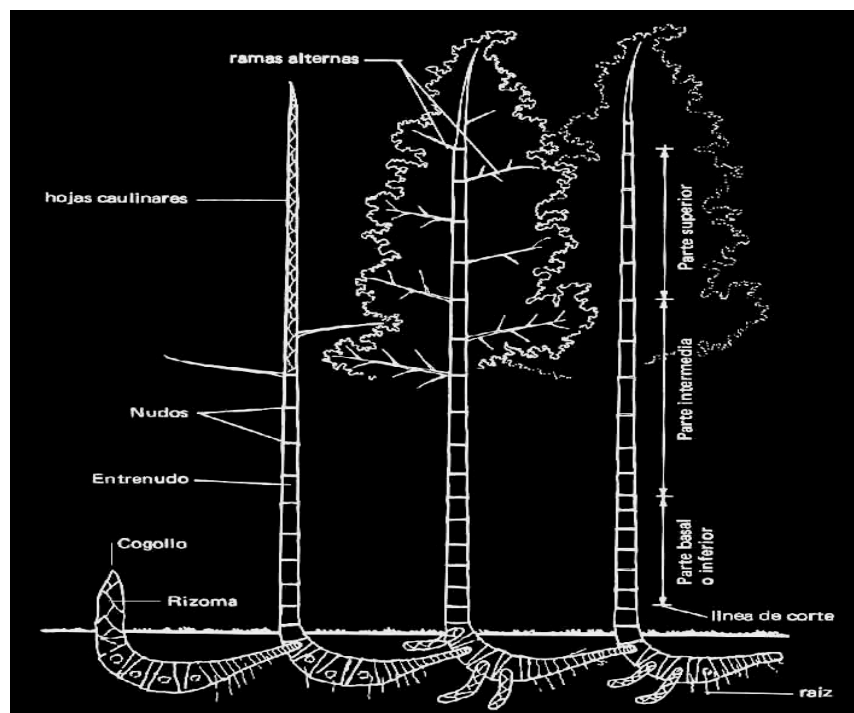
2.1.2.1 Raíces. El sistema radicular está conformado por raíces adventicias y fibrosas, y por los rizomas que corresponden a modificaciones del tallo, en su conjunto son fuertes, abundantes y de la activación de las yemas se generan nuevos rizomas y por ende nuevos tallos.

El rizoma tiene una gran importancia, no solo como órgano en el cual se almacenan los nutrientes que luego distribuye a las diversas partes de la planta, sino como un elemento básico para la propagación de la guadua, la cual se efectúa asexualmente por ramificación de los rizomas. Esta ramificación se presenta en dos formas diferentes con hábitos de crecimiento también diferentes, lo que permite clasificarlos en dos grandes grupos principales los cuales son paquimorfo y leptomorfo y uno intermedio que es el anfipodial. Las guadúas de tipo paquimorfo se distinguen por que sus tallos aéreos se desarrollan en el espacio en forma aglutinada, formando manchas; en cambio en los de tipo leptomorfo los tallos se presentan en forma aislada o difusa. En las guaduas de tipo anfipodial o intermedio, que son pocos, los rizomas presentan una ramificación combinada de los dos grupos principales.

2.1.2.2 Culmo-Tallo. Los tallos de la guadua se caracterizan por tener forma cilíndrica y entrenudos huecos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le imparten mayor rigidez, flexibilidad y resistencia. Sin embargo, existen pocas especies cuyos tallos toman formas muy curiosas, como el llamado concha de tortuga. Otra especie tiene tallos con entrenudos aplanados por lo cual se le denomina bambú cuadrado de china. Los tallos difieren según la especie en altura, diámetro y forma de crecimiento. Algunos son tan pequeños que solo tienen unos pocos centímetros de altura unos cuantos milímetros de diámetro. Otros no pasan de ser simples arbustos y los mas grandes que llegan a tener hasta 40 metros de altura (120 pies), y diámetros hasta de 30 cm. en promedio⁷. Debido a su tejido delicado, el tallo esta protegido con brácteas u hojas de forma triangular que lo recubren, las cuales se originan en cada uno de los nudos que se van formando. Estas brácteas tienen una gran importancia en la clasificación e identificación de las guaduas. Una vez que el bambú brota del suelo, lo hace con el máximo diámetro que tendrá de por vida es decir, este no

aumentara y por lo contrario disminuirá proporcionalmente con la altura. Inicialmente el crecimiento del tallo es muy lento entre los 60 y 90 centímetros de altura pero luego gana velocidad hasta completar la altura máxima de su especie o proporcional a su diámetro, posteriormente el tallo no crecerá mas en altura iniciándose luego el desarrollo y crecimiento de sus ramas y hojas. Terminada la formación de sus hojas, se inicia el periodo de sazónamiento o de maduración que por lo general alcanza su máximo grado entre los 3 y los 6 años. Inicialmente la guadua es muy blanda y poco resistente pero a medida que transcurre su periodo de madurez, estas propiedades van aumentando gradualmente hasta llegar a su límite máximo después de los 3 años.¹²

Figura 1. Partes de la Guadua.



¹² La Guadua. Ministerio del Medio Ambiente: Corporación Autónoma Regional del Risaralda. Pereira, Colombia: Botero Gómez. 16 p.

2.1.2.3 Hojas caulinares. Estas hojas son órganos foliares modificados, protegen al culmo-tallo en su crecimiento, mientras éste las conserva se denomina brote o renuevo. Son triangulares, de consistencia fuerte, presentan pubescencia en la parte externa y su interior es lustroso, sus dimensiones dependen de la parte donde se ubiquen.

2.1.2.4 Hojas del follaje. Las hojas de las ramas son lanceoladas alternas y simples, su longitud varía entre 8 y 20 cm. y su ancho entre 1.5 y 3.5 cm. Por el envés presenta pubescencias blanquecinas esparcidas.

2.1.2.5 Flores. El culmo una vez emerge del suelo lo hace con el máximo diámetro. Un tallo adulto tiene una altura entre 18 y 22 mt. Es leñoso, recto, y ligeramente arqueado en la punta, formado por nudos y entrenudos huecos. De acuerdo a su variedad o forma presentan características especiales, (distancia entre nudos, diámetro, espesor de las paredes, color, entre otros). La Guadua, contrario de lo que se cree, sí florece, lo hace aproximadamente cada 6 meses, en inflorescencias (flores imperfectas) dispuestas en panículas pequeñas en los extremos de las ramas, son poco vistosas, de color rosado claro y además bisexuales.

2.1.2.6. Semillas. Son espigas que aparecen en los extremos de las ramas, se asemejan a un grano de arroz en su forma, tamaño y cubierta, tienen una viabilidad baja (tiempo en que la semilla está apta para germinar) y un porcentaje de germinación alto

2.1.2.7 Yemas. Las yemas se presentan en tallos, ramas y rizomas lo que facilita su propagación vegetativa.

2.1.3 Forma propagación. La guadua puede reproducirse por medio de:

Reproducción sexual o por semilla: la reproducción sexual se da cuando germina una semilla (espiga) que ha sido esparcida ya sea de forma natural o con intervención del hombre. Este tipo de reproducción es bastante deficiente, por tal motivo es la menos común. La floración de los guaduales

es esporádica con intervalos de tiempo entre 20 y 25 años, la mayoría de sus semillas no son fructíferas, la formación del rizoma es lenta y las plántulas débiles lo que reduce el porcentaje de germinación de las semillas al 15% aproximadamente.

Reproducción asexual o vegetativa: la reproducción asexual es la más utilizada y la más recomendada. En la reproducción asexual no existe la unión o apareamiento de células que de origen a un nuevo individuo, esto se da mediante un proceso fisiológico en el cual el tallo, las raíces, las hojas o alguna parte activa de la planta da lugar a nuevos individuos dentro de la reproducción asexual tenemos: Transplante directo, Rizoma y parte de tallo, Rizomas sin Tallo, Segmentos de Tallo, Segmentos de tallo con agua, Rientas laterales, Invitro, Por Chusquines.

2.1.4 Condiciones ecológicas de la especie. Todos los organismos vivos tienen una gran relación con el ambiente que lo rodea y cada planta se adapta mejor al sitio que se acomoda a las condiciones favorables.

En el cultivo de la guadua como en cualquier otra planta, existe una serie de factores de orden ecológico que es necesario tener siempre presente para el establecimiento exitoso de la plantación, ya sea con fines industriales o solamente ornamental; estos son climáticos o aun selváticos, especialmente en lo que se refiere a la vegetación alta y baja que generalmente circunda las especies nativas.¹³

¹³ Guadua y Madera: Una tradición constructiva. Comité Departamental Cafeteros del Quindío.

Tabla 1. Condiciones de Siembra.

Donde sembrar	
Altitud	400 a 2000 m.s.n.m
Temperatura	18 C a 26 C
Precipitación	Superior a 1300 milímetros por año
Humedad relativa	80%
Suelos	Areno-limosos, arcillosos, sueltos profundos, bien drenados y fértiles.
Como sembrar	
Distancia de siembra	5 x 5 metros
Plateo	1.5 metros
Hoyo	40 x 40 centímetros

Tabla 22. Ciclo Biológico.

Crecimiento	Como recurso forestal la guadua crece rápidamente (promedio de crecimiento durante los primeros 120 días es de 10 cm. por día. Obtiene su altura definitiva a los 120 días).
Aprovechamiento	Las condiciones anteriores permiten gran nivel de aprovechamiento en tiempo reducido (madura entre 4 y 5 años) lo que significa una inversión rentable y un ingreso económico sostenible.
Maduración y dureza	La madera se va endureciendo a medida que la especie se desarrolla y llega a convertirse en una estructura que ya madura o hecha, soporta alturas de más de 200 veces su diámetro.

2.1.4 Aprovechamiento de la guadua.

2.1.4.1 Corte. Alcanzada la edad de sazonomiento óptimo que se da entre los tres y cinco años, las guaduas están listas para su uso en la construcción. Una vez determinados los tallos maduros, se procede a cortarlos entresacados, a una altura aproximada de 15 cm. a 30 cm. del suelo, por la parte inmediatamente superior del nudo, de manera que el agua no forme depósito y evitar que el rizoma se pudra. El corte debe ser lo más limpio posible, para lo cual deben utilizarse machetes. Lo que las hace más resistentes a los ataques de insectos.

2.1.4.2 Curado. Puede realizarse con diferentes métodos:

Curado en la mata. Los tallos cortados se dejan recostados verticalmente contra el guadual, aislándolos del suelo por un lapso de cuatro a ocho semanas.

Curado por inmersión. Se sumergen los tallos en agua, una vez cortados por un tiempo no mayor a cuatro semanas. Aun cuando se reduce considerablemente el ataque de insectos, el tallo se torna más liviano y quebradizo.

Curado por calentamiento. Los tallos recién cortados se rotan sin quemarlos sobre fuego, a cielo abierto.

2.1.4.3 Secado. Para prevenir el ataque de hongos e insectos, mejorar las condiciones de aplicabilidad de los preservantes, reducir el peso de las piezas y hacerlas más fáciles en su manipulación, es necesario reducir el contenido de humedad de los tallos, hasta alcanzar el 10% o el 15%. Respecto al secado natural, los tallos se apilan horizontalmente, bajo cubierta, protegidos del sol y la lluvia por un lapso de tiempo, a fin de alcanzar la humedad requerida. La duración del secado al aire libre depende de factores climáticos (temperatura, humedad relativa y velocidad del aire) y de las características propias de las guaduas, (espesor de pared, contenido de humedad, edad, posición del tramo con respecto a la longitud y sitio), por lo que no se puede estimar con

exactitud un proceso normalizado; se podría decir que en época de verano seco, el tiempo de duración del secado puede ser de cuatro meses y en invierno llegar hasta seis meses o más para conseguir un resultado del contenido de humedad en equilibrio.

El secado artificial de los tallos puede hacerse en estufas o cámaras cerradas, similares a las que se utilizan para madera aserrada, o a fuego abierto, mediante la localización horizontal de las piezas a una distancia aproximada de 50 cm. de los carbones de maderas encendidas, cuidando de girar continuamente los tallos a fin de conseguir un secado uniforme.¹⁴

2.1.5 Propiedades físicas de la guadua. Las propiedades de la guadua dependen, del crecimiento, edad, contenido de humedad, clases de terreno y distintas partes del tronco.

2.1.5.1 Humedad. La guadua contiene agua de constitución, inerte a su naturaleza orgánica, agua de saturación, que impregna las paredes de los elementos leñosos, y agua libre, absorbida por capilaridad por los vasos y traqueidas.

Como la guadua es higroscópica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodee a la guadua, hasta conseguir un equilibrio, diciéndose que la madera esta secada al aire.

La humedad de la guadua varía entre límites muy amplios. En la guadua recién cortada oscila entre el 70 y 90 por ciento, y por imbibición puede llegar hasta el 250 y 300 por ciento. La guadua secada al aire contiene del 10 al 15 por ciento de su peso de agua, y como las distintas mediciones físicas están afectadas por el tanto por ciento de humedad, se ha convenido en referir los diversos ensayos a una humedad media internacional de 15 por ciento.

¹⁴ STOTO S, Herbert E y VALENCIA E, Henry. La Guadua / Corporación Regional Autónoma "Gramsa". (abr. 1981). Manizales

En la medición de la humedad de una probeta de guadua, se toma su peso en estado inicial y luego se somete a secado en horno a $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ hasta que alcance un peso constante. El contenido de humedad se calcula por la fórmula:

$$H = (P - S) / S * 100$$

Donde:

H: contenido de humedad como un porcentaje del peso seco.

P: peso de la muestra en el momento de la prueba

S: peso de la muestra secada al horno.

2.1.5.2 Densidad. La densidad de la guadua expresa la relación entre la masa de los distintos tipos de elementos que forman la madera y el volumen que ellos ocupan. Como la guadua es un material poroso, debe considerarse al referirse a la densidad de la guadua el volumen interno de espacios vacíos existentes.

El contenido de humedad de la guadua influye sobre la relación guadua - volumen, es decir, es afectado el peso y las dimensiones de la guadua. Por ello se conocen distintos tipos de densidad, entre ellas destacan la densidad real y la densidad aparente.

La densidad aparente varía no solo de unas especies a otras, sino aún en la misma con el grado de humedad y sitio del tallo, y para hallar la densidad media de un tallo hay que sacar probetas de varios sitios.

Como la densidad aparente comprende el volumen de los huecos y los macizos, cuanto mayor sea la densidad aparente de una guadua, mayor será la superficie de sus elementos resistentes y menor el de sus poros.

Las guaduas se clasifican por su densidad aparente en:

- Pesadas, si es mayor de 0.8.
- Ligeras, si esta comprendida entre 0.5 y 0.7.
- Muy ligeras, las menores de 0.5.

2.1.5.3 Contracción e Hinchamiento.

La guadua cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la dirección axial o de las fibras, no pasa del 0.8 por ciento; de 1 a 7.8 por ciento, en dirección radial, y de 5 a 11.5 por ciento, en la tangencial.

La contracción es mayor en la albura que en la parte interna, originando tensiones por desecación que agrietan y alabean la guadua.

El hinchamiento se produce cuando absorbe humedad. La guadua sumergida aumenta poco de volumen en sentido axial o de las fibras, y de un 2.5 al 6 por ciento en sentido perpendicular; pero en peso, el aumento oscila del 50 al 150 por ciento. La guadua aumenta de volumen hasta el punto de saturación (20 a 25 por ciento de agua), y a partir de él no aumenta más de volumen, aunque siga absorbiendo agua. Hay que tener muy presente estas variaciones de volumen en las piezas que hayan de estar sometidas a oscilaciones de sequedad y humedad, dejando espacios necesarios para que los empujes que se produzcan no comprometan la estabilidad de la obra.

2.1.6 Preservantes de la guadua. Para el tratamiento de la guadua, según el medio de disolución de los preservantes se diferencian dos grupos:

2.1.6.1 Preservantes oleosolubles. Tales como: creosota alquitranada, creosota alquitranada libre de cristales, aceite de antraceno, creosota obtenida por la destilación de la madera, aceite y vapor de agua, soluciones de creosota, nafteno de cobre.

2.1.6.2 Preservantes hidrosolubles. Son sales disueltas en agua y que entre sus ingredientes activos están: cloruro de zinc, dicromato de sodio, cloruro de cobre, cromato de zinc clorado, ácido bórico, bórax, sulfato de amonio, fluoruro de sodio, sulfato de cobre.¹⁵

2.1.7 La guadua y sus aportes al ambiente.

La Guadua es una planta, que aporta múltiples beneficios para el ambiente; sus productos cuando son empleados como elementos integrales de la construcción de viviendas funcionan como reguladores térmicos y de acústica, aspectos estos que dentro de la Arquitectura contemporánea tiene una marcada relevancia; por otro lado, el rápido crecimiento y desarrollo de la Guadua le permite, aportar al suelo entre 2 y 4 ton /ha/año de biomasa, que constituye entre el 10 y el 14% de la totalidad de material vegetal que se genera en un guadual y que es importante, ya que contribuye a enriquecer y mejorar la textura y estructura del suelo.

En el ambiente y en especial en el suelo los rizomas y hojas en descomposición, conforman símiles de esponjas, evitando que el agua fluya de manera rápida y continua, con lo cual se propicia la regulación de los caudales y la protección del suelo a la erosión.

El agua proveniente de la precipitación que cae sobre el guadual, permanece mucho tiempo en el, toma diversos caminos y demora mas tiempo en caer al suelo e infiltrarse, dando como resultado la "Regulación de Caudales", ya que si la misma cantidad de agua se precipitará sin obstáculos ocasionaría crecidas súbitas y no se formarían reservas que son empleadas dentro del sistema cuando se requiere, especialmente en épocas de verano.

Entre los aportes mas valiosos de este Ecosistema, se debe mencionar su comportamiento como una bomba de almacenamiento de agua, cuyo funcionamiento es el principio de "Vasos Comunicantes", donde en épocas húmedas absorbe importantes volúmenes de agua que almacena en las cavidades porosas del suelo, (muy abundantes por cierto), en su sistema rizomático y en los

¹⁵ La Guadua: Un regalo de la naturaleza / Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Boletín No. 72 (ago. 1990)

entrenudos del tallo. Se ha determinado, que una hectárea de Guadua puede almacenar hasta 30.000 litros de agua, es decir, el agua para abastecer hasta 150 personas por día.

2.1.8 Los guaduales como secuestradores de carbono.

Debido al dinamismo y las altas tasas de renobabilidad que se sucede en los guaduales en el espacio y en el tiempo, estos generan acelerados procesos fotosintéticos que propician el intercambio gaseoso entre carbono atmosférico y oxígeno; gran parte del carbono que es producto de este intercambio, es asimilado y/o almacenado para luego ser convertido en materia prima o en su defecto almacenado en el suelo. En síntesis la función que cumple el guadual es eliminar mediante su captura Dióxido de Carbono (CO₂) que se encuentre en exceso en el ambiente, lo traslade a su ciclo biológico y lo retenga durante determinado periodo de tiempo dentro de su composición estructural sea la horizontal o vertical.

2.1.9 Otras bondades de la Guadua.

- Tiene más resistencia a la tensión en libras por pulgada cuadrada que el acero.
- La Energía y el agua que se necesitan para cultivar la guadua es solo una fracción de lo que necesitan los materiales de construcción, como: acero y cemento.
- La guadua crece extremadamente rápido, una planta alcanza su madurez en cinco años.
- El éxito de la guadua en construcción ha sido demostrado en el departamento de Caldas, en donde edificaciones de tres pisos, construidas hace más de un siglo, están aún en pie.
- La guadua es un recurso renovable.
- Es barata y dura mucho tiempo.
- La guadua también actúa como una excelente tubería de desagüe que puede sustituir a la tubería de PVC.
- Es una base de combustibles renovables.
- La guadua produce 72.000 litros de combustible de alcohol por hectárea plantada.
- Además, los Japoneses han convertido los cogollos del bambú en un alimento exquisito.

2.2 PISOS EN GUADUA LAMINADA

2.2.1 Proceso de producción. Según el informe 'Pisos de Guadua: Productividad, Tecnología y Desarrollo, una mezcla perfecta para el desarrollo del país'¹⁶ el componente básico para los laminados se obtiene de la parte gruesa del tallo de guadua (cepa, basa y sobrebasa), es decir de los primeros 8 a 12 metros de tallo.

Se hace una preselección de las guaduas las cuales son llevadas a la planta donde se realizara paso a paso el proceso. No es necesario que la guadua este totalmente seca para empezar el proceso ya que durante el mismo se hace un proceso de deshidratación. El primer proceso que se le realiza a la guadua es el cálculo del número de tablillas que podrán ser extraídas de cada guadua teniendo en cuenta el radio exterior y el interior de la misma.

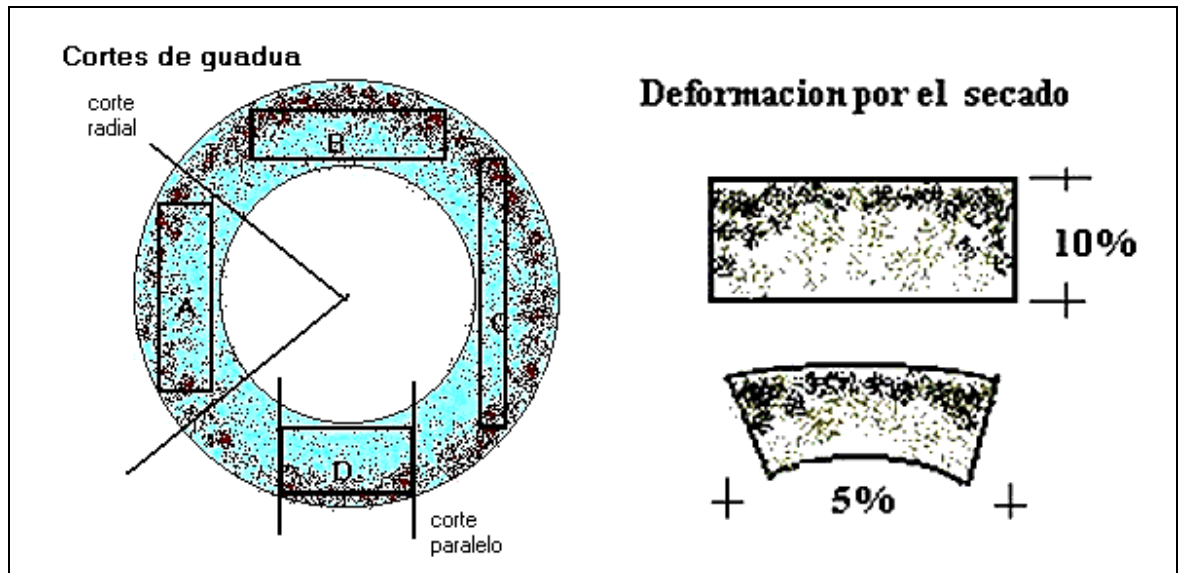
Luego se realiza el corte a lo largo de las guaduas por las señales previamente elaboradas, obteniendo así las lajas que luego serán convertidas en tabletas. El área transversal de estas lajas aun es circular.

Las partes oscuras de la Figura No 2 indican los lugares donde las fibras tienen una mayor dureza, a partir de esto se puede evaluar que tipo de corte hacer dependiendo de las necesidades del cliente o el fin que tendrá el material.

La guadua tiene un 38% más de dureza que el roble rojo, un 13% más que la madera de arce, y también se ha verificado que es un 50% más estable, con menos dilatación y contracción que el roble rojo

¹⁶ Ana María Cárdenas P., Andrés Mesa B., Manuel del Corral R. Artículo: 'Pisos de Guadua: Productividad, Tecnología y Desarrollo, una mezcla perfecta para el desarrollo del país'. 2004.

Figura 2. Cortes y deformación de la Guadua.



Luego de tener las lajas se recomienda hacer el proceso de secado, ya que la deformación en este punto es del 5 % mientras que si se hace cuando se ha llegado a la tablilla puede ser hasta del 10 %. Este proceso puede durar 30 días si se hace al aire libre o de 4 a 5 días en equipos especiales. Si se desea inmunizar la laja se debe hacer antes del secado. Después del proceso de secado se realiza el cepillado de cada laja para así formar la tablilla del tamaño que se requiere. Lo que normalmente se hace es una tableta formada a partir de pequeñas tablillas que se pegan con la ayuda de un aglomerado aplicando presión. La carga que se hace para aglomerar el material depende tanto del tamaño de tablilla como del aglomerado utilizado, siempre teniendo en cuenta un balance costo-beneficio. En pruebas desarrolladas en el Sena de La Madera (Itagui) se aplican cargas hasta de 8kg/cm².

El mercado de los pisos de bambú tiene como especial apreciación el color "beige claro", que no ofrece ninguna otra madera tropical dura. Este color se homogeniza con un proceso de blanqueamiento con peróxido de hidrógeno, cocinándolo en un tanque durante una o hasta dos horas. Este tratamiento también ablanda las fibras y libera tensiones dentro de las tablillas, que

permiten una mayor densidad en el prensado final y descomponen el almidón. La desventaja del tratamiento con H_2O_2 , independiente del costo por la evaporación del reactivo y la oxidación de los hierros cercanos a las calderas (en cemento), es el impacto sobre las paredes de las células. La celulosa se degenera, probablemente hay menos resistencia y adherencia al pegante aplicado.

La carbonización es el efecto contrario al blanqueamiento. En una olla de presión se tratan las latillas de guadua con vapor caliente de $150^{\circ}C$ durante 30 minutos. El efecto es un color café y una homogenización del aspecto. También se ablanda la fibra por el vapor, aunque la dureza después del secado es mayor. Ambos tratamientos son pasos costosos, no solamente por el procesamiento, sino por la necesidad de otro secado posterior

La fabricación de tabletas macizas usando las tablillas obtenidas de las categorías A, B C, y D, mostradas en la figura 2 que ilustra los diferentes tipos de corte, es muy sencilla y puede generar buenos ingresos para cualquier taller de carpintería, que cuente con buena parte de la maquinaria tradicional y una inversión adicional mínima¹⁷

¹⁷ BASTIDAS, Lucy Amparo y FLORES, B. Edgar. Uso del Bambú en viviendas para estratos medios. El Bambú como material estructural de losa de entrepiso. En: seminario guadua en la reconstrucción. (1° : 2000 : Armenia). Memorias del seminario guadua en la reconstrucción. Armenia: 2000. p. 33.

3. METODOLOGIA

3.1 PRE-SELECCIÓN Y CORTE

La materia prima (guaduas) para el desarrollo de este proyecto se consiguió en la finca Villa Sofía, ubicada a 3 kilómetros del municipio de Piedecuesta, estas guaduas fueron obsequiadas por parte del propietario de dicha finca.

La pre-selección de las guaduas se realizó un día antes del corte, se escogieron aquellas que presentaron manchas de color blancuzco en su corteza lo cual fue un indicador de la edad promedio correspondiente de éstas, ya que estas manchas empiezan a aparecer durante los primeros tres años de edad de las guaduas, también se tubo prioridad por aquellas que presentaron como mínimo 15 cm. de diámetro en la base, con esta medida la guadua tendrá un espesor de pared de 1 cm. en promedio, lo cual es la medida mínima requerida para el trabajo. Y como último parámetro de selección se escogieron los tallos más rectos hasta los primeros 8 m de altura que corresponden a la basa y sobrebasa.

A las guaduas seleccionadas se les hizo una limpieza a su alrededor, quitando las posibles interferencias (malezas o pequeños arbustos) que pudieran perturbar el buen corte de estas y además se les colocó una cinta reflectiva para poder encontrarlas fácilmente en la oscuridad.

El corte se hizo lo más limpio y transversalmente posible empleando un machete y una segueta bien afilados, esto por encima del primer nudo del tallo de la guadua evitando así daños en el rizoma, después de cortados se bajó el tallo y se colocó sobre una roca de tal manera que este quedara alejado de la humedad del suelo.

El corte de los tallos se efectuó en la madrugada y en luna menguante como lo indican las tradiciones de los campesinos familiarizados con guadua, ya que de esta manera se obtienen tallos con menor contenido de humedad y menores concentraciones de carbohidratos y por lo tanto más

resistentes a los ataques de los hongos y agentes xilófagos, este corte se llevó a cabo por los autores del proyecto.

3.2 CURADO.

Después de cortar los tallos se comenzó con el proceso de curado, para garantizar mayor durabilidad y disminuir la vulnerabilidad frente a insectos Xilófagos, esto se hizo por el método de curado en la mata.

Este paso se realizó inmediatamente después del corte y consistió básicamente en dejar los tallos de las guaduas de pie pero no directamente sobre el suelo, sino apoyados sobre una piedra para evitar el contacto con la humedad del suelo; y que de tal manera se escurriera la savia compuesta de agua, azúcares y almidones. En este caso los tallos duraron curándose 60 días.

Terminado el curado, se hizo una inspección de los tallos, para detectar posibles ataques de Insectos, Hongos, señales de pudrición, rajaduras, fisuras longitudinales o transversales, pues estas se prolongan con el tiempo; para luego proceder a cortar y marcar (guadua 1 o guadua 2) los tallos en tramos de 3 metros para poder transportarlos desde el guadual, finca Villa Sofía hasta el aserrio EL TREBOL, lugar donde se realizó todo el maquinado de los tallos.

3.3 PRODUCCIÓN DE LATAS DE GUADUA.

Se cortaron los tramos de guadua con una sierra circular especial con dos discos de tungsteno paralelos. Se obtuvieron hasta siete latas en las secciones donde los tallos tuvieron el mayor diámetro y cinco en donde presentaron el menor diámetro; a estas latas se les eliminó los diafragmas internos. Este paso se llevó a cabo usando una sierra circular provista de un motor de 3 HP y dos discos de tungsteno de 8 pulgadas de diámetro.

3.4 ELABORACION DE PROBETAS Y DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Para la determinación del contenido de humedad se elaboraron 14 probetas por cada una de las guaduas, 7 con nudo y 7 sin nudo, con las siguientes medidas 0.5x3x5cm.

En la medición de la humedad se toma su peso en estado inicial y luego se somete a secado al horno a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ¹⁸ hasta que alcance un peso constante.

3.5 SECADO DE LATAS, PROBETAS Y DETERMINACION DE LA DENSIDAD.

Esta parte del proceso se realizó por dos métodos, secado natural y secado en estufa.

En el secado natural se utilizaron la mitad de las latas obtenidas en la sección 3.3, de estas se sacaron probetas de 0.5x3x5cm las cuales se pesaron el primer día de iniciado el proceso y se siguieron pesando cada siete días registrándose cada una de estas pesadas y de esta manera se llevo el control del contenido de humedad.

Para el secado en estufa se trabajo con probetas de 0.5x3x5cm a diferentes temperaturas (60, 80 y 100°C), esto para observar a cual de estas temperaturas se llevaba a cabo un mejor secado, luego de obtener este dato se procedió a secar la otra mitad de las latas.

La densidad se determino por el método de máximo contenido de humedad en astillas,¹⁹ se realizo este ensayo a 6 probetas correspondientes a las partes base, media y alta de cada una de las guaduas.

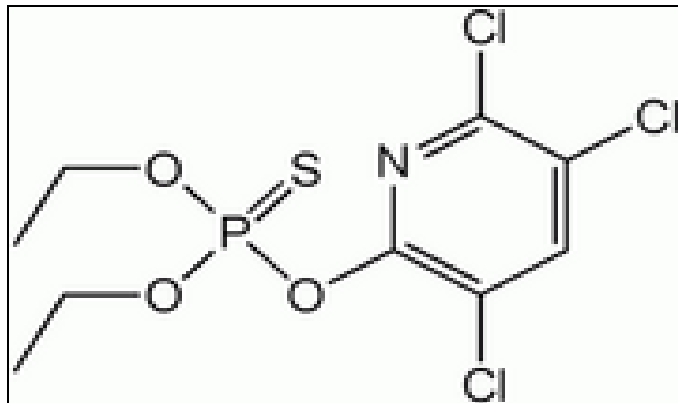
¹⁸ Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú. 1984

¹⁹ RODRIGUEZ, de Cáceres Lilia. Métodos de análisis empleados en la industria papelera. Ediciones UIS, 1978. p 14

3.6 TRATAMIENTO DE PROBETAS.

3.6.1 Inmunización. Este proceso se realizó por el método de inmersión a temperatura ambiente y se utilizó como agente inmunizante TOC MADERA AQ, el cual es una mezcla a base de alcohol etílico con un % <10 y Clorpirifos como ingrediente activo, con un % < 5, posee buenas propiedades fungicidas e insecticidas. Este producto se usa para toda clase de madera y especialmente para madera laminada o prensada, y fue donado por la empresa de productos químicos TOXEMENT.

Figura 3. Estructura del Clorpirifos.



El Clorpirifos es un insecticida organofosforado, clasificado entre los productos de Clase II (moderadamente peligroso). Su nombre según la nomenclatura IUPAC es O-O-dietil O- (3,5,6-tricloro-2- piridil fosforotioato) y su fórmula empírica es $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$. Es sólido blanco de apariencia cristalina y de aroma fuerte. No es muy soluble en agua, de manera que generalmente se mezcla con líquidos aceitosos antes de aplicarse a cosechas o a animales. También se puede aplicar a cosechas en forma de cápsulas.

El clorpirifos se ha usado ampliamente en viviendas y en agricultura. En el hogar, se usa para controlar cucarachas, pulgas, y termitas; también se usa en ciertos collares de animales domésticos

para controlar pulgas y garrapatas. En agricultura, se usa para controlar garrapatas en ganado y en forma de rocío para el control de plagas de cosechas.

Se utilizaron probetas totalmente rectangulares con un contenido de humedad del 0%, estas probetas se pesaron antes de ser sumergidas en el inmunizante; los tiempos de inmersión fueron de 30, 60, 90 y 120 minutos, cumplido el tiempo para cada probeta se dejaron escurrir y se llevaron a la estufa en donde se secaron hasta peso constante a 40°C, se utilizó esta temperatura para evitar cambios en el ingrediente activo del inmunizante.

3.6.2 Evaluación del grado de inmunización. La evaluación del grado de inmunización que se dio a la guadua mediante la aplicación de sustancias químicas, se definió mediante la absorción y la penetración del preservante empleado en el proceso de impregnación

Donde la absorción, es la cantidad total del preservante que quedó en la madera después de la impregnación. La absorción depende del sistema de impregnación utilizado, de la humedad y características de la madera a tratar y de la naturaleza del producto químico preservante.

La proporción de albura y duramen también influye en la absorción. Mientras la albura por ser porosa es más permeable, el duramen, muchas veces con obstrucciones que lo hacen poco receptivo, puede resultar impermeable. Al respecto se debe mencionar que existen maderas que son muy fáciles de impregnar, otras resultan imposibles de preservar y entre estos dos extremos se ubican muchas que resultan moderadas o difíciles al tratamiento; en consecuencia, se hace necesario clasificar las maderas según sus características de absorción.

En general, dado el gran número de factores que intervienen en las absorciones, hay que basarse en determinaciones previas para poder llegar a un valor confiable de la absorción. Para ello, lo más conveniente es pesar la madera antes y después del tratamiento y aplicar luego la siguiente fórmula:

$$A = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

Donde:

A= absorción, expresada en Kg. / m³.

P_2 = peso de la madera después del tratamiento, en Kg.

P_1 = Peso de la madera antes del tratamiento en Kg.

V = volumen de la madera en m^3 .

Definido el valor de A con el uso de la fórmula antes señalada, la clasificación de la madera según su capacidad de absorción, se puede efectuar utilizando la siguiente escala

Absorción alta (AA) > de 10 Kg. de productos activos / m^3 .

Absorción buena (AB) = de 8 a 10 Kg. de productos activos / m^3 .

Absorción mala (AM) = de 4 a 8 Kg. de productos activos / m^3 .

Absorción nula (AN) = < de 4 Kg. de productos activos / m^3 .

La penetración es la profundidad que alcanza el preservante en la guadua tratada. Cuanto mas profundo sea la zona penetrada por el preservante, mejor es la protección de la guadua. El examen a la guadua para verificar esto se realizó en la zona media de la probeta tratada.

Para la clasificación de las maderas por penetración, se puede emplear la siguiente escala que se utilizó en el estudio integral de la madera para construcción realizado por la junta del acuerdo de Cartagena (JUNAC 1983).

Total regular (Tr): cuando toda la sección esta penetrada con concentración uniforme.

Total irregular (Ti): cuando en la zona penetrada existen lagunas muy pequeñas con secciones de mayor concentración.

Parcial regular (Pr) = cuando zona penetrada es periférica y mas o menos uniforme.

Parcial irregular (Pi) = cuando la zona penetrada es periférica y presenta lagunas no siguen un patrón fijo.

Parcial vascular (Pv) = cuando la penetración se realiza siguiendo los elementos de conducción (penetración longitudinal).

Penetración nula (Pn) = cuando no existe penetración significativa en la zona examinada.²⁰

3.6.3 Cuantificación de Clorpirifos presente en la guadua después de la absorción. Después del análisis de absorción, las latas fueron reducidas a pequeñas astillas y 10 gramos de estas se sometieron a extracción con 100 mililitros de Etanol al 96% durante 3 semanas, después de este tiempo se tomaron 4 mililitros del extracto orgánico obtenido de cada uno de los tiempos de inmersión y se llevaron a la estufa a 40°C durante 5 días hasta sequedad.

Estas muestras fueron llevadas al LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA, donde la preparación de los extractos se llevó a cabo por concentración con nitrógeno seco a 1 mL e inyección directa al equipo cromatográfico. Se utilizó como material de referencia certificado clorpirifos Part No. M622-03 (AccuStandard, Inc., 125 Market Street, New Haven, CT 06513). El análisis cromatográfico de los extractos se realizó en un cromatógrafo de gases (GC) HP 6890 Series PLUS (Hewlett-Packard, Palo Alto, California EE.UU.), dotado con un detector de captura de electrones (ECD). La columna empleada en el análisis fue DB-5 (5%-fenil-poli(metilsiloxano), 30mx0.25mmx0.25µm). La inyección se realizó en modo splitless ($V_{iny} = 1\mu\text{L}$).

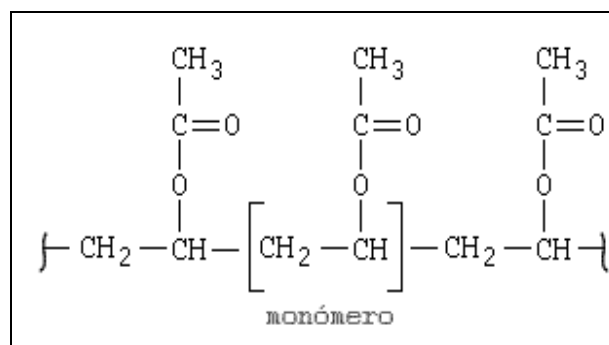
3.6.4 Elaboración de probetas para pruebas mecánicas. Para fabricar estas probetas se tomaron latas secas al natural y en estufa con un contenido de 12 – 15 % de humedad, se les cortó la redondez del interior y exterior en una sierra circular y luego de quedar rectangulares se pasaron por la cepilladora hasta conseguir un área plana en estas. Se elaboraron probetas para fallarlas en los ensayos de flexión, compresión y tensión, evaluando estas propiedades de la guadua como material y tracción para evaluar la propiedad de adhesión de los pegantes suministrados por la empresa ANDERCOL.

²⁰ JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). Comunidad Económica Europea. Manual del grupo Andino para la preservación de maderas. S.I.: JUNAC. 1988.

3.7 SELECCIÓN DEL ADHESIVO

La selección del adhesivo es pieza clave para la buena funcionabilidad del laminado, se busco en el mercado posibles adhesivos utilizados en la industria del laminado, se hicieron varios contactos a empresas dedicadas a este negocio y surgieron tres tipos de adhesivos a base de polivinil acetato.

Figura 4. Estructura del Polivinil-Acetato.



Los adhesivos suministrados por el laboratorio de adhesivos de la empresa ANDERCOL S.A. son Adhesan 2532, Adhesan 533 y Adhesan 1600, y sus especificaciones técnicas son las siguientes:

3.7.1 Adhesan 2532

3.7.1.1 Generalidades. El ADHESAN 2532 es una emulsión acuosa de polivinil acetato plastificado externamente.

3.7.1.2 Características. El ADHESAN 2532 se caracteriza por tener un balance óptimo de propiedades adhesivas, rápido secado, fácil aplicación, adherencia en frío o caliente, excelente adhesión a una gran variedad de sustratos, buena maquinabilidad y fluidez y alta velocidad de fijación. Es incompatible con Bórax y sus derivados.

3.7.1.3 Campos de aplicación. El ADHESAN[®] 2532 es un adhesivo especialmente diseñado para el enchape y ensamble de maderas contenido de humedad menor al 20%., en la fabricación de objetos que van a estar sometidos a fuerzas de tensión, compresión o cizalla tales como puertas, muebles, ventanas, pisos entre otros.

Tabla 3. Especificaciones del Adhesan 2532.

Características	Valor	Norma ASTM
Apariencia	Emulsión Crema	D 2090-88
Viscosidad Brookfield, cps (RVT Aguja 6, 20 rpm, 25°C)	15000 -25000	D 1084-97
% sólidos	48.0 – 50.0	D 1259-94
pH (25°C)	4.0 – 5.0	E 70-97

3.7.2 Adhesan 533.

3.7.2.1 Generalidades. El ADHESAN 533 es una emulsión acuosa de polivinil acetato modificado, plastificada externamente.

3.7.2.2 Características. El ADHESAN 533 se caracteriza por tener un balance óptimo de propiedades adhesivas, excelente adhesión a una gran variedad de sustratos, buena maquinabilidad, fluidez y alta velocidad de fijación. Es incompatible con Bórax y sus derivados.

3.7.2.3 Campos de aplicación. El ADHESAN 533 se recomienda para el enchape y ensamble de piezas de maderas que van a estar sometidas a fuerzas de tensión o compresión como puertas, muebles, ventanas, entre otros, en aplicaciones donde se requiera unir madera a cuero, telas, papel, vidrio, metal. Su funcionalidad es limitada en maderas de alta humedad.

Tabla 4. Especificaciones del Adhesan 533.

Características	Valor	Norma ASTM
Apariencia	Emulsión Blanca Lechosa	D 2090-88
Viscosidad Brookfield, cps (RVT Aguja 5, 20 rpm, 25°C)	15000 -22000	D 1084-97
% sólidos	45.0 – 47.0	D 1259-94
Kg/galón (25°C)	4.02 – 4.08	D 1875-95
pH (25°C)	4.0 – 5.5	E 70-97

3.7.3 Adhesan 1600.

3.7.3.1 Generalidades. El ADHESAN 1600 es una emulsión acuosa de polivinil acetato modificado, plastificada externamente.

3.7.3.2 Características. El ADHESAN 1600 es un adhesivo económico, se caracteriza por tener un buen balance de propiedades adhesivas, adhesión a una gran variedad de sustratos, buena fluidez y velocidad de fijación. Es incompatible con Bórax y sus derivados.

3.7.3.3 Campos de aplicación. El ADHESAN 1600 se recomienda para el enchape y ensamble de maderas, en aplicaciones donde no se requiera rápido secado y buena adherencia. Su funcionalidad es limitada en maderas de alta humedad.

Tabla 5. Especificaciones del Adhesan 1600.

Características	Valor	Norma ASTM
Apariencia	Emulsión Blanca Lechosa	D 2090-88
Viscosidad Brookfield, cps (RVT Aguja 6, 20 rpm, 25°C)	12000 -18000	D 1084-97
% sólidos	36.0 – 41.0	D 1259-94
Kg/galón (25°C)	3.50 – 4.00	D 1875-95
pH (25°C)	5.0 – 6.0	E 70-97

Para seleccionar el adhesivo se tuvo en cuenta únicamente el comportamiento mecánico a corto plazo, descartando las propiedades físicas y el comportamiento ante agentes biológicos, corrosivos o degradantes, para tal fin se desarrollo el ensayo descrito a continuación.

3.7.4 Ensayo de tracción.²¹ Ensayo tomado como criterio de elección del adhesivo, en total se elaboraron 15 probetas, 5 por cada adhesivo, falladas en la maquina para tracción TREBEL.

La norma ASTM D 897-49 propone probetas para ensayar a tracción uniones de madera o metal, esta norma dio el fundamento para hacer una adaptación del ensayo, para juntas longitudinales en la maquina TREBEL.

²¹ REY S, Álvaro. Laboratorio de Resistencia de Materiales. Ediciones UIS. 1983

Fotografía 20. Maquina Universal de Ensayos TREBEL.



Fotografía 3. Probetas para Tracción para Adhesivo.



3.8 PROPIEDADES MECANICAS DE LA GUADUA COMO MATERIA PRIMA

3.8.1 Ensayo de Compresión. Se sometió a fuerza de compresión a varios tipos de probetas, para ensayar y obtener resultados según la dirección de la carga respecto a la fibra de la guadua. Estas probetas y ensayos fueron elaborados guardando las proporciones según las normas NTC 784 y NTC 785.

Fotografía 4. Maquina de Ensayos para Madera AMSLER.



Fotografía 5. Probetas para Compresión.



3.8.2 Ensayo de flexión. El ensayo se basó en la norma NTC 663, se cargo en el centro de la luz utilizando apoyos simples. Para lograr una propuesta cercana a los efectos que ocurren en la realidad se planteo el tipo de flexión laminado horizontal.

Fotografía 6. Probetas para Flexión.



3.8.3 Ensayo de Tracción. Para medir esta propiedad, se realizó un ensayo el cual consistió en exponer las fibras de la guadua en forma longitudinal a fuerzas de tracción. Este ensayo se realizó según la norma NTC 944 de tensión paralela de maderas, se fallaron 5 probetas en la maquina universal de ensayos marca INSTRON.

Fotografía 7. Probetas para Tracción.



Fotografía 8. Maquina INSTRON.



3.9 PRODUCCION DE LAS BALDOSAS DE GUADUA.

Para la producción de las baldosas, se tomó desde la sección 3.5 donde se tienen las latas secas, listas para los procesos de inmunización, cepillado y pegado. Estos pasos se hicieron de acuerdo a los mejores resultados que se obtuvieron en las secciones 3.6 y 3.7

El bloque se formó, prensando y pegando las latas a temperatura ambiente y 8 Kg/cm^2 de presión, hasta formar un rectángulo de $25\text{cm} \times 25\text{cm}$ en la base y el alto lo dio el largo de las latas cepilladas el cual estuvo entre mas o menos 20 a 30 cm.; el paso de prensado se hizo con la ayuda de la

prensa hidráulica en el laboratorio de Investigaciones de Ingeniería Química. A este bloque se le hicieron cortes transversales cada 1.8cm con una sierra circular, quedando las baldosas con estas dimensiones, las cuales fueron pulidas con lijas de grano fino para que no fueran rayadas, después se le dio el acabado el cual consistió en aplicar 3 capas de sellador catalizado comercial con una pistola de paso continuo y por último se le aplicó una capa de barniz a base de poliuretano con propiedades contra el desgaste; esto se llevó a cabo en el Aserrio el Trébol.

4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Después del proceso de corte y curado de las dos guaduas, se recogieron los tallos del lugar de extracción en tramos de 3 metros debidamente marcados (guadua 1 o guadua 2), para así llevarlos al Aserrio EL TREBOL ubicado al norte de Bucaramanga, sitio en donde se realizó todo el maquinado de estos tallos.

Ya en el sitio de trabajo inicialmente se procedió a medir el diámetro de los tallos para así saber cuantas latas iba a arrojar cada uno, con este dato se procedió al corte de las latas, las que también se marcaron de acuerdo a la guadua a que pertenecían.

Fotografía 9. Latas de Guadua.



De estas latas se elaboraron las primeras probetas para saber el contenido de humedad inicial de las guaduas y sus respectivas secciones

4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD.

Los valores registrados del contenido de humedad en las probetas aumento o disminuyo de acuerdo a la guadua y al tipo de probeta analizada.

Las Tablas No. 6 y 7 muestran los resultados obtenidos para el contenido de humedad. En las probetas sin nudo se observó un mayor contenido de humedad con respecto a las probetas que tienen nudo, este comportamiento fue igual para las dos guaduas, en las probetas sin nudo de la guadua 1 hubo un promedio de humedad del 36 % y el promedio de humedad en las probetas con nudo fue del 30.9 % y a su vez la guadua 2 presentó un contenido de humedad promedio en las probetas sin nudo del 42.1 % y en las probetas con nudo el promedio fue del 36.7 %.

Tabla 6. Contenido de Humedad de la Guadua 1.

Probeta No.	% Contenido de humedad	
	Sin nudo	Con nudo
1	36.0	32.0
2	36.0	31.0
3	35.0	30.0
4	36.0	30.0
5	37.0	31.0
6	36.0	32.0
7	36.0	30.0
Promedio	36.0	30.9
Desviación	0.5	0.8

Grafica 17. Contenido de humedad de la Guadua 1.

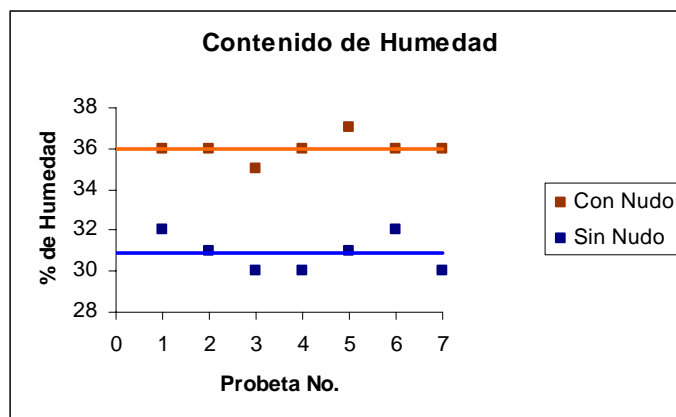
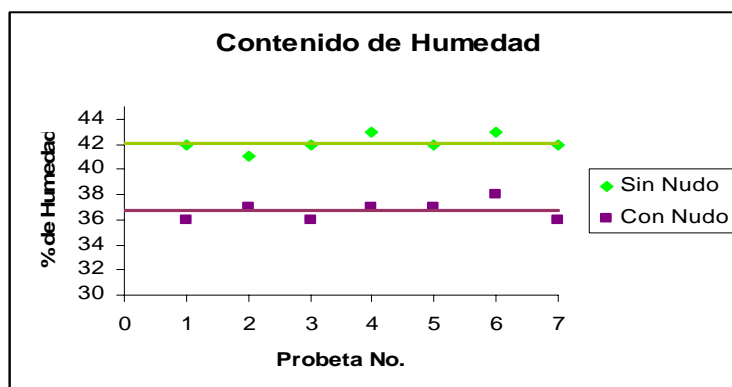


Tabla 7. Contenido de humedad guadua 2.

No. Probeta	% Contenido de humedad	
	Sin nudo	Con nudo
1	42.0	36.0
2	41.0	37.0
3	42.0	36.0
4	43.0	37.0
5	42.0	37.0
6	43.0	38.0
7	42.0	36.0
Promedio	42.1	36.7
Desviación	0.6	0.7

Grafica 2. Contenido de humedad de la Guadua 2.



En las Graficas No. 1 y 2 se observa la dispersión de los porcentajes de humedad para las dos guaduas, las líneas rectas indican los valores promedios en porcentaje de humedad para cada caso. En los resultados se observó una variación en el contenido de humedad entre las dos guaduas, la guadua dos presentó mayor humedad que la guadua uno, este aumento en la humedad

puede ser justificado con el hecho de que la guadua dos, a diferencia de la guadua uno, creció a unos metros de una fuente hídrica que pasa por el sector en donde se cortaron las dos guaduas.

4.2 SECADO DE PROBETAS Y LATAS

Para el secado natural, la variable evaluada corresponde al contenido de humedad porcentual de cada probeta de Guadua. Se calculo en forma gravimétrica mediante la diferencia de pesos inicial y final de la muestra, cada siete días. El procedimiento de medición del contenido de humedad se hizo cortando probetas de 0.5x 3x 5 cm. de longitud. El procedimiento de pesaje se hizo en balanza electrónica con una precisión de 0,001g. Para este análisis se utilizaron 10 probetas de cada guadua y de la parte sin nudo.

En la Tablas No.8 y 9, se reportaron los valores en porcentaje de humedad de las probetas obtenidas de las guadua 1 y 2, a partir de estos valores se obtuvieron promedios de humedad en cada intervalo de tiempo con los cuales se pudo construir las dos graficas de secado, las cuales a su vez mostraron los comportamientos de deshidratación seguidos por las probetas durante 112 días, tiempo que duro el proceso de secado al aire libre.

Valores promedios de humedad para guadua en estado rollizo seca al aire reportados en la tesis de grado " Parámetros de Diseño de Elementos de Guadua Cultivada en el Municipio de Aratoca, Santander²² " fueron de 20.45 % para secciones que contenían nudo y 22.19 % para secciones sin nudo.

²² GABRIELE PRADILLA, José Luís; HERRERA ORTIZ, Hernán Darío. Tesis de Grado: Parámetros de Diseño de Elementos de Guadua Cultivada en el Municipio de Aratoca, Santander. Ingeniería civil. UIS. Bucaramanga. 2004. p. 101

Tabla 8. Porcentajes de Humedad en el Secado al Natural de la guadua 1.

% de Humedad	Días	Probeta No.										Prom	Desv
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Agosto	4	33.6	32.8	33.1	33.2	33.0	32.9	32.8	33.2	33.2	33.5	33.1	0.26
	11	30.2	30.1	30.0	30.3	29.9	29.8	29.9	30.1	30.0	30.3	30.1	0.16
	18	27.5	27.4	27.0	27.1	27.0	27.1	27.2	27.3	27.1	27.2	27.2	0.16
	25	25.0	24.9	25.1	24.8	24.9	25.0	25.2	24.9	25.1	24.9	25.0	0.12
Septiembre	1	23.4	23.3	23.2	23.3	23.1	23.2	23.3	23.2	23.1	23.2	23.2	0.09
	8	22.8	22.7	22.6	22.7	22.6	22.7	22.7	22.6	22.8	22.7	22.7	0.07
	15	20.7	20.6	20.5	20.7	20.4	20.6	20.5	20.6	20.7	20.8	20.6	0.11
	22	19.2	19.1	19.3	19.4	19.2	19.0	19.5	19.3	19.1	19.2	19.2	0.14
	29	18.5	18.3	18.2	18.4	18.6	18.1	18.0	18.2	18.3	18.2	18.3	0.17
Octubre	6	17.2	17.0	17.1	17.3	17.2	17.1	16.9	16.7	16.8	16.9	17.0	0.18
	13	16.6	16.7	16.5	16.4	16.6	16.8	16.7	16.4	16.3	16.1	16.5	0.20
	20	16.1	16.2	16.0	16.2	16.3	16.1	15.9	15.8	15.7	15.8	16.0	0.19
	27	15.7	15.6	15.5	15.6	15.4	15.6	15.5	15.3	15.4	15.2	15.5	0.15
Noviem	3	15.3	15.2	15.0	15.1	15.1	15.1	15.2	15.2	15.1	15.0	15.1	0.09
	10	15.0	15.1	14.9	15.0	14.8	15.0	14.7	14.9	15.0	14.8	14.9	0.12
	17	14.3	14.2	14.1	14.2	14.4	14.3	14.1	14.2	14.0	14.1	14.2	0.09

Grafica 3. Curva de Secado al Natural de la Guadua 1, a Temperatura Ambiente.

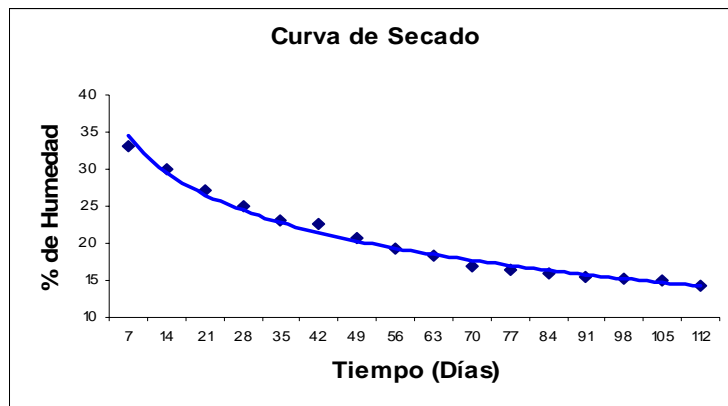
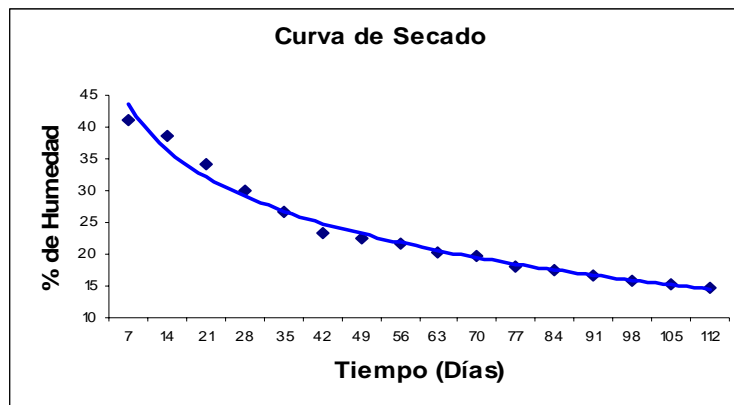


Tabla 9. Porcentajes de Humedad en el Secado al Natural de la Guadua 2.

	Días	Probeta No.										Prom	Desv	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
% de Humedad	Agosto	4	41.5	41.4	41.3	41.0	41.2	41.3	41.1	41.0	41.2	41.1	41.2	0.16
		11	38.9	38.7	38.8	38.6	38.7	38.8	38.6	38.5	38.6	38.7	38.7	0.11
		18	34.4	34.2	34.1	34.3	34.2	34.1	34.0	34.2	34.1	34.2	34.2	0.11
		25	30.1	30.0	30.2	30.3	30.1	30.0	29.9	29.8	29.7	29.7	30.0	0.19
	Septiembre	1	26.9	26.8	26.7	26.8	26.6	26.5	26.7	26.6	26.5	26.4	26.7	0.15
		8	23.7	23.5	23.6	23.4	23.5	23.3	23.2	23.4	23.3	23.4	23.4	0.14
		15	22.9	22.8	22.7	22.6	22.5	22.7	22.6	22.4	22.3	22.4	22.6	0.18
		22	21.8	21.6	21.5	21.7	21.8	21.6	21.5	21.4	21.5	21.3	21.6	0.15
		29	20.5	20.4	20.3	20.2	20.3	20.1	20.3	20.2	20.1	20.1	20.3	0.13
	Octubre	6	19.8	19.6	19.5	19.6	19.7	19.8	19.7	19.6	19.6	19.5	19.6	0.10
		13	18.3	18.2	18.1	18.0	18.2	18.1	18.0	18.1	17.9	18.0	18.1	0.11
		20	17.6	17.7	17.6	17.4	17.3	17.5	17.4	17.6	17.5	17.4	17.5	0.12
27		16.9	16.7	16.6	16.8	16.7	16.5	16.6	16.4	16.5	16.4	16.6	0.16	
Noviem	3	16.1	16.0	15.9	15.7	15.8	16.0	15.9	15.8	15.9	15.8	15.9	0.11	
	10	15.4	15.5	15.4	15.3	15.3	15.4	15.3	15.4	15.2	15.2	15.3	0.09	
	17	14.8	14.9	15.0	14.8	14.7	14.5	14.8	14.7	14.5	14.6	14.7	0.05	

Grafica 4. Curva de Secado al Natural de la Guadua 2, a Temperatura Ambiente.



Las Graficas No.3 y 4, muestran la variación temporal del contenido de humedad con respecto al tiempo, las curvas obtenidas nos predicen como en los primeros días del proceso el contenido de humedad desciende de una forma más rápida con respecto a los últimos días, en donde la deshidratación es menor, hasta llegar al punto de contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente, el porcentaje de humedad en este punto varió debido al comportamiento inestable del clima durante el periodo de la toma de estos datos. Se tomo al final 14.2 % como punto de equilibrio para la guadua 1 y 14.7% para la guadua 2. Este valor reportado a los 112 días de iniciado el proceso fue el mas bajo durante todo el periodo.

Para el secado en estufa se seleccionaron probetas de la parte intermedia de las guaduas con dimensiones de 0.5x3x5 cm., las cuales se sometieron a deshidratación, variando la temperatura (60, 80 y 100 °C), así se pudo determinar la temperatura a la cual se secaron la otra mitad de las latas obtenidas.

En las Tablas No.10 y 11, se reportaron los valores en porcentaje de humedad de las probetas de cada una de las guaduas a 100 °C de temperatura. Todos los datos se tomaron con un intervalo de cuatro horas entre pesada y pesada, de esta manera se hizo el seguimiento de deshidratación en estufa para las dos guaduas.

Tabla 10. Porcentajes de Humedad en el Secado en Estufa a 100°C de la Guadua 1.

	Tiempo (Horas)	Probeta No.					Prom.	Desv.
		1	2	3	4	5		
% de Humedad	0	34.5	34.3	34.3	34.4	34.5	34.4	0.09
	4	28.6	28.7	28.5	28.6	28.6	28.6	0.06
	8	25.4	25.5	25.4	25.5	25.5	25.5	0.05
	12	22.9	22.9	22.8	23.0	22.8	22.9	0.07
	16	19.3	19.5	19.3	19.4	19.4	19.4	0.07
	20	16.7	16.6	16.5	16.5	16.6	16.6	0.13
	24	16.2	16.2	16.3	16.4	16.4	16.3	0.09
	28	15.9	15.8	16.0	15.8	15.9	15.9	0.07
	32	15.4	15.5	15.5	15.6	15.5	15.4	0.06
	36	14.9	14.9	14.8	15.0	14.9	14.9	0.06
	40	14.7	14.6	14.6	14.7	14.7	14.7	0.05
	44	14.5	14.3	14.5	14.4	14.6	14.5	0.10

Grafica 5. Curva de Secado en Estufa a 100°C de la Guadua 1.

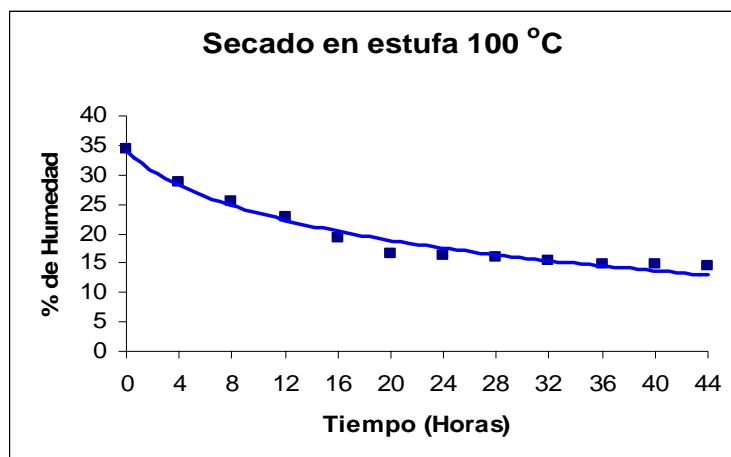
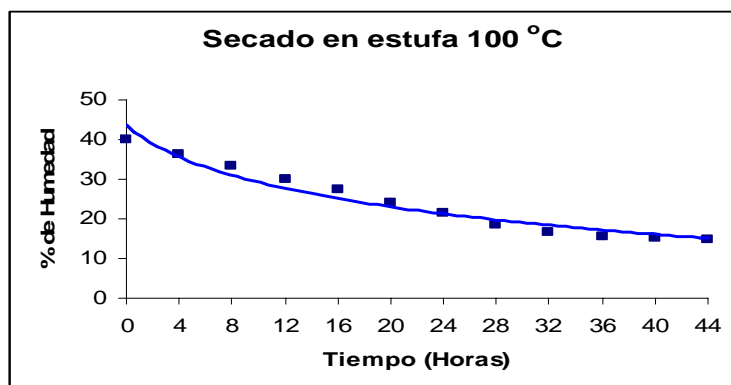


Tabla 11. Porcentajes de Humedad en el secado en Estufa a 100°C de la Guadua 2.

	Tiempo (Horas)	Probeta No.					Prom.	Desv.
		1	2	3	4	5		
% de Humedad	0	40.2	40.0	40.1	40.0	40.1	40.1	0.07
	4	36.5	36.3	36.4	36.5	36.4	36.4	0.07
	8	33.4	33.2	33.3	33.2	33.2	33.3	0.08
	12	30.2	30.0	30.1	30.0	30.1	30.1	0.07
	16	27.6	27.5	27.4	27.5	27.4	27.5	0.07
	20	24.1	24.0	23.9	23.9	23.8	23.9	0.10
	24	21.7	21.5	21.6	21.7	21.5	21.6	0.09
	28	18.9	18.7	18.6	18.8	18.7	18.7	0.10
	32	16.8	16.6	16.7	16.6	16.7	16.7	0.07
	36	15.8	15.6	15.7	15.8	15.6	15.7	0.09
	40	15.3	15.2	15.0	15.1	15.2	15.2	0.10
	44	14.9	14.7	14.8	14.7	14.8	14.8	0.07

Grafica 6. Curva de Secado en Estufa a 100°C de la Guadua 2.



Las Graficas No.5 y 6, muestran el comportamiento de deshidratación de las probetas de las guaduas 1 y 2 a 100 °C. El tiempo de secado fue de 44 horas, en este tiempo las probetas presentaron un % de humedad promedio de 14.5 y 14.8, con lo que se dio por terminado el proceso debido a que este porcentaje de humedad esta muy cercano al porcentaje de humedad promedio de Bucaramanga.

A esta temperatura el secado fue rápido, lo que refleja menos tiempo de operación y un menor consumo de energía; pero se presentaron defectos como colapso y alabeo en muchas de las probetas al final del proceso, debido a esto se opto por descartar estas condiciones de operación para el secado final de las latas.

En las Tablas No.12 y 13, se tabuló el descenso del porcentaje de humedad de las probetas de la guadua 1 y 2 con respecto al tiempo, sometidas a 80 °C; el intervalo de tiempo entre pesada y pesada fue de cuatro horas y el tiempo total empleado para este proceso de deshidratación fue de 60 horas. La humedad inicial promedio de las probetas fue de 34.1 y 39.8 y la final promedio fue 14.4 y 14.1 para la guadua 1 y2 respectivamente.

Las Graficas No.7 y 8, muestran como las curvas de deshidratación de las probetas de la guadua 1 y 2 secas a 80 °C ocurren de una forma similar. A pesar de que parten de contenidos de humedad diferentes, transcurridas 60 horas de calentamiento llegan a un contenido de humedad promedio muy cercano 14.4 y 14.1, cuando se llegó a este punto se dio por terminada la deshidratación a esta temperatura.

Tabla 12. Porcentajes de humedad en el Secado en Estufa a 80°C de la Guadua 1.

	Tiempo (Horas)	Probeta No.					Prom.	Desv.
		1	2	3	4	5		
% de Humedad	0	34.1	34.2	34.1	33.9	34.0	34.1	0.10
	4	31.2	31.1	31.2	31.1	31.0	31.1	0.07
	8	28.5	28.3	28.2	28.3	28.2	28.3	0.11
	12	26.4	26.2	26.3	26.2	26.1	26.2	0.10
	16	23.9	23.8	23.6	23.7	23.6	23.7	0.13
	20	21.1	21.0	20.9	21.1	21.0	21.0	0.07
	24	19.3	19.2	19.0	19.1	19.1	19.1	0.10
	28	18.4	18.3	18.2	18.1	18.2	18.2	0.10
	32	17.6	17.5	17.6	17.5	17.4	17.5	0.07
	36	16.7	16.5	16.6	16.5	16.4	16.5	0.10
	40	16.1	16.0	15.9	15.8	15.9	15.9	0.10
	44	15.7	15.6	15.5	15.6	15.5	15.6	0.07
	48	15.3	15.1	15.2	15.2	15.1	15.2	0.07
	52	15.0	14.9	14.8	14.8	14.9	14.9	0.07
	56	14.7	14.6	14.5	14.5	14.6	14.6	0.07
	60	14.5	14.4	14.4	14.3	14.4	14.4	0.06

Grafica 7. Curva de Secado en Estufa a 80°C de la Guadua 1.

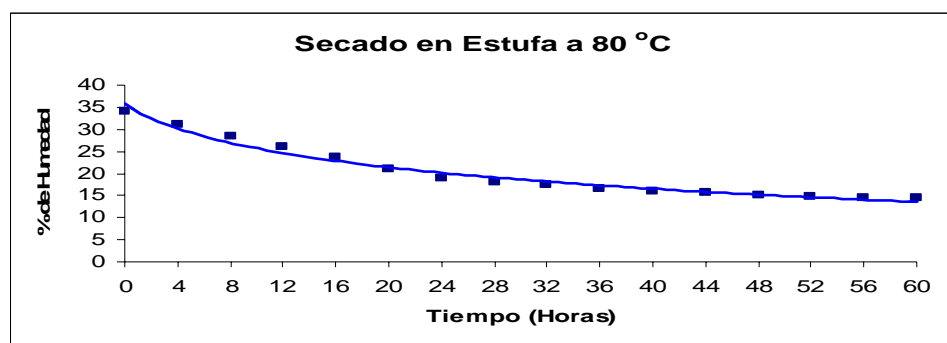
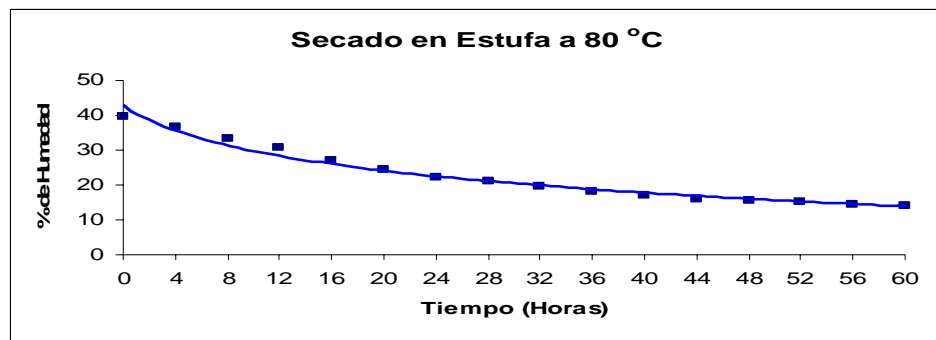


Tabla 13. Porcentajes de Humedad en el Secado en Estufa a 80°C de la Guadua 2.

	Tiempo (Horas)	Probeta No.						
		1	2	3	4	5	Prom.	Desv.
% de Humedad	0	39.9	39.7	39.8	39.7	39.8	39.8	0.07
	4	36.7	36.5	36.4	36.6	36.5	36.5	0.10
	8	33.5	33.3	33.2	33.2	33.4	33.3	0.11
	12	30.8	30.7	30.6	30.5	30.6	30.6	0.10
	16	27.4	27.2	27.1	27.0	27.1	27.2	0.13
	20	24.6	24.4	24.3	24.4	24.3	24.4	0.11
	24	22.4	22.3	22.1	22.2	22.1	22.2	0.11
	28	21.1	21.0	20.9	21.0	20.9	21.0	0.07
	32	19.5	19.7	19.6	19.5	19.4	19.5	0.10
	36	18.4	18.3	18.2	18.3	18.1	18.3	0.10
	40	17.3	17.1	17.0	17.2	17.1	17.1	0.10
	44	16.2	16.0	16.1	16.2	16.1	16.1	0.05
	48	15.8	15.6	15.5	15.6	15.5	15.6	0.11
	52	15.2	15.0	15.1	15.1	15.0	15.1	0.07
	56	14.7	14.6	14.5	14.4	14.5	14.5	0.10
	60	14.2	14.1	14.0	14.0	14.1	14.1	0.07

Grafica 8. Curva de Secado en Estufa a 80°C de la Guadua 2.



El proceso seguido a las latas a 80 °C no fue tan drástico como lo ocurrido a 100 °C, pero a pesar que no se evidenciaron señales de alabeo, si se presentaron pequeñas señales de colapso; por esta razón no son viables estas condiciones de operación si se tiene en cuenta la cantidad de materia prima que podría perderse en el proceso de prensado, porque estas pequeñas fisuras se prolongan al ser sometidas a algún tipo de presión y por tal motivo requerir de una mayor inversión debido a este tipo de perdidas.

En las Tablas No.14 y 15, se registraron los porcentajes de humedad obtenidos en la deshidratación a 60°C de las latas de las guaduas 1 y 2; el tiempo total empleado en este ensayo fue de 76 horas, el intervalo de tiempo entre pesada y pesada fue de 4 horas. Los porcentajes de humedad inicial promedio fueron 33.6 y 39.4 y los finales fueron 14.1 y 14.4.

Fotografía 10. Secado de Latas de Guadua en Estufa.



Tabla 14. Porcentajes de Humedad en el Secado en Estufa a 60°C de la Guadua 1.

	Tiempo (Horas)	Probeta No.					Prom.	Desv.
		1	2	3	4	5		
% de Humedad	0	33.8	33.7	33.6	33.5	33.5	33.6	0.11
	4	31.5	31.4	31.3	31.2	31.3	31.3	0.10
	8	29.6	29.5	29.4	29.3	29.4	29.4	0.10
	12	27.7	27.6	27.5	27.4	27.4	27.5	0.11
	16	26.4	26.3	26.2	26.3	26.2	26.3	0.07
	20	25.5	25.4	25.4	25.3	25.4	25.4	0.06
	24	23.4	23.3	23.1	23.2	23.1	23.2	0.11
	28	22.2	22.1	22.0	22.0	22.1	22.1	0.07
	32	21.9	21.7	21.6	21.5	21.6	21.7	0.13
	36	20.2	20.0	20.1	20.0	19.9	20.0	0.10
	40	19.6	19.4	19.3	19.2	19.2	19.3	0.15
	44	18.4	18.2	18.3	18.2	18.1	18.2	0.10
	48	17.3	17.2	17.1	17.2	17.1	17.2	0.07
	52	16.9	16.7	16.6	16.7	16.5	16.7	0.13
	56	16.1	16.0	15.9	16.0	15.9	16.0	0.07
	60	15.8	15.6	15.7	15.5	15.5	15.6	0.11
	64	15.4	15.2	15.1	15.2	15.1	15.2	0.11
68	15.0	14.8	14.9	14.8	14.7	14.8	0.10	
72	14.7	14.5	14.4	14.3	14.4	14.5	0.13	
76	14.3	14.2	14.1	14.0	14.1	14.1	0.10	

Grafica 9. Curva de Secado en Estufa a 60°C de la guadua 1.

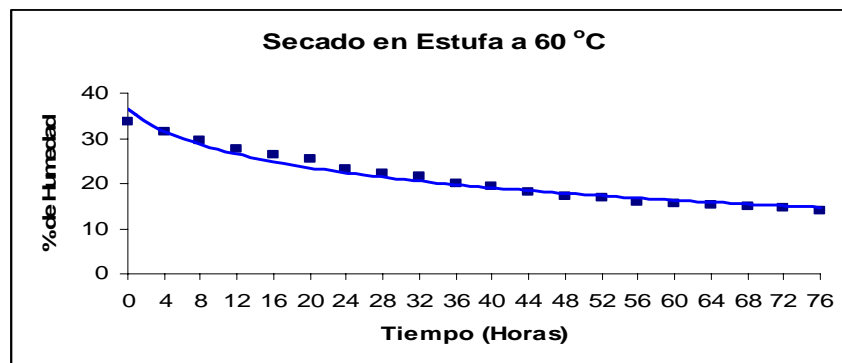
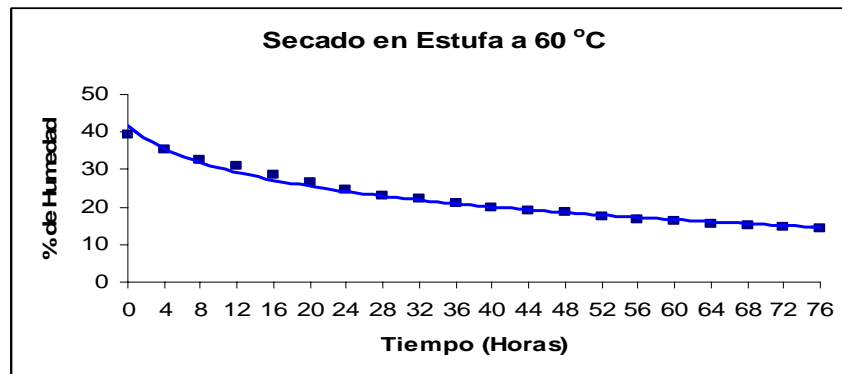


Tabla 15. Porcentajes de Humedad en el Secado en Estufa a 60°C de la Guadua 2.

	Tiempo (Horas)	Probeta No.					Prom.	Desv.
		1	2	3	4	5		
% de Humedad	0	39.6	39.5	39.4	39.4	39.3	39.4	0.10
	4	35.1	35.2	35.1	35.3	35.2	35.2	0.07
	8	32.5	32.6	32.7	32.5	32.6	32.6	0.07
	12	30.7	30.8	30.9	30.8	30.9	30.8	0.07
	16	28.7	28.6	28.8	28.7	28.6	28.7	0.07
	20	26.4	26.5	26.5	26.6	26.5	26.5	0.06
	24	24.8	24.9	24.7	24.8	24.9	24.8	0.07
	28	23.1	23.2	23.3	23.2	23.1	23.2	0.07
	32	22.3	22.4	22.1	22.3	22.2	22.3	0.10
	36	21.4	21.2	21.1	21.0	21.1	21.2	0.13
	40	20.1	19.9	19.8	19.9	20.0	19.9	0.10
	44	19.4	19.2	19.1	19.2	19.1	19.2	0.11
	48	18.7	18.5	18.6	18.5	18.4	18.5	0.10
	52	17.5	17.3	17.2	17.1	17.2	17.3	0.13
	56	16.7	16.5	16.6	16.5	16.4	16.5	0.10
	60	16.3	16.2	16.1	16.0	16.1	16.1	0.10
64	15.8	15.7	15.6	15.6	15.5	15.6	0.10	
68	15.4	15.2	15.1	15.0	15.1	15.2	0.13	
72	14.9	14.7	14.6	14.6	14.7	14.7	0.11	
76	14.6	14.4	14.3	14.3	14.4	14.4	0.11	

Grafica 10. Curva de Secado en estufa a 60°C de la guadua 2.



En las Graficas No.9 y 10 se observan las curvas de deshidratación de las latas de las guaduas 1 y 2 a 60°C,

En el secado a 60°C se obtuvieron latas sin señales de colapso y alabeo, por tal motivo se consideró que estas condiciones de operación eran las mas optimas para secar la otra mitad de latas, a pesar, que hay un mayor consumo de energía con respecto a las demás temperaturas con que se trabajo.

4.3 DENSIDAD

Las Tablas No.16 y 17 presentan resultados de densidad para la guadua 1 y 2, en estas se puede observar que los valores de densidad para las probetas de la base son menores que para la parte media y alta. La densidad promedio es de 0.60 gr/cm³ y una desviación de 0.07 para la guadua 1 y para la guadua 2 fue de 0.57 gr/cm³ y una desviación de 0.07 respectivamente.

Tabla 16. Densidad de la guadua 1.

Probeta No	Densidad (g/cm ³)	Posición
1	0.50	Base
2	0.51	
3	0.69	Medio
4	0.68	
5	0.62	Alto
6	0.60	
Promedio	0.60	
Desviación	0.07	

Grafica 11. Densidad de la Guadua 1.

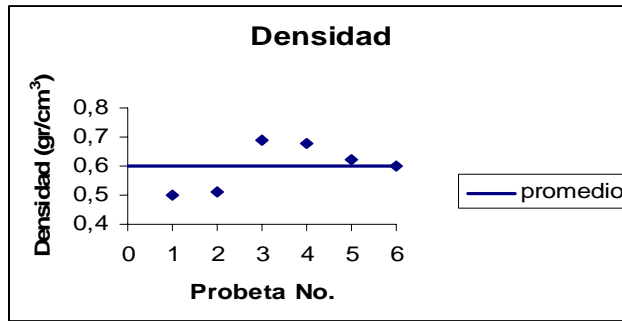
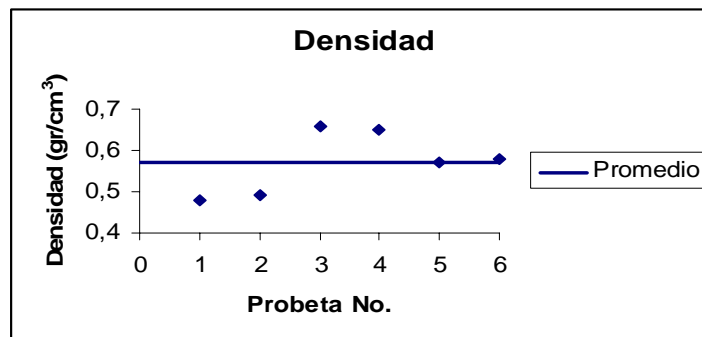


Tabla 17. Densidad de la Guadua 2.

Probeta No	Densidad (g/cm³)	Posición
1	0.48	Base
2	0.49	
3	0.66	Medio
4	0.65	
5	0.57	Alto
6	0.58	
Promedio	0.57	
Desviación	0.07	

Grafica 12. Densidad de la Guadua 2.



De los resultados obtenidos, se observa que las densidades promedio para las guaduas 1 y 2 no son significativamente diferentes y que estos valores de densidad están dentro de rango de los reportados por Cáceres y Rodríguez en su trabajo " Producción y Evolución de pulpas Celulosicas a Partir de diferentes Especies de Bambú" ²⁴

4.4 INMUNIZACION

4.4.1 Absorción. En esta prueba se trabajo con probetas totalmente rectangulares y con contenido de humedad 0%, a las que se les tomo medida de cada uno de sus lados y así se pudo hallar un volumen de cada una de las probetas, antes de sumergirlas dentro del agente inmunizante.

Los tiempos de inmersión en el inmunizante fueron de 30, 60, 90 y 120 minutos y se usaron 5 probetas en cada uno de estos tiempos, al final se calculo la absorción del inmunizante y se midió la penetración del mismo.

Fotografía 11. Inmunización de Latas de Guadua.



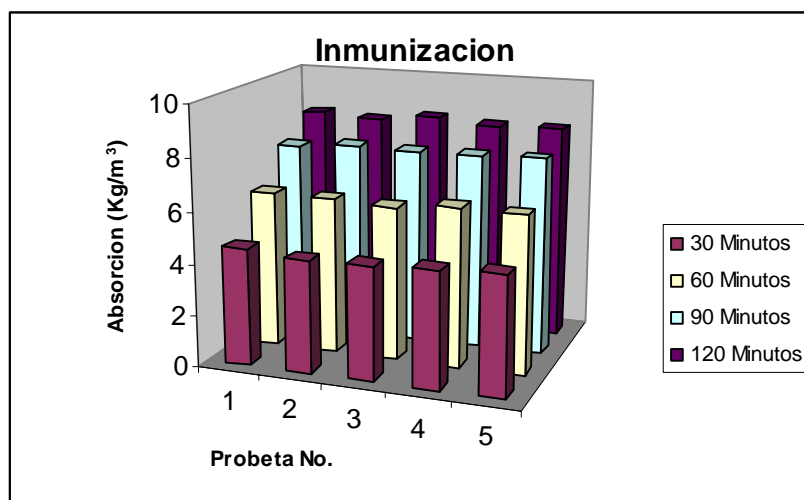
²⁴ CACERES ROJAS, Hernán; RODRIGUEZ de CACERES, Lilia. Producción y Evaluación de Pulpas Celulosicas a Partir de Diferentes Especies de Bambú. Centro de Investigaciones en Celulosa y Papel. UIS. Bucaramanga 1982. Pág. 23.

La absorción de (O,O- dietilfosforotioato de O-3,5,6-tricloro-2-piridilo) fue determinada para los diferentes tiempos de inmersión, y se calculo como se describió en la sección 3.6.2 de la metodología, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla No.18

Tabla 18. Absorción de Inmunizante en Probetas.

Tiempo de Inmersión (Minutos)	Absorción en Probetas (Kg./m ³)					Promedio	Desviación
	1	2	3	4	5		
30	4.58	4.36	4.42	4.54	4.65	4.51	0.09
60	6.12	6.08	5.97	6.18	6.15	6.10	0.07
90	7.46	7.63	7.58	7.61	7.69	7.59	0.07
120	8.36	8.24	8.46	8.29	8.32	8.33	0.07

Grafica 13. Absorción de inmunizante en probetas.



A partir de la Tabla No.18 y la Grafica No.13, se estableció que a los 120 minutos de inmersión se dio la mayor absorción con un promedio de 8.33 kg/m³ y de acuerdo con este valor y con la clasificación reportada en la sección 3.6.2 de la metodología para la absorción de maderas, podemos decir que la guadua utilizada para este trabajo presenta una absorción buena (AB) y suficiente para una protección total; bajo este parámetro se inmunizó toda la guadua que se requirió en la fabricación de las baldosas. Los otros tiempos de inmersión se descartaron por estar en el rango de absorción mala.

4.4.2 Penetración. El otro parámetro a evaluar en el proceso de inmunización fue la penetración del inmunizante. Para esta determinación, se hicieron cortes en forma transversal y longitudinal en tres partes de las probetas, observándose una penetración total para todos los tiempos de inmersión, esto se puede explicar si tenemos en cuenta que las probetas utilizadas fueron de dimensiones pequeñas, lo que facilitó la penetración rápida. De acuerdo con esta observación y a la clasificación anotada en la sección 3.6.2, podemos decir que la guadua usada en este trabajo tiene una penetración de inmunizante total regular (Tr).

4.4.3 Resultados del Análisis de Clorpirifos en los Extractos. En la Tabla No. 19 se registra los resultados de la cuantificación del Clorpirifos en los extractos enviados al Laboratorio de Cromatografía.

Tabla 19 Cuantificación de Clorpirifos.

Compuesto	Concentración en los Extractos, mg/L			
	½ Hora	1 Hora	1½ Hora	2 Horas
Clorpirifos	15.6	17.2	22.4	24.3

Estos resultados son la evidencia de la presencia y de la cantidad de Clorpirifos presente en forma residual en las láminas tratadas y también confirma el aumento de absorción a medida que el tiempo de inmunización transcurre.

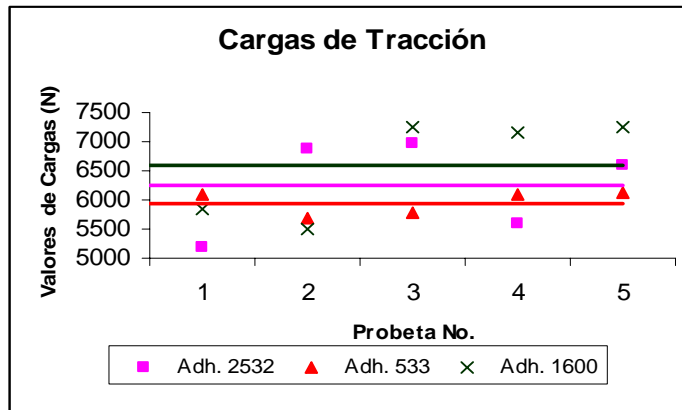
4.5 SELECCIÓN DEL ADHESIVO.

4.5.1 Ensayo de Tracción en Adhesivos. En la Tabla 20 se observan los valores obtenidos para el ensayo de tracción en los diferentes adhesivos a probar. La carga máxima promedio resistida por el Adhesan 2532 fue de 6241.8 N , con una desviación estándar 713.803, para el Adhesan 533 la carga máxima resistida fue de 5951.7 N, con una desviación estándar 178.846 y para el Adhesan 1600 la carga máxima resistida fue de 6600.84 N, con una desviación estándar de 772.148

Tabla 20. Esfuerzos de Tracción en Adhesivos.

Adhesivo	Probeta No.	Carga Max. (N)	Prom y Desv
Adhesan 2532	1	5197.52	<i>Carga Promedio</i> 6241.80 N <i>Desviación</i> 713.803
	2	6864.65	
	3	6962.72	
	4	5589.79	
	5	6594.32	
Adhesan 533	1	6080.12	<i>Carga Promedio</i> 5951.70 N <i>Desviación</i> 178.846
	2	5687.86	
	3	5785.92	
	4	6080.12	
	5	6124.48	
Adhesan 1600	1	5839.99	<i>Carga Promedio</i> 6600.84 N <i>Desviación</i> 772.148
	2	5491.72	
	3	7256.92	
	4	7158.64	
	5	7256.92	

Grafica 14. Dispersión de Cargas de Tracción en Adhesivos.



Se observa un mejor comportamiento en la junta formada por el adhesivo Adhesan 1600 y la guadua respecto a las juntas de los adhesivos Adhesan 2532 y 533. En la grafica 14 se observa una gran dispersión en los puntos correspondientes al Adhesan 1600, sin embargo, la mayoría de estos puntos se encuentran por encima de los puntos correspondientes a las demás probetas. En la Grafica No.14 las líneas rectas indican el valor promedio de los datos para cada tipo de adhesivo. Se observo la falla de la junta por esfuerzos combinados de tracción y cortante fallando el adhesivo para todos los casos. (Ver Fotografía 12 y 13).

Fotografía 12. Falla por Tracción.



El adhesivo con mejor comportamiento mecánico a partir del ensayo realizado fue el Adhesan 1600.

Se define la adhesión como la fuerza de atracción entre la superficie que se quiere unir y la línea de cola formada por el adhesivo. Es un fenómeno de superficie y tiene su origen en que las moléculas del material que se pretende unir son distintas a las moléculas del adhesivo que forma la línea de cola. Se define cohesión a la fuerza entre las propias moléculas de la línea de cola y es la causa de que éstas se mantengan unidas.

La adhesión, es decir, la unión entre la guadua (en este caso) y la línea de cola es consecuencia de dos mecanismos: de una cierta adhesión mecánica y de la adhesión específica, que depende de la naturaleza de la superficie y del adhesivo. La adhesión mecánica depende de la forma de penetrar el adhesivo por los poros de la guadua. Si el adhesivo penetra bien se conseguirá una buena adhesión mecánica. La adhesión específica será función de las fuerzas moleculares que aparezcan entre el adhesivo y la guadua, es decir dependerá de la tensión superficial del líquido adhesivo y de su más o menos habilidad para «mojar», la superficie de la guadua, esto sucede debido a fuerzas de Van der Waals.

Según los resultados de los comportamientos mecánicos de las juntas en donde el adhesan 1600 obtuvo los mejores valores de resistencia, esto se puede explicar debido a que este adhesivo no posee una viscosidad tan alta en comparación al adhesan 533 y 2532, lo cual refleja una mejor penetración de este en los poros de la superficie de la guadua y por ende una mejor adhesión mecánica.

En este proyecto y con base en estos resultados se optó por la utilización del Adhesan 1600 como adhesivo para la elaboración del laminado.

Fotografía 13. Probeta Fallada por Tracción.



4.6 PRUEBAS MECANICAS DE LA GUADUA LAMINADA.

4.6.1 Flexión. Los valores para este tipo de ensayo se encuentran registrados en la Tabla No. 21. La flexión máxima promedio para el laminado fue de 621 Kg/cm^2 con una desviación de 52.5 El promedio de la carga máxima fue de 138 Kg. con una desviación de 11.6. Estos valores son aceptables si tenemos en cuenta los reportados para probetas de la especie Pino, Arenillo y Sapan²⁵, que fueron: Carga Máx.= (118, 143 y 245) Kg y Esfuerzo Máx.= (664, 804 y 1378) Kg/cm^2 Respectivamente

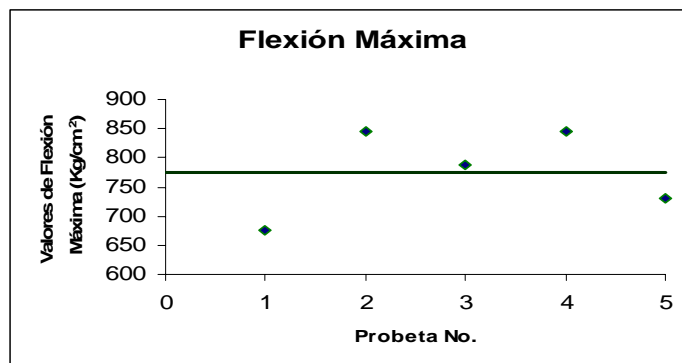
²⁵ COY GARZON, Yesenia; PEREZ BUSTOS y Ludwing. Factores de corrección de los esfuerzos últimos en el diseño de elementos de madera sometidos a flexión. Bucaramanga, 2005, p 40-43. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería.

Tabla 21. Valores para Carga y Flexión Máxima.

Probeta	Carga Max. (Kg)	Flexión Max. (Kg./cm ²)
1	120	675
2	150	844
3	140	788
4	150	844
5	130	731
Prom.	138	776
Desv.	11.6	52.5

En la Grafica No.15 se observa la dispersión de la flexión máxima respectivamente para las probetas de flexión, la línea recta indica el valor promedio de los datos de la flexión máxima.

Grafica 15. Dispersión de Valores para Flexión.



Fotografía 14. Falla por Flexión.



Se observaron dos tipos de fallas, falla en el adhesivo donde se observó separación de las laminas fallando por cortante el adhesivo y falla en la guadua donde se observó rotura de las fibras en la parte inferior de la sección de las probetas. (Ver Fotografías 14 y 15).

Fotografía 15. Probetas Falladas por Flexión.



4.6.2 Compresión Paralela a las fibras. Los resultados obtenidos para compresión paralela se muestran en la Tabla No.22.

La resistencia última promedio a la compresión paralela a la fibra del laminado fue de 350.5 kg/cm².

Con una desviación de 26.00. La carga máxima promedio en el límite proporcional fue de 1402 Kg. con una desviación de 104.0.

Valores de carga máxima y esfuerzos a compresión paralela realizado a probetas de las especies Toluá y Maquí²⁶, carga: (1180 y 4100) Kg y Esfuerzo: (317 y 1025) kg/cm², respectivamente, indican que los valores obtenidos para las probetas de guadua no están tan alejados de los obtenidos para Toluá, siendo esta una especie de gran uso a nivel industrial.

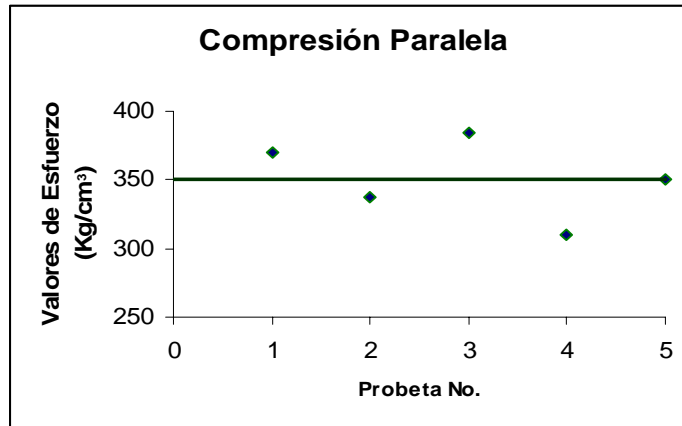
Tabla 22. Cargas y Esfuerzos Máximos a Compresión paralela.

Probeta	Carga (Kg.)	Área (cm ²)	Esfuerzo (Kg./cm ²)
1	1480	4	370.0
2	1350	4	337.5
3	1540	4	385.0
4	1240	4	310.0
5	1400	4	350.0
Prom.	1402	-----	350.5
Desv.	104.0	-----	26.00

La Gráfica No. 16 muestra la dispersión de los valores de esfuerzos máximos de las probetas sometidas a compresión paralela, la línea recta representa el promedio de los esfuerzos.

²⁶ GOMEZ REY, María Paula y POVEDA JARAMILLO, Cesar Augusto. Análisis de las propiedades mecánicas de las maderas Toluá y Maquí al ser sometidas a largos periodos de calor (degradación térmica). Bucaramanga, 1998, p. 35, 47. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas.

Grafica 16. Dispersión de Esfuerzos Máximos en Compresión Paralela.



En el ensayo se observaron dos tipos de fallas, primero en la línea de pega, fallando el adhesivo y la segunda en la guadua, en donde las láminas exteriores de las probetas fallan, separándose las fibras en sentido diagonal.

Fotografía 16. Falla por Compresión Paralela.



4.7 PRUEBA MECANICA A LA GUADUA COMO MATERIAL

4.7.1 Tracción. Los resultados para este ensayo se consignan en la Tabla No. 23. La carga máxima promedio resistida por las probetas fue de 148.2 kg con una desviación estándar de 41.75 y a su vez el esfuerzo máximo promedio fue de 492.76 Kg./cm² con una desviación estándar de 128.34.

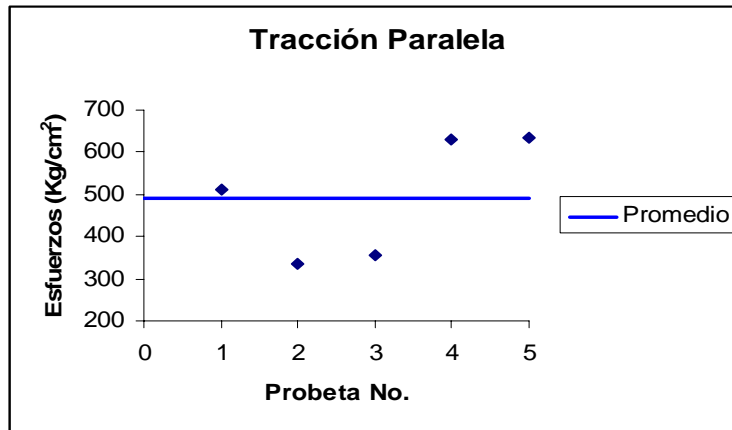
Fotografía 17. Falla por Tracción.



Tabla 23. Cargas y Esfuerzos Máximos para Tracción.

Probeta No.	Carga Kg.	Área Cm ²	Esfuerzo Kg./cm ²
1	142	0.278	510.79
2	98	0.293	334.47
3	109	0.306	356.21
4	191	0.304	628.29
5	201	0.317	634.07
Promedio	148.2		492.76
Desviación	41.75		128.34

Grafica 17. Dispersión de Esfuerzos Máximos para Tracción.



En la Grafica No. 17, los rombos representan la dispersión de los valores de los esfuerzos máximos resistidos por las probetas falladas a tracción y la línea recta representa el valor promedio de estos esfuerzos.

El tipo de falla observada corresponde a la rotura de las fibras en la garganta de la probeta (ver Fotografías 18 y 19).

Fotografía 18. Probetas Falladas por Tracción.



Gabriele y Herrera, reportaron valores para tracción perpendicular realizada a guadua rolliza en donde el esfuerzo máximo fue de 509.573 Kg/cm², lo que indica que los valores obtenidos en esta investigación están cercanos a este valor²⁷.

²⁷ GABRIELE PRADILLA, José Luis; HERRERA ORTIZ, Hernán Darío. Op.cit., p. 105

5. CONCLUSIONES

- ❖ De acuerdo a lo reportado en la literatura estudiada se pudo comprobar que la durabilidad de la Guadua en las construcciones en términos de baja probabilidad de ataque de insectos o plagas, se encuentra relacionada con el corte en menguante, en horas entre las 12 de la noche y antes de que los rayos del sol se presenten sobre la superficie de la tierra.
- ❖ La humedad en el entrenudo fue mayor a la del nudo, esto significa que la parte intermedia puede ser más susceptible al ataque de hongos e insectos; este comportamiento ocurrió de igual forma para las dos Guaduas, a pesar que el contenido de humedad promedio para estas arrojó valores significativamente diferentes.
- ❖ Se determinó con respecto a la humedad, que el nudo aunque está compuesto por una delgada capa de fibras, este, no absorbe mayor cantidad de agua y que su papel no solo es de almacenar pequeñas cantidades de agua sino filtrarla, para permitir el paso gradual del líquido de un entrenudo a otro.
- ❖ El proceso de secado se puede hacer de dos formas natural y artificialmente. El conocimiento y correcto manejo de ambas permite tomar la decisión adecuada sobre la solución de secado que debe adoptarse para atender una demanda determinada de guadua seca y de buena calidad.
- ❖ El secado natural es siempre necesario, sea como sistema único de secado o como preámbulo de algún sistema artificial de secado. Aunque es un proceso simple requiere de una buena técnica y del cumplimiento de una serie de precauciones para obtener buenos resultados. Los resultados obtenidos en este trabajo con esta forma de secado fueron satisfactorios, a pesar de la lentitud del proceso y de las diferencias de temperatura entre el día y la noche, el secado fue uniforme, las latas presentaron pocos defectos y ninguna variación en el color de estas.

- ❖ Además de ser un proceso rápido reduciendo el tiempo de secado, el secado artificial en particular permite llevar a la guadua y otras especies a valores inferiores del contenido de humedad de equilibrio del lugar de donde se esta secando, lo cual fue una herramienta importante para la realización de muchos ensayos durante el desarrollo de este trabajo. Las latas utilizadas tuvieron afinidad a un programa suave de secado (60°C), en donde se obtuvieron piezas con pocos defectos, caso contrario a las demás condiciones de secado en donde hubo señales de colapso, arqueado y torceduras.
- ❖ Se determinó la densidad verde o normal de la Guadua utilizada para este trabajo por el método de máximo contenido de humedad en astillas, obteniéndose valores de 0.60 g/cm³ y 0.57 g/cm³ para la guadua 1 y 2 respectivamente. También se pudo concluir que la densidad es menor en la parte baja, aumenta en la parte media en la que presenta su máximo valor y en la parte alta disminuye relativamente este valor.
- ❖ El proceso de inmunización por inmersión a temperatura ambiente, utilizando como preservante TOC MADERA AQ, es un método de preservación de buena eficacia y económico para el tratamiento de inmunización de guadua.
- ❖ Con los datos obtenidos de absorción, se puede sugerir como tiempo adecuado de inmersión 120 minutos a temperatura ambiente; con el fin de generalizar el proceso final, ya que se obtiene una protección adecuada a bajo costo y en poco tiempo.
- ❖ La penetración fue buena para todos los tiempos de inmersión, esto se logro debido a que las dimensiones de las probetas no fueron tan grandes y al hecho de que el preservante es a base acuosa.
- ❖ Se confirmó la presencia del componente activo del inmunizante y de la cantidad de este en cada una de las láminas tratadas a los diferentes tiempos de inmersión, por medio de los métodos instrumentales de Cromatografía de Gases y Espectrometría de Masas.

- ❖ Con el comportamiento observado de las juntas y los resultados obtenidos en el ensayo de tracción para la selección del adhesivo, se pudo elegir el ADHESAN 1600 como el adhesivo con el que se fabrico el laminado.

- ❖ En los ensayos de flexión y compresión paralela a las fibras realizados a probetas construidas con pequeñas laminas de guadua, se pudo observar los valores de las cargas máximas, flexión máxima y resistencia a la compresión, soportados por la Guadua en forma laminada.

6. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda el proceso de secado artificial de guadua, para la producción masiva de láminas, ya que es un método más rápido y preciso para obtener una humedad determinada, pero este proceso implica un aumento en los costos de producción, por tal motivo para reducir costos en esta parte del trabajo, se recomienda la construcción de un secador solar²⁸ de inversión mínima, para disminuir la humedad de la guadua hasta un punto cercano a la humedad relativa del sector.
- ❖ Durante la realización del presente estudio, se apreció la susceptibilidad de la especie *Bambusa Guadua* al ataque de insectos, razón por la cual se recomienda desarrollar una línea de investigación para la preservación y conservación con un agente inmunizante de origen biológico a fin de garantizar la vida útil de esta materia prima, menor toxicidad e impacto ambiental y disminución en los costos de producción.
- ❖ Reporte completo de los impactos socio-económicos y ambientales de la producción masiva de pisos y láminas de guadua.
- ❖ Hacer un análisis del estado del arte de las tecnologías de industrialización de guadua existentes en el país, hecho que distorsiona las oportunidades con que cuenta el país para acceder a los mercados nacionales e internacionales en cada uno de los subsectores identificados. Este análisis es importante, dado que, las prácticas de secado e inmunización son un limitante en la comercialización de la guadua o de alguno de sus subproductos y las exigidas por el mercado no están al acceso de todos los productores y/o comercializadores y las tecnologías para los procesos de industrialización son básicamente artesanales.

²⁸ [on-Line]: [http:// WWW. Combam. de](http://WWW.Combam.de). [revisado 25 de Julio 2007]

- ❖ Teniendo en cuenta que el proceso de industrialización está en sus inicios es necesario realizar una exploración detallada de contactos empresariales en los países donde se identifique oportunidades de mercado, ya que el interés por la industrialización de la guadua es muy dinámico.

BIBLIOGRAFIA

ANTURY, Carlos Julio. Elementos estructurales en Bambú. Bogotá, 1981. 91 p. Trabajo de grado (Ingeniero Civil) Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería.

ARBELAEZ ARCE, Anacilia. Evaluación de las investigaciones sobre el recurso Guadua (Guadua Angustifolia Kunt) realizadas en Colombia / Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2001. Medellín.

ARIAS YOUNG, Álvaro. Economía y rentabilidad de los cultivos de Guadua. En: Simposio sobre usos y servicios de la Guadua. 2001. Armenia. Colombia.

Bambusoideas de Colombia. Características químicas y biométricas de algunos bambúes como fuente de pulpa para papel Universidad Industrial De Santander-INCIVA-

BASTIDAS, Lucy Amparo y FLORES, B. Edgar. Uso del Bambú en viviendas para estratos medios. El Bambú como material estructural de losa de entrepiso. En: seminario guadua en la reconstrucción. (1º : 2000 : Armenia). Memorias del seminario guadua en la reconstrucción. Armenia: 2000. p. 33.

BRUYNE, N. A. y HOUWINK, R. Adherencia y adhesivos, teoría, tecnología y análisis. Madrid: Aguilar, 1957. p 570.

BURNEO CALISTO, Marcelo. La industria de molduras, pisos y laminados de caña guadua y bamboo en el Ecuador. I seminario Bamboo. 2001

CARRASCO RODRIGUEZ, José Isaac; JUNCO LOPEZ, Jairo Roberto y QUIROGA PARRA, José Joaquín. Correas en Celosía tridimensionales armadas en latas de Guadua de Castillo. Bogotá,

1982, p.15-18. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería.

CARTILLA DE CONSTRUCCION CON MADERA, Junta del acuerdo de Cartagena. Cali, 1980

CARVAJAL CAMINOS, William Roberto; ORTEGON CRIOLLO, William Oswaldo y ROMERO CASEY James P. Pulp and Paper: Pulping and bleaching.Vol 1.New York: Interscience Publisher. 1966.

CLARK James d A. Pulp Technology and Treatment for Paper. San Francisco: Miller Freeman. 1981. 131-135p.

DAGILIS TREVOR, David. Bamboo composite materials for low-cost Housing. PhD. Thesis Department of Civil, Engineering Queen's University, Kingston Canada. 1999.

DELGADO OSORIO, Claudia Patricia. Paneles estructurales con láminas de Guadua. Bogotá, 2000, p.25-30. Trabajo de grado (arquitectura). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Artes.

ESCOBAR C. Oscar. Preservantes para Madera. En Madera: Boletín técnico informativo sobre tecnología de maderas. Vol. IX. No.1. Medellín: Laboratorio de productos forestales Diversidad Nacional, 1991. 41-44 p.

GILL N. T. y VEAR K. C. Botánica Agrícola. España: Acribia, 1965. p. 565-580

Guadua y Madera: Una tradición constructiva. Comité Departamental Cafeteros del Quindío.

HANSEN Howard S. Diseño moderno de estructuras de Madera. México: Continental, 1972. 11-20, 237-338 p.

HASSAN S. y KHANDEM EI. Carbohydrate chemistry monosaccharides and their oligomers. San Diego: Academic Press, 1988.

HIDALGO LOPEZ, Oscar. Bambú, su cultivo y aplicaciones en la fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanías. Bogota : Estudios Técnicos Colombianos, 1974. 318 p

IKAN, Raphael. Natural products a laboratory guide. 2 ed. Estados Unidos: Academic Press, 1991.

International Network for Bamboo and Rattan, Bamboo Panel Board a State of the Art Review. 1999.

JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). Comunidad Económica Europea. Manual del grupo Andino para la preservación de maderas. S.I.: JUNAC. 1988.

La Guadua. Corporación Autónoma de Risaralda. Colección Educativa N° 4.

La Guadua. Ministerio del Medio Ambiente: Corporación Autónoma Regional del Risaralda. Pereira, Colombia: Botero Gómez.

La Guadua: Un regalo de la naturaleza / Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Boletín N° 72 (ago. 1990)

LAWRENCE George H. Taxonomy of vascular plants. E.E.U.U.: Macmillan Publishing, 1951. 565-567, 624-625 p.

LIBBY C. Earl. Ciencia y Tecnología sobre pulpa y papel: Pulpa.Tomo México: Continental, 1976. 46-141 p.

LONDOÑO PAVA, Ximena. La Guadua un Bambú importante de América. En: I seminario Bambú 2001. Guayaquil. Ecuador.

MANZUR MACIAS, David; FLOREZ RESTREPO, Miguel y NOREÑA ECHEVERRI, Carlos A. Nueve métodos de propagación de la Guadua / Universidad Nacional de Caldas, Facultad de Ingeniería Agronómica. (ago. 1980). Manizales.

OVALLE, Lizardo y VEGA MORA, Jaime. Uniones con pegante para madera. Bogota, 1993, p. 22-30. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería.

PATIÑO, Víctor Manuel. Datos etnobotánicos sobre algunas formas leñosas de la subfamilia bambusoideae (poaceae) en la América intertropical. En: revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Vol. 19, No. 72 Bogota: Guadalupe, (abr. 1994); p. 27-46. ISSN 0370-3908

PEREZ PALACIO, Oscar. Reforestación con Guadua una posibilidad económica. Vol. 27, No. 1. 1980; p. 5-8

PROEXPORT COLOMBIA. Estudio de mercado, exportación de pisos en Guadua para la unión Europea. Bogota, Colombia. 2001.

Reproducción y Cultivo de la Guadua. En: Revista Esso Agrícola. Vol. 24, No. 2 (1982); p.12-14.

RINCON SEPULVEDA, Ovidio. La Guadua y su importancia socio-económica. En: Revista Esso Agrícola. Vol. 24, No. 2/3. Bogota: (jun. 1997); p. 27-34, 5-12.

ROBLES F.V y ECHENIQUE M.R. Usos estructurales de la madera laminada encolada. En estructuras de madera. México: Limusa, 1983. p. 253-263.

SJSTROM Eero. Wood chemistry: fundamental and applications. 2 ed. San Diego: Academic press, 1993.

STAMM, Jörg. Laminados de Guadua. En: Seminario-taller de avances en la investigación sobre Guadua. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. 2002.

STOTO S, Herbert E y VALENCIA E, Henry. La Guadua / Corporación Regional Autónoma "Gramsa". (Abr. 1981). Manizales.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE DE MEDELLIN, FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS, DEPARTAMENTO DE RECURSOS FORESTALES. Primer seminario sobre preservación de maderas: Notas técnicas. Medellín: Universidad Nacional, 1973.

VELASQUEZ ECHEVERRI, Luís Fernando. Fundación para el desarrollo del Quindío: Montaje de una planta procesadora de Guadua para pisos, paneles y molduras. En: Simposio sobre usos y servicios de la Guadua. Armenia. Colombia.

ANEXOS

ANEXO A. Tablas de Pesos para Determinación de Humedad

1. Pesos Iniciales y Finales de Probetas para Determinación de Humedad de la guadua 1

Probeta No.	Con Nudo		Sin Nudo	
	W Inicial (gr)	W Final (gr)	W Inicial (gr)	W Final (gr)
1	45.36	34.36	51.45	37.83
2	44.12	33.68	49.86	36.66
3	47.65	36.65	53.17	39.39
4	44.93	34.56	50.95	37.46
5	45.62	34.82	48.23	35.20
6	43.21	32.73	49.37	36.30
7	44.85	34.50	51.68	38.00

2. Pesos Iniciales y Finales de Probetas para Determinación de Humedad de la Guadua 2

Probeta No.	Con Nudo		Sin Nudo	
	W Inicial (gr)	W Final (gr)	W Inicial (gr)	W Final (gr)
1	49.11	36.11	54.35	38.27
2	48.26	35.23	56.28	39.91
3	47.39	34.85	57.42	40.44
4	49.41	36.07	54.21	37.91
5	49.52	36.15	56.84	40.03
6	48.37	35.05	57.18	39.99
7	47.85	35.18	55.47	39.06

ANEXO B. Tablas de Pesos para Control de Secado

1. Pesos Diarios de las Probetas en el Secado Natural de la Guadua 1

	Días	Probeta No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
W Para Cada Día (gr)	Agosto	4	47.15	46.97	48.52	47.36	45.67	47.29	48.42	47.61	48.32	48.11
		11	45.94	46.01	47.38	46.33	44.60	46.18	47.36	46.50	47.15	46.96
		18	45.00	45.06	46.29	45.19	43.61	45.22	46.38	45.50	46.10	45.84
		25	44.11	44.18	45.60	44.38	42.89	44.48	45.65	44.64	45.37	45.01
	Septiembre	1	43.55	43.61	44.90	43.85	42.27	43.83	45.00	44.03	44.65	44.40
		8	43.34	43.40	44.69	43.63	42.10	43.66	44.73	43.82	45.54	44.22
		15	42.59	42.65	43.92	42.92	41.34	42.90	43.93	43.10	43.78	43.53
		22	42.07	42.13	43.48	42.46	40.93	42.34	43.57	42.64	43.20	42.96
		29	41.82	41.84	43.08	42.10	40.72	42.02	43.02	42.24	42.90	42.60
	Octubre	6	41.36	41.38	42.68	41.71	40.24	41.66	42.62	41.71	42.36	42.13
		13	41.15	41.27	42.46	41.39	40.04	41.55	42.55	41.60	42.18	41.84
		20	40.97	41.10	42.28	41.32	39.93	41.31	42.26	41.38	41.96	41.73
		27	40.83	40.88	42.10	41.10	39.62	41.13	42.11	41.21	41.86	41.52
	Noviembre	3	40.69	40.74	41.91	40.93	39.52	40.95	42.00	41.17	41.74	41.45
		10	40.58	40.71	41.88	40.89	39.42	40.91	41.82	41.06	41.71	41.37
		17	40.34	40.39	41.59	40.61	39.28	40.66	41.60	40.81	41.35	41.12
	W Anhidro		35.29	35.37	36.45	35.56	34.34	35.58	36.46	35.74	36.27	36.04

2. Pesos Diarios de las Probetas en el Secado Natural de la Guadua 2

	Días	Probeta No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
W Para Cada Día (gr)	Agosto	4	54.28	55.36	54.12	56.31	55.92	54.87	55.52	53.83	54.67	55.26
		11	53.28	54.30	53.16	55.34	54.92	53.90	54.54	52.88	52.88	54.31
		18	51.55	52.54	51.36	53.63	53.14	52.07	52.73	51.24	51.24	52.55
		25	49.90	50.90	49.87	52.03	51.52	50.48	51.11	49.55	49.55	50.79
	Septiembre	1	48.68	49.64	48.52	50.63	50.13	49.12	49.85	48.34	48.34	49.50
		8	47.45	48.35	47.34	49.27	48.90	47.88	48.48	47.11	47.11	48.32
		15	47.14	48.07	47.00	48.95	48.51	47.64	48.24	46.73	46.73	47.93
		22	46.72	47.60	46.53	48.59	48.23	47.22	47.81	46.35	46.35	47.50
	Octubre	29	46.22	47.13	46.07	48.00	47.64	46.63	47.34	45.90	45.90	47.03
		6	45.96	46.82	45.77	47.75	47.40	46.52	47.10	45.66	45.66	46.80
		13	45.38	46.27	45.23	47.11	46.80	45.86	46.43	45.10	45.10	46.21
		20	45.11	46.08	45.04	46.88	46.45	45.62	46.19	44.90	44.90	45.97
	Noviembre	27	44.84	45.69	44.66	46.64	46.21	45.23	45.88	44.44	44.44	45.58
		3	44.54	45.41	44.39	46.20	45.86	45.04	45.61	44.21	44.21	45.35
		10	44.27	45.22	44.20	46.04	45.66	44.81	45.37	44.06	44.06	45.11
			17	44.04	44.98	44.05	45.84	44.46	44.46	45.17	43.79	43.79
	W Anhidro		38.36	39.15	38.30	39.93	39.60	38.83	39.35	38.18	38.72	39.16

3. Peso de las Probetas de la Guadua 1 en el Secado en Estufa a 100°C

	Tiempo (Horas)	Probeta No.				
		1	2	3	4	5
W Para Cada Hora (gr)	0	48.26	47.35	49.54	47.31	48.11
	4	46.14	45.38	47.40	45.26	46.00
	8	45.00	44.25	46.26	44.17	44.89
	12	44.10	43.33	45.30	43.20	43.93
	16	42.80	42.14	44.01	42.03	42.71
	20	41.87	41.11	42.97	41.01	41.71
	24	41.69	40.97	42.90	40.97	41.63
	28	41.58	40.83	42.79	40.76	41.46
	32	41.40	40.72	42.61	40.69	41.31
	36	41.22	40.51	42.35	40.48	41.10
	40	41.15	40.41	42.28	40.37	41.03
	44	41.08	40.30	42.24	40.27	41.00
W Anhidro (gr)		35.88	35.26	36.89	35.20	35.77

4. Peso de las Probetas de la Guadua 2 en el Secado en Estufa a 100 °C

	Tiempo (Horas)	Probeta No.				
		1	2	3	4	5
W Para Cada Hora (gr)	0	56.42	54.36	53.18	52.82	54.62
	4	54.93	52.92	51.78	51.50	53.16
	8	53.68	51.72	50.60	50.26	51.91
	12	52.39	50.48	49.39	49.05	50.70
	16	51.34	49.51	48.36	48.11	49.65
	20	49.94	48.15	47.03	46.75	48.24
	24	48.97	47.18	46.16	45.92	47.35
	28	47.84	46.10	45.02	44.82	46.26
	32	47.00	45.28	44.30	44.00	45.48
	36	46.60	44.89	43.92	43.69	45.05
	40	46.40	44.73	43.65	43.42	44.90
	44	46.24	44.54	43.58	43.27	44.74
W Anhidro (gr)		40.24	38.83	37.96	37.73	38.97

5. Peso de las Probetas de la Guadua 1 en el Secado en Estufa a 80°C

	Tiempo (Horas)	Probeta No.				
		1	2	3	4	5
W Para Cada Hora (gr)	0	47.35	48.25	47.16	48.93	48.96
	4	46.32	47.14	46.14	47.90	47.87
	8	45.37	46.14	45.08	46.88	46.84
	12	44.63	45.38	44.42	46.11	46.07
	16	43.75	44.52	43.47	45.20	45.16
	20	42.76	43.51	42.52	44.25	44.21
	24	42.12	42.86	41.85	43.52	43.52
	28	41.81	42.54	41.57	43.15	43.19
	32	41.52	42.25	41.36	42.93	42.90
	36	41.21	41.89	41.01	42.57	42.53
	40	41.00	41.71	40.76	42.31	42.35
	44	40.85	41.57	40.62	42.24	42.20
	48	40.71	41.39	40.51	42.09	42.06
	52	40.61	41.32	40.37	41.95	41.98
	56	40.50	41.21	40.27	41.83	41.87
	60	40.43	41.14	40.23	41.77	41.80
W Anhidro (gr)		35.31	35.96	35.17	36.54	36.54

6. Peso de las Probetas de la Guadua 2 en el Secado en Estufa a 80°C

	Tiempo (Horas)	Probeta No.				
		1	2	3	4	5
W Para Cada Hora (gr)	0	55.42	54.36	56.40	53.21	51.41
	4	54.14	53.11	55.02	52.03	50.19
	8	52.88	52.80	53.73	50.74	49.05
	12	51.81	51.77	52.68	49.71	48.02
	16	50.46	50.38	51.27	48.37	46.73
	20	49.35	49.27	50.14	47.38	45.71
	24	48.48	48.44	49.26	46.55	44.89
	28	47.97	47.93	48.77	46.09	44.45
	32	47.33	47.41	48.25	45.52	43.90
	36	46.90	46.86	47.68	45.06	43.42
	40	46.46	46.38	47.20	44.64	43.06
	44	46.02	45.95	46.83	44.26	42.69
	48	45.87	45.79	46.60	44.03	42.39
	52	45.63	45.55	46.43	43.84	42.29
	56	45.43	45.39	46.19	43.57	42.10
	60	45.23	45.20	45.99	43.42	41.95
W Anhidro (gr)		39.61	38.91	40.34	38.09	36.77

7. Peso de las Probetas de la Guadua 1 en el Secado en Estufa a 60°C

	Tiempo (Horas)	Probeta No.				
		1	2	3	4	5
W para Cada Hora (gr)	0	44.16	45.22	49.85	46.35	46.75
	4	43.40	44.44	48.99	45.55	45.98
	8	42.77	43.80	48.28	44.89	45.32
	12	42.14	43.15	47.57	44.23	44.62
	16	41.71	42.71	47.09	43.85	44.20
	20	41.42	42.41	46.79	43.50	43.92
	24	40.72	41.70	45.93	42.78	43.11
	28	40.33	41.29	45.52	42.36	42.76
	32	40.23	41.16	45.37	42.18	42.58
	36	39.67	40.58	44.81	41.66	41.99
	40	39.47	40.38	44.51	41.38	41.74
	44	39.07	39.98	44.14	41.04	41.36
	48	38.71	39.64	43.69	40.69	41.01
	52	38.58	39.47	43.50	40.52	40.80
	56	38.31	39.23	43.24	40.28	40.59
	60	38.21	39.10	43.17	40.10	40.45
	64	38.08	38.96	42.94	40.00	40.31
68	37.95	38.83	42.87	39.86	40.17	
72	37.85	38.72	42.68	39.68	40.06	
76	37.72	38.62	42.57	39.58	39.96	
W Anhidro (gr)		33.00	33.82	37.31	34.72	35.02

8. Peso de las Probetas de la Guadua 2 en el Secado en Estufa a 60°C

	Tiempo (Horas)	Probeta No.				
		1	2	3	4	5
W para Cada Hora (gr)	0	55.16	57.32	52.93	54.56	57.23
	4	53.38	55.55	51.30	52.96	55.54
	8	52.35	54.49	50.39	51.86	54.47
	12	51.64	53.75	49.70	51.20	53.77
	16	50.85	52.84	48.90	50.37	52.83
	20	49.94	51.98	48.03	49.55	51.96
	24	49.31	51.32	47.35	48.85	51.31
	28	48.64	50.62	46.82	48.22	50.57
	32	48.32	50.29	46.36	47.87	50.20
	36	47.97	49.80	45.98	47.36	49.75
	40	47.45	49.27	45.49	46.93	49.29
	44	47.17	48.98	45.22	46.65	48.92
	48	46.90	48.69	45.03	46.38	48.64
	52	46.42	48.20	44.50	45.83	48.15
	56	46.11	47.87	44.27	45.60	47.82
	60	45.95	47.74	44.08	45.40	47.69
	64	45.75	47.54	43.89	45.25	47.44
68	45.60	47.34	43.70	45.01	47.28	
72	45.40	47.13	43.51	44.85	47.12	
76	45.28	47.01	43.40	44.73	47.00	
W Anhidro (gr)		39.51	41.09	37.97	39.14	41.08

ANEXO C. Tablas de Pesos para la Determinación de la Densidad

1. Peso de las Probetas de la Guadua 1 para determinar su Densidad.

Probeta No.	Peso Seco (gr)	Peso Húmedo (gr)
1	41.686	96.075
2	40.324	91.771
3	39.425	69.560
4	38.334	68.451
5	41.671	80.340
6	40.816	80.866

2. Peso de las Probetas de la Guadua 2 para determinar su Densidad.

Probeta No.	Peso Seco (gr)	Peso Húmedo (gr)
1	41.347	99.166
2	40.624	95.705
3	39.572	72.425
4	38.911	72.123
5	42.436	87.819
6	41.327	84.274

ANEXO D. Tablas de Valores para Determinación de Absorción del Inmunizante

1. Pesos y Volúmenes de las Probetas para Determinar la Absorción.

		Tiempos de Inmersión (min.)				
		30	60	90	120	
Probeta No.	1	W. Seco (gr)	39.29	39.43	39.50	39.60
		W. Húmedo (gr)	39.60	39.85	40.00	40.14
		Volumen (m ³)	6.72x10 ⁻⁵	6.84x10 ⁻⁵	6.70x10 ⁻⁵	6.48x10 ⁻⁵
	2	W. Seco (gr)	38.87	39.56	39.20	39.07
		W. Húmedo (gr)	39.06	39.81	39.60	39.50
		Volumen (m ³)	4.43x10 ⁻⁵	4.13x10 ⁻⁵	5.22x10 ⁻⁵	5.11x10 ⁻⁵
	3	W. Seco (gr)	38.95	38.90	38.82	38.92
		W. Húmedo (gr)	39.19	39.22	39.20	39.46
		Volumen (m ³)	5.49x10 ⁻⁵	5.37x10 ⁻⁵	5.07x10 ⁻⁵	6.40x10 ⁻⁵
	4	W. Seco (gr)	39.40	38.75	38.56	38.86
		W. Húmedo (gr)	39.65	39.11	39.00	39.34
		Volumen (m ³)	5.59x10 ⁻⁵	5.79x10 ⁻⁵	5.73x10 ⁻⁵	5.81x10 ⁻⁵
	5	W. Seco (gr)	39.35	39.52	39.15	39.62
		W. Húmedo (gr)	39.67	39.93	39.68	40.21
		Volumen (m ³)	6.95x10 ⁻⁵	6.66x10 ⁻⁵	6.90x10 ⁻⁵	7.14x10 ⁻⁵

2. Dimensiones y Volúmenes de las Probetas para Determinar la Absorción.

		Tiempos de Inmersión (min.)				
		30	60	90	120	
Probeta No.	1	Largo (m)	0.108	0.112	0.114	0.110
		Ancho (m)	0.0506	0.0509	0.0498	0.0495
		Espesor	0.01230	0.01200	0.01180	0.01190
		Volumen	6.72×10^{-5}	6.84×10^{-5}	6.70×10^{-5}	6.48×10^{-5}
	2	Largo (m)	0.114	0.102	0.106	0.104
		Ancho (m)	0.0409	0.0413	0.0505	0.0502
		Espesor	0.00950	0.00980	0.0975	0.00980
		Volumen	4.43×10^{-5}	4.13×10^{-5}	5.22×10^{-5}	5.11×10^{-5}
	3	Largo (m)	0.109	0.107	0.101	0.109
		Ancho (m)	0.0406	0.0408	0.0412	0.0480
		Espesor	0.01240	0.01230	0.01220	0.01223
		Volumen	5.49×10^{-5}	5.37×10^{-5}	5.07×10^{-5}	6.40×10^{-5}
	4	Largo (m)	0.113	0.116	0.117	0.117
		Ancho (m)	0.0503	0.0510	0.0507	0.0508
		Espesor	0.00983	0.00978	0.00967	0.00978
		Volumen	5.59×10^{-5}	5.79×10^{-5}	5.73×10^{-5}	5.81×10^{-5}
	5	Largo (m)	0.115	0.113	0.112	0.115
		Ancho (m)	0.0508	0.0504	0.0509	0.0510
		Espesor	0.01190	0.01170	0.01210	0.01218
		Volumen	6.95×10^{-5}	6.66×10^{-5}	6.90×10^{-5}	7.14×10^{-5}

ANEXO E. Fotografia de Baldosas de Guadua Laminada fabricada durante el proyecto.

