

**OPTIMIZACIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH EN LA  
ELABORACIÓN DE ELEMENTOS LAMINADOS PARA USO CONSTRUCTIVO**

**ANA MARÍA CHAVEZ CARVAJAL  
FITZGERALD LOZANO RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2012**

**OPTIMIZACIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH EN LA  
ELABORACIÓN DE ELEMENTOS LAMINADOS PARA USO CONSTRUCTIVO**

**ANA MARÍA CHAVEZ CARVAJAL  
FITZGERALD LOZANO RODRÍGUEZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director:**

**RICARDO ALFREDO CRUZ HERNÁNDEZ  
Profesor Planta. Universidad Industrial de Santander**

**Co-Director:**

**GERMAN ADOLFO DÍAZ RAMÍREZ  
Profesor Cátedra Asociado. Universidad Industrial de Santander**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2012**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de grado primeramente a Dios y a mi madre. A Dios por bendecirme, llenarme de fortaleza y guiarme en todo momento de mi vida y a mi madre por velar por mi bienestar, educación y por ser uno de los motivos de mi lucha constante.

A mi familia quienes han sido el gran ejemplo a seguir,  
por su tenacidad y lucha en la vida

A mi esposo por su amor y ayuda incondicional  
Y a mis amigos y compañeros cercanos quienes  
contribuyeron en mi crecimiento personal y académico  
siendo fuente de apoyo y colaboración en el transcurso de la carrera

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis sinceros agradecimientos están dirigidos hacia Dios por  
llenarme de fortaleza y voluntad en este camino  
A mi mamá, hermana, esposo e hija por su amor, comprensión y  
ayuda en este proceso  
A mi familia y en especial a mi tío Martin Alberto quien con su apoyo  
contribuyo en gran medida en este proyecto

Agradezco también la confianza y  
el soporte académico a nuestro director  
Ricardo Alfredo Cruz Hernández y co-director  
German Adolfo Díaz Ramírez,  
sin los cuales no hubiésemos podido salir adelante.

Agradezco a Jaime y Mauricio  
en el laboratorio y talleres por su tiempo y amabilidad  
Y a todos aquellos quienes  
hicieron parte de la culminación de esta investigación

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	20
1. OBJETIVOS	21
1.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
2. ANTECEDENTES	22
3. MARCO TEÓRICO	25
3.1 BAMBÚ GUADUA	25
3.1.1 Clasificación Taxonómica.	25
3.1.2 Morfología General del Bambú Guadua.	27
3.1.3 Corte, Secado y Curado.	31
3.1.4 Productos derivados del Bambú Guadua.	32
3.2 BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL	33
3.2.1 Aspectos importantes en la elaboración de Laminados Encolados Estructurales.	34
3.2.2 Productos laminados de Bambú Guadua Laminada Encolada.	35
3.3 ENSAYOS A FLEXIÓN EN TRES PUNTOS	35
3.3.1 Consideraciones Teóricas.	36
3.3.2 Características de la Maquina usada en el ensayo a Flexión. La	38
3.3.3 Procedimiento del Ensayo a Flexión	38
3.3.4 Fallas por flexión	39
4. METODOLOGÍA	40
4.1 REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	40
4.2 OBTENCIÓN DE LAS PROBETAS	41
4.2.1 Obtención de las latas de Guadua.	41
4.2.2 Configuración de la sección de las vigas.	45

4.2.3 Pegado, prensado y acabado final de las vigas.	48
4.3 MONTAJE Y AJUSTE DEL ENSAYO A FLEXIÓN EN TRES PUNTOS	50
4.4 PROPIEDADES FISICO MECÁNICAS DE LAMINADOS ENCOLADOS BASE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH	51
4.4.1 Determinación de la densidad de las vigas	51
4.4.2 Calculo del Módulo de elasticidad a Flexión de las Probetas.	56
4.4.3 Calculo del Esfuerzo último a Flexión de las Probetas.	57
5. ANALISIS DE RESULTADOS	58
5.1 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y GEOMÉTRICOS A FLEXIÓN DE ELEMENTOS LAMINADOS VARIANDO LA PARTE DEL TALLO A LA CUAL PERTENECEN.	58
5.1.1 Densidades en los laminados encolados estructurales	58
5.1.2 Determinación de la variación en la resistencia	60
5.1.3 Determinación de la variación en el Módulo Elástico.	64
5.2 ANÁLISIS DEL DESPERCICIO	65
CONCLUSIONES	67
BIBLIOGRAFIA	69
ANEXOS	73

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Guadual	25
Figura 2. Taxonomía de la Guadua	26
Figura 3. Rizoma	27
Figura 4. Culmo o tallo de una Guadua	28
Figura 5. Secado al aire libre	32
Figura 6. Curado por inmersión	32
Figura 7. Curado en cámara	32
Figura 8. Curado método Boucherie	32
Figura 9. Puente de Guadua. Cúcuta, Norte de Santander	33
Figura 10. Techo de Escenario-Parque de la Vida. Armenia, Quindío	33
Figura 11. Esquema del ensayo a flexión en tres puntos	36
Figura 12. Relación Radio-Espesor promedio	42
Figura 13. Guadua rajada	43
Figura 14. Latas	43
Figura 15. Maquinado de la Guadua	44
Figura 16. Anomalías en la Guadua	45
Figura 17. Densidad de las fibras en la Guadua	46
Figura 18. Configuración de las secciones en las vigas para las cepas.	46
Figura 19. Configuración de las secciones en las vigas para las basas y sobrebasas.	47
Figura 20. Configuración de las secciones en las vigas combinadas.	47
Figura 21. Latas encoladas por los cantos	48
Figura 22. Pegado, prensado y acabado de vigas	49
Figura 23. Maquina Universal de Ensayos, soporte y rodillo usados en el ensayo	51
Figura 24. Medidas de sección transversal, longitud y peso de la probeta	54

Figura 25. Vigas	55
Figura 26. Cálculo de E, según Gráfica: Carga-Desplazamiento	57
Figura 27. Carga [kgf]-Desplazamiento [mm], probeta P16+C10_23	57

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Partes de la Guadua	30
Tabla 2. Características físicas de las probetas.	52
Tabla 3. Densidades de acuerdo a la configuración	59
Tabla 4. Densidades de las probetas	60
Tabla 5. Deflexiones admisibles en vigas con $\Delta$ [mm]	61
Tabla 6. Percentil 5%	62
Tabla 7. Esfuerzo admisible según la deflexión	63
Tabla 8. Principales índices de desempeño	64
Tabla 9. Índices de desempeño de varios materiales	65
Tabla 10. Desperdicio	66

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Inventario del Material	73
ANEXO B. Diámetro, área y relación Radio-Espesor para la Base Superior e Inferior	74
ANEXO C. Espesores de la Base Superior e Inferior	75
ANEXO D. Dimensiones promedio de las latas	76
ANEXO E. Ensayo a flexión en tres puntos de bambú guadua laminada encolada estructural	82
ANEXO F. Ficha técnica viga laminada encolada estructural	108

## GLOSARIO

**Abs:** área de la base o sección superior del espécimen.

**Abi:** área de la base o sección inferior del espécimen.

**AIS:** asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

**Aprom:** área promedio de la sección transversal del espécimen.

**B1p:** ancho promedio izquierdo de la lata de guadua.

**B2p:** ancho promedio derecho de la lata de guadua.

**Brácteas:** órgano foliáceo en la proximidad de las flores, cuya función es proteger las flores o inflorescencias.

**Carga:** fuerza externa que actúa sobre un cuerpo.

**Cariopsis:** fruto monospermo seco e indehiscente.

**Cepilladora:** herramienta eléctrica, utilizada para el proceso de planeado y canteado de una superficie de madera.

**Contenido de humedad:** (símbolo **w**) cantidad de agua que contiene un material en el momento de su extracción

**Corte:** acción de cortar la Guadua

**Curado:** procedimiento de preservación de la guadua ya sea por un proceso natural o tradicional.

**CRQ:** corporación Autónoma Regional del Quindío.

**D:** diámetro de la sección del espécimen de Guadua.

**Deflexión:** grado de desplazamiento de un cuerpo bajo la acción de una fuerza

**Densidad:** (símbolo  **$\rho$** ) magnitud escalar que refiere a la cantidad de masa contenida en el volumen de una sustancia

**DIN:** (Deutsches Institut für Normung) Instituto Alemán de Normalización.

**Esfuerzo:** parámetro usado para comparar la resistencia de dos materiales.

**Familia:** categoría taxonómica que comprende un conjunto de géneros que comparten una serie de caracteres.

**Flexión:** deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal

**Fibra:** hebra unicelular o pluricelular que se separa de la corteza o más raramente del leño de los vegetales.

**Fibrovascular:** compuesto de elementos vasculares y fibrosos.

**Fimbria:** porción laciniada o dividida en segmentos muy finos de un órgano.

**Guadua:** nombre genérico con que se denomina a diversas plantas.

**ICONTEC:** Instituto Colombiano de Normas Técnicas.

**L:** longitud del espécimen de Guadua.

**L1p (Int):** longitud interior promedio de la lata de guadua.

**L1p (Ext):** longitud exterior promedio de la lata de guadua.

**Lamina:** denominado como limbo foliar, forma parte de la anatomía de una hoja

**Lata:** lamina de guadua.

**Lígula:** apéndice membranoso de la familia de las gramíneas, situado en la unión entre la lámina y la vaina.

**MTS:** material Test System - Maquina Universal de Ensayos.

**Masa:** cantidad de materia que posee un cuerpo.

**Método Boucherie:** método de preservación que sustituye la savia en la guadua por una mezcla de agua y un químico (boro).

**Módulo de Elasticidad:** (símbolo **E**) parámetro que relaciona carga con deformación

**Momento de inercia:** (símbolo **I**) medida de la inercia rotacional de un cuerpo.

**N°:** nombre asignado al espécimen.

**NN:** número de nodos por espécimen.

**NSR-10:** normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente 2010.

**NTC:** norma técnica Colombiana.

**Pmáx:** carga máxima elástica

**Protura:** carga resistida por la probeta antes de la falla

**Pentaborato:** mezcla empleada para la preservación del bambú.

**Percentil:** valor de la variable por debajo de un porcentaje

**Pericarpio:** parte del fruto que recubre su semilla.

**PVA:** acetato de polivinilo conocido como cola o adhesivo vinílico que se seca en una hora, pero que alcanza su máxima fijación a 24 horas de su aplicación.

**R:** radio de la sección del espécimen de Guadua.

**R/t:** relación Radio-Espesor.

**Rajado:** proceso de partir en rajas.

**Regruesadora:** herramienta eléctrica empleada para obtener una superficie plana paralela prefijada a ésta.

**Secado:** proceso que inicia desde el corte hasta que el material alcanza su contenido de humedad de equilibrio.

**Sierra Circular:** herramienta eléctrica usada para seccionar y aserrar transversal o longitudinalmente la madera.

**Trompo:** máquina para trabajo en madera, usada para sacar y pulir molduras, así como para matar el filo de la tabla.

**Vaina:** hojas caulinares.

**Volumen:**(símbolo **V**) magnitud escalar que representa el espacio ocupado por un cuerpo.

**Y<sub>máx</sub>:** deflexión máxima elástica

## RESUMEN

**TITULO:** OPTIMIZACIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH EN LA ELABORACIÓN DE ELEMENTOS LAMINADOS PARA USO CONSTRUCTIVO\*

**AUTOR (ES):** ANA MARÍA CHAVEZ CARVAJAL\*\*  
FITZGERALD LOZANO RODRÍGUEZ

**PALABRAS CLAVES:** Densidad, Módulo de Elasticidad, esfuerzo de flexión, Guadua, laminados.

Este proyecto de investigación fue desarrollado en la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga, Colombia, en donde se presentan los resultados del comportamiento de la densidad, el módulo Elástico y la resistencia a la flexión, de vigas laminadas encoladas de guadua Angustifolia Kunth-biotipo cebolla; para probetas con configuraciones distintas; tomando como variable la parte del tallo de la que se originan sus latas, y a partir de esto haciendo una propuesta de laminado en la cual; se esperaría aprovechar al máximo el área y la resistencia del material, esta investigación se fundamenta bajo el objetivo de mejorar el uso de los laminados de guadua en la construcción y a su vez el proceso de fabricación.

La metodología seguida para el ensayo de flexión y los procedimientos y requisitos para probetas pequeñas son las establecidas por la NTC-663 Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión y la NTC 301 Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera, del Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC).

Partiendo de la consideración de que el bambú es una de las variedades con mejores propiedades físico mecánicas y de alta durabilidad en el mundo y según los resultados y el análisis que se les practico en el transcurso de este proyecto, se puede concluir que los laminados de guadua podrían convertirse en grandes sustituyentes de la madera maciza siendo la configuración más óptima para fabricar laminados encolados la planteada para las cepas 2 y Basas-Sobrebasas.

Así mismo los índices de desempeño respecto a la relación peso rigidez y de relacion de su peso como miembro rígido fueron muy similares indicando que el material posee un buen comportamiento aun cuando no se hace necesario elaborar elementos estructurales laminados encolados para los tipos de configuración de sección de viga propuestos en términos de la procedencia del material respecto a la altura.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad: Físico mecánica Escuela: Ingeniería Civil Director: Ricardo Alfredo Cruz Hernández Codirector: German Adolfo Díaz Ramírez

## SUMMARY

**TITLE:** OPTIMIZATION OF ANGUSTIFOLIA KUNTH BAMBOO IN THE MANUFACTURE OF LAMINATED ELEMENTS FOR CONSTRUCTIVE USE\*

**AUTHOR(S):** ANA MARIA CHAVEZ CARVAJAL\*\*  
FITZGERALD LOZANO RODRIGUEZ

**KEYWORDS:** Density, Elasticity Module, flexion effort, Guadua(Bamboo), laminates.

### Description:

This Research Project was developed at the Industrial University of Santander, Bucaramanga, Colombia, where we present the results of density's behavior, elastic modulus and flexural strength of glued laminated Angustifolia Kunth Timber Bamboo-biotype Onion; for test tube samples with different configurations; taking as a variable, the stem of which originate its cans, and from this by making a proposal which would be expected to maximize the area and the material's resistance.

This research is based on the objective of improving the use of laminated bamboo in construction and, in turn, the manufacturing process.

The methodology followed for the testing of flexion, the procedures and requirements for small samples are set by the NTC-663 Wood. Determination of resistance to flexion, and NTC-301 Requirements for small samples for testing physical and mechanical wood, from the Colombian Institute of Technical Standards (ICONTEC).

Based on the consideration that the bamboo is one of the varieties with improved mechanical and physical properties of high durability in the world and according to the results and analysis that we performed during this project, we can conclude that the bamboo laminates could become large substituents of solid wood being the most optimal configuration for manufacturing glued laminates, the one proposed for strains 2 and Basas-Sobrebasas.

Likewise the performance indices with respect to weight ratio and stiffness ratio of its own weight as rigid member were very similar indicating that the material has a good behavior even when it is not necessary to elaborate glued laminated structural elements for the different types of configuration with respect to beam section, given in terms of where the material's source has to do with respect to the height.

---

\* Graduation Project

\*\* Faculty: Physical mechanical School: Civil Engineering Director: Ricardo Alfredo Cruz Hernandez. Co-director: German Adolfo Diaz Ramirez

## INTRODUCCIÓN

El proyecto “Optimización de la Guadua Angustifolia Kunth en la elaboración de elementos laminados para uso constructivo” se elaboró con el fin de mejorar el uso de los laminados de guadua en la construcción y a su vez el proceso de fabricación, planteando lo significativa que llegaría a ser la variación de la resistencia a la flexión en un laminado encolado; tomando como variable la parte del tallo de la que se originan sus latas y a partir de esto haciendo una propuesta de laminado con una disposición de los elementos en la cual; se esperaría aprovechar al máximo el área y la resistencia del material, además de hacer una propuesta de elemento constructivo con base a los resultados obtenidos.

Este documento presenta un primer capítulo que contiene los antecedentes, que sirvieron de guía en la elaboración del mismo, un marco teórico donde se reúnen la información respecto a que es el Bambú Guadua, clasificación, morfología, procesos de corte, secado y curado y los productos derivados de la misma, así mismo se hace la introducción a los laminados encolados estructurales, exponiendo los aspectos relevantes en su fabricación y los productos laminados más representativos en la construcción actualmente. Para finalizar este capítulo se hace referencia a las características, procedimientos y fallas de los ensayos a Flexión. El tercer capítulo abarca los procedimientos y metodologías seguidas en el proyecto respecto a la fabricación de los laminados, elaboración de ensayos y los cálculos desarrollados a partir de ellos. El último capítulo trata el análisis hecho a los resultados y posterior a él las conclusiones y recomendaciones por parte de los autores.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Optimizar la Guadua Angustifolia Kunth en la elaboración de elementos laminados para uso constructivo.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la variación en la resistencia a flexión de elementos laminados tomando como variable la parte del tallo a la cual pertenecen.
- Determinar la combinación más apropiada para la conformación de laminados de guadua.
- Proponer elementos constructivos con base a los resultados obtenidos.

## 2. ANTECEDENTES

La Guadua, se considera como un pasto gigante ó bambú leñoso que pertenece a la familia de las gramíneas, fácil de cultivar y de crecimiento rápido, que se da ampliamente a orillas de ríos y cañadas, se considera como un recurso natural resistente, agente protector del suelo, el agua y captador de dióxido de carbono, conformada por un culmo o tallo con presencia de nudos y entrenudos, rizoma, ramas y hojas.

La guadua alcanza su máxima resistencia y madurez, a partir del tercer o cuarto año de cultivo, es considerada en la actualidad como un material versátil, de bajo peso, alta densidad, de excelentes características sísmo resistente y buen sustituto de la madera debido a su breve ciclo de crecimiento y comportamiento ante el fuego.

En el mundo existen aproximadamente 1300 especies de Bambú, de las cuales se considera que en América se dan 440 especies, los tallos difieren de acuerdo a la especie; en altura, diámetro y forma de crecimiento. La guadua es una especie bastante representativa de la región, pero su participación ha sido bastante básica, pues solo se había utilizado en construcciones sencillas, sin cumplimiento de normas y generalmente en su estado natural (rolliza).

Lo anterior se demuestra en el campo de las construcciones civiles donde la guadua en su estado natural mayormente ha sido usada para entibar muros, soportar y apuntalar cerramientos, hacer andamios, casetones, columnas, pasamanos, etc.

De igual forma se debe destacar que recientemente se está extendiendo su uso a vigas pequeñas, pisos y paneles laminados; gracias a estudios experimentales y

analíticos, donde se ha indagado sobre las propiedades físicas que influyen la densidad, contenido de humedad, resistencia, dureza, comportamiento frente al ataque de hongos e insectos; y pruebas mecánicas de compresión, flexión y tensión perpendicular y paralela a la dirección de las fibras en la guadua. Así mismo se han centrado esfuerzos en la optimización de los insumos que se requieren para la producción de laminados.

Algunos estudios relacionados con la guadua laminada y de los cuales esta tesis de grado se ha soportado son:

M. Ahmad, F. A. Kamke, (2005), en cuya publicación titulada ANALYSIS OF CALCUTTA BAMBOO FOR STRUCTURAL COMPOSITE MATERIALS: PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES, donde se establece la viabilidad de producir un compuesto estructural de Bambú Calcuta, considerando características físicas y mecánicas con respecto a la ubicación a lo largo de la longitud de la caña o culmo, haciendo una comparación entre nudos y entrenudos y la dirección radial y tangencial.

S. Talabgaew, V. Laemlaksakul, (2007), en cuya publicación titulada EXPERIMENTAL STUDIES ON THE MECHANICAL PROPERTY OF LAMINATED BAMBOO IN THAILAND, se experimentó el efecto de tres factores en las propiedades mecánicas de bambú laminado, los cuales fueron tipo de especie, de adhesivo y el peso de pegamento por área de lata.

González B. Héctor Álvaro, Hellwig Steffen, Montoya A. Jorge Augusto (2008), en cuya publicación titulada RESULTADOS DEL ENSAYO DEL MÓDULO DE YOUNG Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS LAMINADAS DE Guadua angustifolia KUNTH, se presentan los resultados del comportamiento de la densidad, módulo de Young y la resistencia a la flexión de vigas laminadas de

cierta sección, siguiendo la metodología de ensayo a flexión para probetas grandes (DIN-EN 408:2003).

López Luis Felipe, Correal Juan Francisco (2009), en cuya publicación titulada ESTUDIO EXPLORATORIO DE LOS LAMINADOS DE BAMBÚGUADUA ANGUSTIFOLIA COMO MATERIAL ESTRUCTURAL, presentan los resultados de estudio; acerca del potencial de los laminados de Guadua Angustifolia Kunth como material estructural, la influencia de la dirección de las fibras y ubicación de las láminas en las propiedades mecánicas.

Rodríguez V. Nelson Fernando, (2011), en cuya tesis de maestría titulada ELABORACIÓN DE TABLAS Y GRÁFICOS DE DISEÑO A FLEXIÓN DE VIGAS DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA PEGADA PRENSADA, donde se estudió la influencia de la densidad del bambú en su resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad con la construcción y ensayo de vigas simplemente apoyadas, con cuatro configuraciones de densidad y luces diferentes.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 BAMBÚ GUADUA

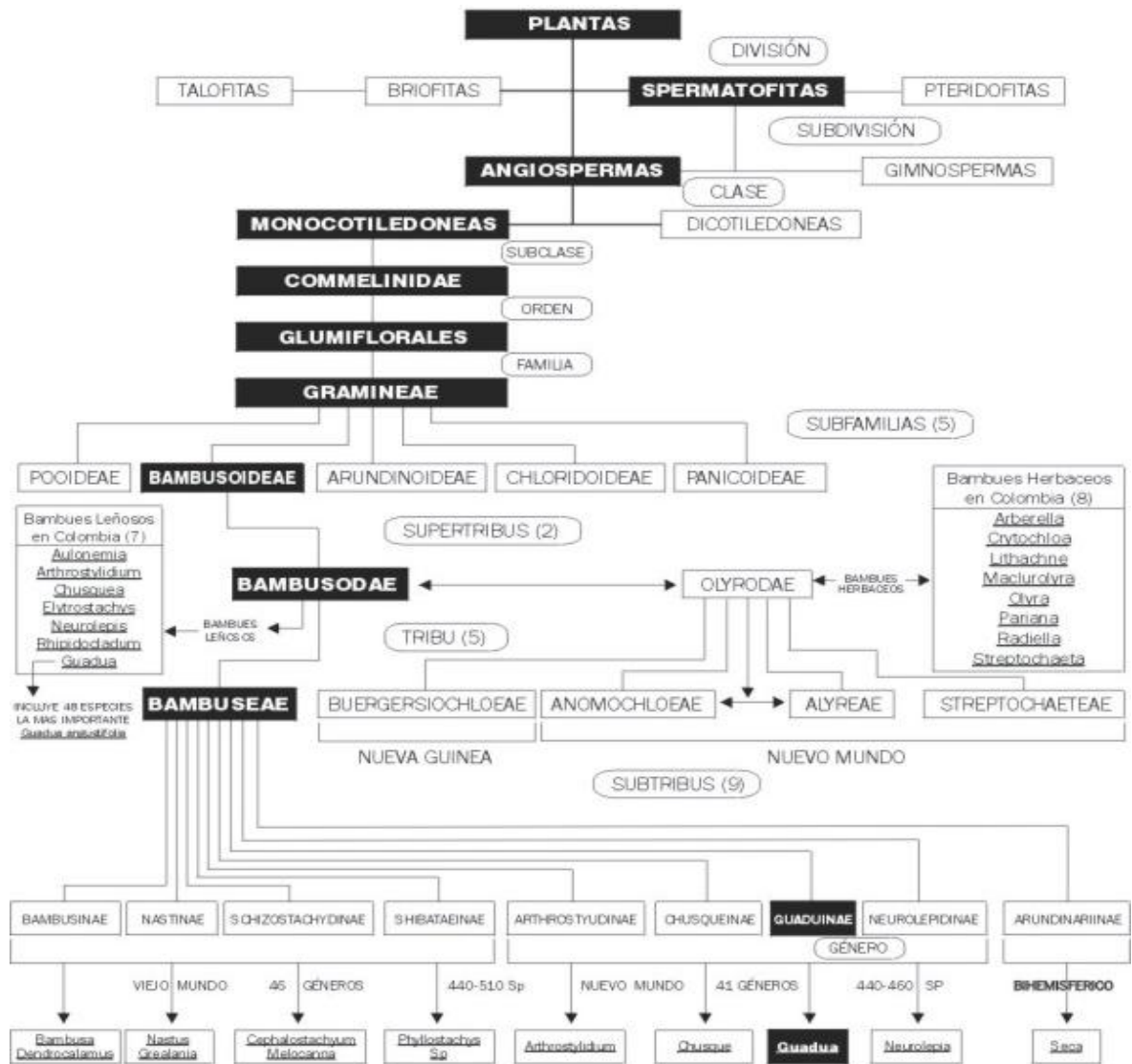
**3.1.1 Clasificación Taxonómica.** La Guadua es un bambú leñoso que crece hasta 2200 metros sobre el nivel del mar, perteneciente a la subdivisión Angiospermaeo plantas con flores, del orden de las Cyperales, la Familia Gramineae del cual existen más de 440 especies en América, a la subfamilia Bambusoideae de la que se conoce existen alrededor de 90 géneros en los que se agrupan cinco (5) tribus: Anomochloaeae, Olyreae, Buerge, Siochioeae, Sreptochacteeae y la Bambuseae, siendo esta última la tribu de la Guadua angustifolia; que es la especie de mayor distribución en la región central Andina y es la que comúnmente se utiliza en la construcción debido a que posee excelentes propiedades físico-mecánicas y durabilidad, además se conocen cinco formas o biotipos que son: cebolla, cotuda, macana, castilla y rayada negra.

**Figura 1. Guadual**



Fuente: <http://bambucasascarolinazuarq.blogspot.com>

Figura 2. Taxonomía de la Guadua



Fuente: Ximena Londoño

**3.1.2 Morfología General del Bambú Guadua.** La guadua es conocida como uno de los bambúes más grandes del mundo alcanzando alrededor 30m de altura [1] y diámetros que varían entre 1 y 22 centímetros [2] su culmo o tallo es un cilindro hueco. La sección transversal de dichos culmos de Guadua se diferencia en cuanto a anatomía en su corteza exterior, capa interna y área fibrovascular, en la que se encuentran localizadas las células parénquimas, haces vasculares y fibras [3] El tallo y su respectiva estructura cambian dependiendo de la especie, forma o biotipo, lugar y altura de crecimiento, de igual forma varían sus diámetros, espesores, altura y distancia entre nudos.

**3.1.2.1 Rizoma:** El rizoma se encuentra por lo general enterrado, presenta yemas, brácteas, y raíces adventicias. Estas raíces cumplen la función de absorción y anclaje, y su apariencia es fibrosa y delgada, y las brácteas son las encargadas de proteger el rizoma. La función básica del rizoma es almacenar nutrientes y alimento, además de ser el elemento que permite la propagación de la guadua.

**Figura 3. Rizoma**



Fuente: Giraldo y Sabogal-1999, foto de C. Tonges 2004

---

[1] Londoño, X., 1998. A decade of observations of *Guadua angustifolia* plantations in Colombia. The Journal of the American Bamboo Society. Vol 12(1) pp. 37-42.

[2] Hidalgo, O., 2003. Bamboo the gift of the gods. 1th Edición. Ed. Osacar hidalgo López p. 553. Bogotá, Colombia

[3] Londoño, X.; Camayo, G.; Riaño, N.; López, Y., 2002. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. Bamboo Science and culture: The journal of american Bamboo Society. Vol 16 (1) pp. 18-31.

**3.1.2.2 Culmo:** Es el tramo de mayor utilidad del bambú. Se caracteriza por su forma cilíndrica, entrenudos huecos, separados por nudos. El diámetro y el espesor de la pared del culmo disminuyen con la altura, mientras que su densidad aumenta de acuerdo a ella.

**Figura 4. Culmo o tallo de una Guadua**



Fuente: <http://bambucasascarolinazuarq.blogspot.com>

**3.1.2.3 Ramas:** Se originan en el nudo, por encima de este o sobre un promontorio, pero su número y organización varían de acuerdo al desarrollo de la planta, es común en la mayoría de especies de Guadua, observar que las ramas se transforman en espinas.

La función principal de las ramas es el sostener el follaje que se encarga de los procesos fotosintéticos de la planta, aunque las ramas laterales bajas que brotan de las yemas del culmo pueden utilizarse también en la propagación.

### **Hoja Caulinar**

Estructura que nace en cada nudo del culmo y tiene como función proteger la yema que da origen a las ramas y al follaje. Presenta cambios progresivos en su

tamaño, forma, consistencia y vestimento a lo largo del culmo. Una hoja caulinar está constituida por: la vaina y la lámina, además de presentar: apéndices y fimbrias, lígula interna que es la estructura de unión entre la vaina y la lámina, y en ciertas ocasiones una faja o anillo en la base de la vaina que le sujeta fuertemente al culmo.


**3.1.2.4 Follaje:** La función principal del follaje consiste en la elaboración de alimento de la planta.

**3.1.2.5 Inflorescencia:** Básicamente la inflorescencia hace referencia a la disposición de las flores en una planta, en los bambúes la floración puede ser gregaria o esporádica. Se denomina floración gregaria cuando los miembros de una generación particular, con origen común, entran a la etapa reproductiva casi al mismo tiempo y luego de florecer y producir semillas, la planta muere, este tipo de floración ocasiona fuertes desequilibrios ecológicos.

Por otra parte la floración esporádica se da cuando todos los miembros de una generación particular con origen común, entran sucesivamente a la etapa reproductiva en múltiples tiempos y luego de dicha floración se observa un amarillamiento de la planta, pero sin darse muerte de la planta gracias a la aparición de nuevos brotes

**3.1.2.6 Fruto:** Existe una gran multiplicidad de formas en los frutos de los bambúes y en la mayoría de las especies el fruto es un cariopsis con pericarpio seco, delgado, con forma de grano; aunque también existen unos pocos géneros con pericarpio carnoso, escutelo grande y endospermo presente, reducido.

**Tabla 1. Partes de la Guadua**

	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
COPA	Parte superior de la planta, de longitud inferior a los 2 m.	
VARILLON	Sección de aproximadamente 3 m de longitud, de poco diámetro usada como soporte de estructuras menores	
SOBREBASA	Sección de aproximadamente 4 m de longitud, de mayor diámetro, generalmente utilizado en la construcción como elemento de soporte y como viguetas para formaletear planchas, paneles y barandas	
BASA	Sección de entre 4 y 8 m, de mayor uso comercial (vigas, columnas y estructuras de cubiertas), debido a su diámetro	
CEPA	Es la sección de mayor diámetro, de 3 m de longitud y entrenudos más cortos, se usa para cercas y postes.	
RIZOMA	Sección que cumplen la función de absorción, anclaje, almacenamiento de nutrientes y alimento, además de permitir la propagación de la guadua.	

Fuente:

<http://www.eldiario.com.co/seccion/PAGINA+VERDE/maravillosa-guadua090819.html>

**3.1.3 Corte, Secado y Curado.** Para llevar a cabo construcciones civiles en guadua, es imprescindible conocer y ejecutar cabalmente el proceso preliminar de cultivo y obtención del material. Se considera que el primer corte oscilara entre el cuarto y sexto año de crecimiento de la planta, (Entre las 3:00 am y las 5:00 am y en menguante [4]), cuando se estima que ha sobrepasado el grado de madurez óptima y poseen mayor resistencia. Luego del corte se realiza el proceso de secado, en donde el material se contrae y pierde la savia y por tanto su contenido de humedad y concentración de carbohidratos es menor, seguidamente se debe realizar un proceso de inmunización, ya que la guadua está ceñida por agentes bióticos (plagas), insectos y hongos. Comúnmente el secado se hace: al aire libre (situando los culmos vertical y espaciadamente y resguardándolos del sol y la lluvia bajo una cubierta ligera) [5]. El curado o preservado de la guadua se hace cuando ya se encuentra seca, con contenido de humedad por debajo del 12%. Los procedimientos para el preservado pueden ser: al calor en estufas o cámaras de metal o ladrillo y hormigón, a fuego abierto mediante humo, por inmersión en agua u otros líquidos, mediante recubrimiento [6] o por el método Boucherie (Por gravedad o presión).

---

[4] Giraldo E, y Sabogal A. Una alternativa sostenible: La Guadua p 156. Corporación Autónoma Regional de Quindío, CRQ. 1999 Colombia

[5] Hidalgo, Oscar, Manual de construcción con bambú. p 2 Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Universidad Nacional de Colombia, 1981 Bogotá. Colombia.

[7] Cruz Ríos, Hórmilson. La Guadua: nuestro bambú, pp. 246-247, Centro Nacional para el estudio del Bambú - Guadúa. CRQ. 1994. Armenia - Colombia

**Figura 5. Secado al aire libre**



**Figura 6. Curado por inmersión**



Fuente: <http://www.bosquedeniebla.com.mx/bambu.htm>

**Figura 7. Curado en cámara**



**Figura 8. Curado método Boucherie**



Fuente: <http://web.catie.ac.cr/guadua/tratamien.htm>

**3.1.4 Productos derivados del Bambú Guadua.** El bambú Guadua es un material que presenta una amplia gama de productos y aplicaciones entre los que se cuentan: muebles, utensilios para el hogar, telas (rayón), instrumentos musicales, artesanías, papel, y como alimento para el ganado debido a su alta concentración de proteínas. Así mismo se usa en las infraestructuras rurales y en los últimos años su uso se ha implementado en forma natural y transformando en productos laminados en grandes construcciones. (Puentes, bibliotecas, iglesias, viviendas, aeropuertos, etc.)

**Figura 9. Puente de Guadua. Cúcuta, Norte de Santander**



Fuente: Fot: Corporación Mixta de Promoción de Norte de Santander. <http://www.colombia.travel>

**Figura 10. Techo de Escenario-Parque de la Vida. Armenia, Quindío**



<http://www.conbam.info/pagesES/bauwerke.html>

### **3.2 BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL**

La madera laminada encolada estructural, es aquella que está compuesta por latas, libres de defectos y aglutinadas con un adhesivo de alta resistencia y presión en sus caras, cantos o extremos.

Aparece como una alternativa estructural y ambiental, con atractivas cualidades estéticas, físico-mecánicas y de durabilidad. En Colombia, su producción es

precaria, pero se ha venido investigando continuamente sobre ella, ya que se considera, la gran sustituyente de la madera maciza.

**3.2.1 Aspectos importantes en la elaboración de Laminados Encolados Estructurales.** Los siguientes aspectos deben estar precedidos por un material en perfectas condiciones, maduro, sin presencia de rajaduras superficiales, manchas o decoloración.

- **Secado:** Se hace necesario con el fin de evitar la aparición y proliferación de hongos e insectos y para normalizar las dimensiones de las latas.
- **Elección del adhesivo:** Es un parámetro relevante ya que este puede afectar enormemente la calidad de la unión de los laminados. Por lo general se establece que en la fabricación de productos laminados encolados para interiores (tableros no expuestos a la intemperie), se puede utilizar un adhesivo a base de úrea formaldehído o una mezcla de ésta con cola blanca. Mientras que para productos laminados encolados usados a en la construcción y que van a estar sometidos a esfuerzos mayores (Vigas laminadas) los adhesivos utilizados son aquellos de base melaminica [7], ya que cumplen la normatividad y respetan el medio ambiente.
- **Maquinado:** En los procesos de maquinado es necesario contar el con personal calificado y con la maquinaria optima, para obtener una mejor eficiencia y aprovechamiento del material, según investigaciones el desperdicio se calcula alrededor de un 50%.
- **Posición de las latas en la sección del elemento:** El montaje de las latas es un procedimiento de importancia ya que se debe cuidar que estas se intercalen en los traslapos y que las secciones transversales queden sometidas a un

---

[7] González, H. A., Hellwi, S., Montoya J.A., Determinación del adhesivo óptimo en la fabricación de vigas de Bambú (*Guadua angustifolia*), Facultad de Ciencias Agropecuarias 68 Vol 7 No. 1 Enero - Junio 2009

esfuerzo específico en la dirección tangencial con el fin de obtener un mayor aumento del esfuerzo máximo de flexión. [8]

- **Prensado:** Este procedimiento es fundamental para un buen producto final, ya que un buen prensado evita de laminaciones tempranas (Falla antes de lo previsto)

**3.2.2 Productos laminados de Bambú Guadua Laminada Encolada.** En la actualidad los productos laminados más notables a base de bambú, son los pisos, (producidos durante años en la República Popular China), seguido de los tableros y elementos decorativos, elementos estructurales (vigas laminadas), etc.

Los productos encolados que se pueden obtener son [9]:

- Piezas largas unidas al tope de muchas piezas cortas (Proceso Finger Joint)
- Piezas anchas obtenidas a través de la unión por los cantos de piezas angostas (Proceso EDGE – GLUE)
- Vigas para uso estructural mediante la unión de tablas de poco espesor por sus caras (Proceso GLUE – LAM)

### 3.3 ENSAYOS A FLEXIÓN EN TRES PUNTOS

La necesidad de conocer la respuesta de los materiales a fuerzas externas (tensión, compresión, flexión, torsión), hace que se requiera de la práctica de ensayos para su observación y análisis.

---

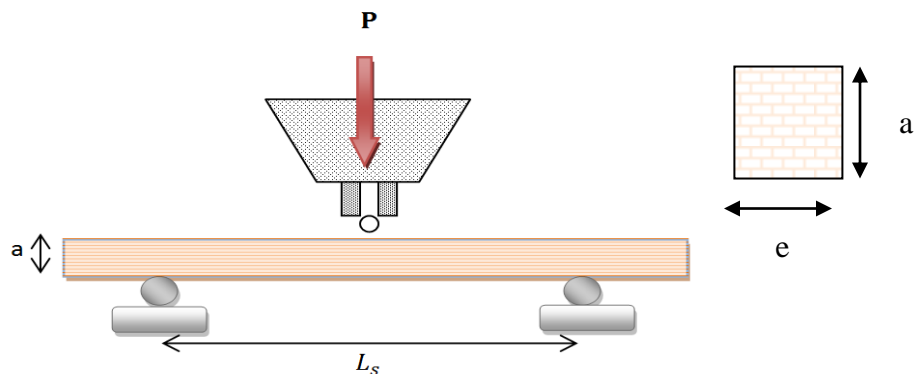
[8] López, L.F., Correal, J.F., Estudio exploratorio de los laminados de Bambú Guadua Angustifolia como material estructural, Maderas. Ciencia y tecnología 11(3): pp. 171-182, 2009

[9] Botero Cortés, L. F., Manual de Industrialización del Bambú, Buenos Aires- Argentina, ALA/2004/16705, pág. 18, 2004.

Un ejemplo de estas prácticas es el ensayo a flexión en el que tenemos la oportunidad de hallar los esfuerzos en cualquier etapa del material (límite de cedencia, límite elástico y zona plástica), igualmente proporciona datos que pueden ser utilizados para cotejar la flexibilidad de productos de diferentes materiales o del mismo variando algún parámetro físico mecánico, para este fin se comparan las curvas de carga-deflexión y las pendientes que representan módulos elásticos o de Young.

**3.3.1 Consideraciones Teóricas.** El esquema de carga que representara los ensayos a flexión en este proyecto se muestra en la Figura 11, de acuerdo a lo enunciado en la norma NTC 663 Determinación de la resistencia a la flexión; donde la carga se aplica como una fuerza externa concentrada a una distancia  $L_s/2$  de los apoyos.

**Figura 11. Esquema del ensayo a flexión en tres puntos**



Las probetas sometidas a flexión, presentan tracción en la parte inferior y compresión en la superior.

La ecuación para el cálculo de esfuerzos a flexión ( $\sigma$ ) para secciones homogéneas es igual a:

Ecuación N° 1

$$\sigma = \frac{3PL_s}{2ae^2}$$

$\sigma$  = Esfuerzo máximo a flexión  $\frac{Kg}{cm^2}$

$P$  = Carga máxima a flexión  $Kg$

$L$  = Longitud libre entre apoyos de la viga  $cm$

$a$  = Ancho de la probeta en la dirección radial  $cm$

$e$  = Altura de la probeta en la dirección tangencial  $cm$

El cálculo del módulo de elasticidad (E) para una viga simplemente apoyada, con una carga concentrada a una distancia  $L_s/2$  de los apoyos se determina como:

Ecuación N° 2

$$E = \frac{PL^3}{48IY_{máx}}$$

$E$  = Módulo de Elasticidad  $\frac{Kg}{cm^2}$

$P$  = Carga máxima elástica a flexión  $Kg$

$L$  = Longitud libre entre apoyos de la viga  $cm$

$I$  = Momento de Inercia de la sección  $cm^4$

$Y_{máx}$  = Deflexión máxima elástica  $cm$

**3.3.2 Características de la Máquina usada en el ensayo a Flexión.** La máquina usada en los ensayos de flexión debe tener las siguientes características:

- Presentar una forma adecuada en la que se pueda instalar la probeta de acuerdo a su longitud.
- No se debe permitir que las áreas de contacto entre la probeta y los apoyos se rocen y que se originen concentraciones de esfuerzo altas.
- Debe darse margen para los ajustes longitudinales de la posición de los apoyos
- Debe darse margen para los ajustes laterales rotativos en caso de tener que acomodar las probetas
- La probeta debe permanecer estable bajo la aplicación de las cargas

**3.3.3 Procedimiento del Ensayo a Flexión.** El procedimiento de este ensayo debe estar bajo la supervisión de un técnico o instructor, quien sea el que conecte el equipo y se encargue de programarlo para que haga las lecturas digitales adecuadas, los pasos básicos para el ensayo a flexión son:

- Medir las dimensiones de la sección del elemento a ensayar (calibrador)
- Apoyar la probeta sobre los soportes en la máquina y ajustarla para que el mazo que aplique la carga inicie con deformación en cero
- Aplicar la carga en forma continua hasta que se dé la falla, a la velocidad especificada

- Observar (si es posible) el modo de falla
- Hacer los cálculos respectivos de momento máximo, momento de inercia, módulo de rotura y módulo de elasticidad.
- Luego de retirada la probeta, se debe tomar una muestra de ella, con el fin de determinar parámetros como densidad y contenido de humedad

**3.3.4 Fallas por flexión.** Las fallas más comunes que se presentan en este tipo de ensayo son:

- ***Falla por cedencia de las fibras extremas:*** Se da cuando la deflexión en la viga se incrementa rápidamente con respecto a un aumento de carga.
- ***Falla por flambeo:*** Ocurre en vigas largas y angostas, en las que las fibras en compresión tienen un comportamiento similar a las fibras en compresión de una columna. El flambeo, el cual generalmente ocurre en dirección lateral.
- ***Falla en las áreas de contacto con los apoyos:*** Debido a esfuerzos compresivos altos
- ***Falla en vigas de material quebradizo:*** Este tipo de falla ocurre por ruptura súbita, y se da en las fibras tensadas ya que la resistencia a la tensión de dichos materiales es una fracción de la resistencia a la compresión

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

Se llevó a cabo mediante la recolección de información de diferentes ensayos, resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones realizadas por publicaciones y artículos en revistas científicas.

La revisión de procedimientos de ensayo y normas se hizo respecto a:

- Ensayos de probetas de elementos individuales a flexión.
- Contenido de Humedad.
- Módulo de elasticidad.
- NTC 206 Determinación del contenido de humedad para ensayos físicos y mecánicos.
- NTC 290 Determinación del peso específico aparente.
- NTC 301 Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera.
- NTC 663 Determinación de la resistencia a la flexión.
- NTC 790 Acondicionamiento para los ensayos físicos y mecánicos.
- NTC 5525 Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth.
- DIN EN 408 Structural timber and glued laminated timber-Determination of some physical and mechanical properties.

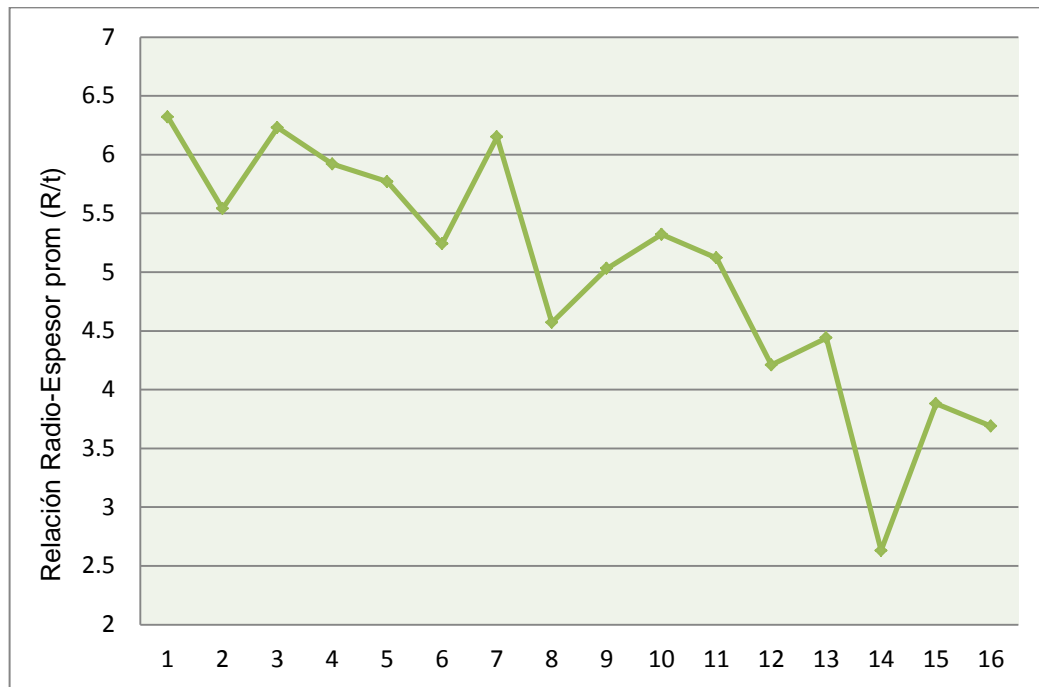
## 4.2 OBTENCIÓN DE LAS PROBETAS

**4.2.1 Obtención de las latas de Guadua.** El material se obtuvo a través de Induguadua S.A. que es una empresa avalada por la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), quien es la encargada de regular y otorgar los permisos y licencias ambientales en la zona. De esta forma se nos garantizó una adecuada selección, control de calidad, limpieza, inmunización (en una solución de pentaborato), secado, almacenamiento y transporte. El material obtenido por parte de Induguadua es una variedad de nombre “cebolla”, la cual posee culmos gruesos, con diámetros de hasta 20 cm, con yemas que producen ramas con múltiples espinas y que únicamente se dan en el tercio inferior de la planta, la altura de los culmos de esta variedad es mayor a 25 m.

Antes de iniciar los laminados, se procedió a hacer un inventario general del material y una toma de medidas de longitud, espesores, conteo de nudos, diámetros y áreas de sección de los culmos adquiridos. (Anexo A, Anexo B y Anexo C)

En la Figura 12. Se observa la gráfica del valor de la relación Radio-Espesor promedio (datos presentados en el Anexo A.), para los especímenes utilizados en el proyecto, estos valores nos proporcionan un posible margen de clasificación de los especímenes de acuerdo a su procedencia en función de la altura (Cepa, Basa-Sobrebasa). Así mismo se dan los valores de la media, varianza y desviación del valor de la relación Radio-Espesor promedio para los valores de la totalidad de especímenes adquiridos.

**Figura 12. Relación Radio-Espesor promedio**



	Media	Varianza	Desviación
CEPA	3,82	0,33	0,58
BASA-SOBREBASA	5,66	0,30	0,54

Para la elaboración de las latas se siguieron los siguientes pasos:

- Rajado de la guadua
- Mediciones y maquinado de las latas
- Separación de latas con irregularidades

**4.2.1.1 Rajado de la guadua:** Habiendo inventario el material se procedió a utilizar una sierra de disco de banco plano, la cual rajo la guadua en la mayor cantidad de latas posibles (Entre 8 a 15 latas por guadua), luego se retiró los

sobrantes de material aglomerados en los nudos tanto en la capa exterior como interior.

**Figura 13. Guadua rajada**



Fuente: <http://www.unperiodico.unal.edu.co/en/detail/article/ecogua-guadua-sin-desperdicios.html>

**4.2.1.2 Maquinado de las latas:** Una vez obtenidas las latas, se procedió a inventariarlas, se tomaron medidas de su longitud, espesor, cara externa e interna (3 tomas por medida para cada lata, los dimensiones promedios se reportan en el Anexo D) y se enumeraron.

**Figura 14. Latas**



Ya en los Talleres de maderas pertenecientes a la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander, cada lata pasó por el debido maquinado, para esto hubo la necesidad de instalarles dispositivos sencillos que permitieran un mejor acabado, secciones transversales rectangulares y un menor desperdicio del material. Las maquinas utilizadas fueron la cepilladora, sierra circular, regresadora, y el trompo, todas manipuladas bajo la supervisión del técnico de los talleres y cumpliendo las normas y estándares de seguridad especificadas.

**Figura 15. Maquinado de la Guadua**



**4.2.1.3 Separación de latas con irregularidades:** Las latas que presentaron anomalías o irregularidades, fueron retiradas del grupo, para no afectar de alguna forma la resistencia de los futuros laminados.

**Figura 16. Anomalías en la Guadua**



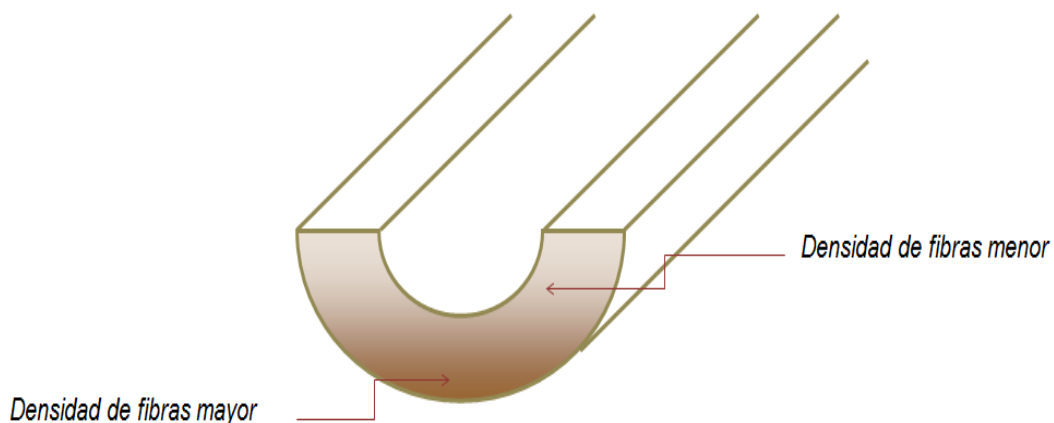
Lo deseable hubiera sido obtener latas de guadua en perfecto estado, o con deficiencias menores que no comprometieran la resistencia del material, pero muchas de estas anomalías eran previas al transporte y proceso de maquinado, ya sea en el crecimiento (curvaturas), secado (rajaduras, alabeo), almacenamiento inapropiado, inmunización pobre (aparición de perforaciones debida a los insectos), todas ellas acarreado el reemplazo de las piezas dañadas.

**4.2.2 Configuración de la sección de las vigas.** Debido a que la densidad de las fibras en la sección transversal de la guadua disminuye de la capa más externa a la interna, se configuro la sección de las vigas de modo que las láminas por sus caras externas se unieran a las láminas por sus caras internas [10]

---

[10] Osorio J.A., Vélez J.M., Ciro H.J., Estructura Interna de la Guadua y su incidencia en las propiedades mecánicas, Dyna, Noviembre, Universidad Nacional de Colombia-Medellín Colombia, pp. 81-94, 2007

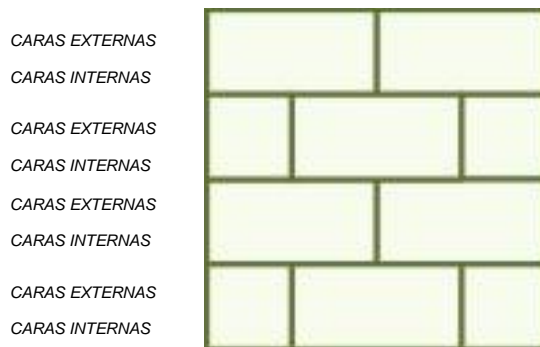
**Figura 17. Densidad de las fibras en la Guadua**



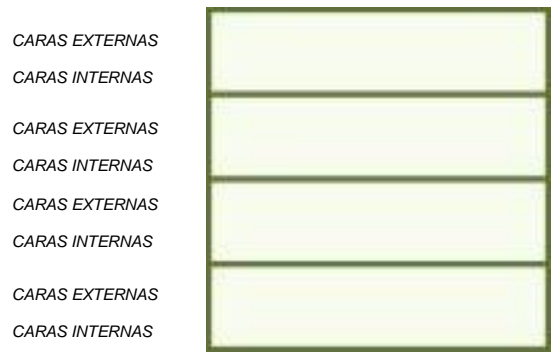
La sección transversal de las vigas laminadas encoladas sometidos a flexión fue dispuesta de tal manera que las líneas de pega de los cantos quedaran horizontales y traslapadas con el fin de prevenir de laminaciones. La carga se aplicó tangencial a las fibras [11]

De acuerdo a lo anterior la configuración establecida para las latas en las vigas fue:

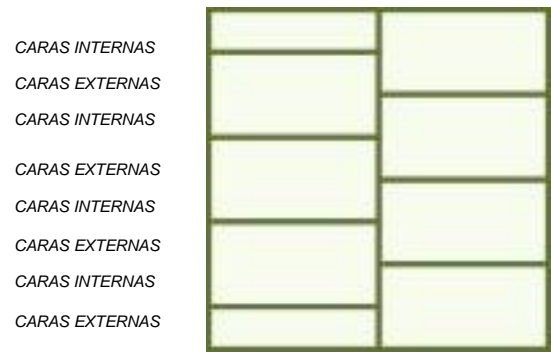
**Figura 18. Configuración de las secciones en las vigas para las cepas.**



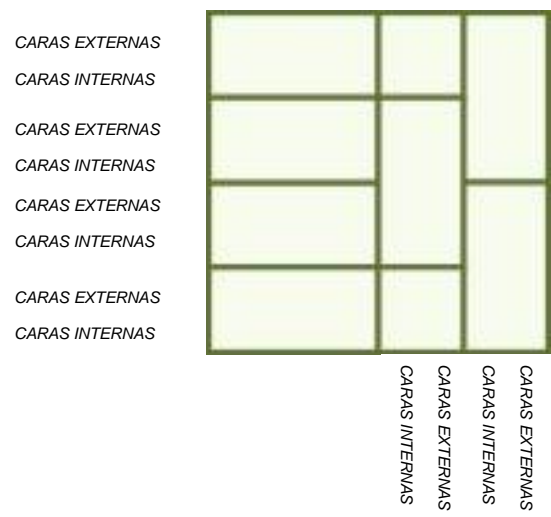
[11] López, L.F., Correal, J.F., op. Cit., pp. 171-182

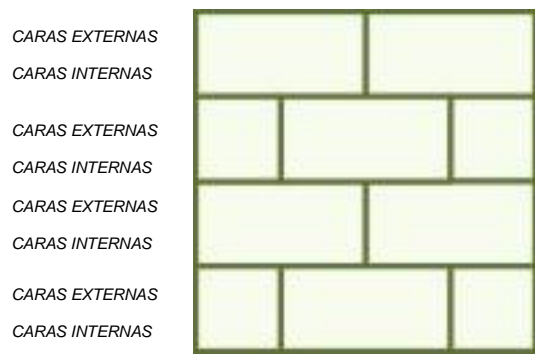


**Figura 19. Configuración de las secciones en las vigas para las basas y sobrebasas.**



**Figura 20. Configuración de las secciones en las vigas combinadas.**





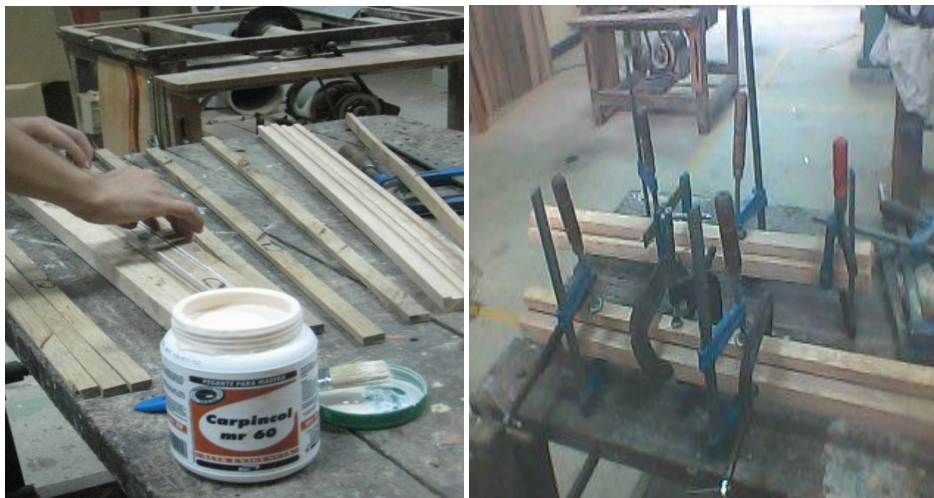
**4.2.3 Pegado, prensado y acabado final de las vigas.** Luego de determinarse la configuración de la sección de las vigas y que las latas fueran preparadas de acuerdo a esto, se procedió a encolar con un adhesivo sintético tipo polivinilo de acetato (PVA) “CARPINCOL” (Adhesivo utilizado en el procedimiento, pero que no es recomendado para usos estructurales según la NSR-10 Norma Sismo resistente Colombiana -Titulo G - Estructuras de madera y estructuras de guadua, pues presenta un comportamiento inadecuado frente a cambios drásticos de temperatura, sin embargo para los fines de este proyecto es adecuado pues este se enfoca en el potencial del material en cuanto a su resistencia y no durabilidad) por los cantos y otras por su sección más ancha y se prensaron, elaborando así, las láminas que posteriormente configurarían las vigas laminadas encoladas, con de sección transversal de 40x40 mm.

**Figura 21. Latas encoladas por los cantos**



Luego de 24 horas de prensado según lo recomendó por la ficha técnica del adhesivo, se llevó a cabo el proceso de terminación que consistió en retirar el material sobrante, dimensionando las vigas según lo establecido en la norma NTC 663 sobre la Determinación de la resistencia a la flexión, procurando siempre el menor desperdicio. Como resultado del acabado final, se obtuvieron vigas encoladas laminadas de sección de 40x40 mm y de 750 mm de longitud para todas las muestras (La longitud mínima entre apoyos se tomó de 720 mm). Las dimensiones de las probetas están sujetas a las normas NTC 301 Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera y NTC 663 Determinación de la resistencia a la flexión.

**Figura 22. Pegado, prensado y acabado de vigas**



### **4.3 MONTAJE Y AJUSTE DEL ENSAYO A FLEXIÓN EN TRES PUNTOS**

La investigación y ensayos se desarrollaron en los Laboratorios de Caracterización de Materiales, pertenecientes a la Facultad de Físico - Mecánicas de la Escuela de Ingeniería Civil en la Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga, Santander, en una Máquina Universal de pruebas tipo MTS 810 Material Test System, con capacidad de 50 Toneladas y exactitud de 0.1 (el uso de esta máquina se basó en que las dimensiones de las probetas no permitían la manipulación de otra máquina, aun cuando su capacidad de carga fuera menor y más apropiada) y se configuro de acuerdo a la norma NTC-663, Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión, del Instituto Colombiano de Normas Técnicas.

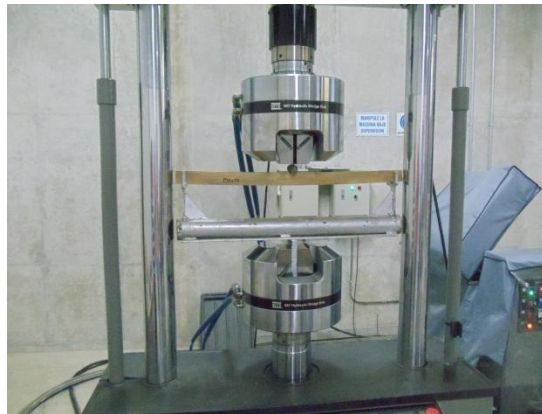
Esta norma aclara el procedimiento de ensayar probetas pequeñas sin defectos a flexión, apoyándolas sobre dos soportes y aplicando una carga en el centro de la luz hasta la rotura y en la dirección tangencial a las fibras. De este modo se registró la deformación a medida que aumentaba la carga. (La carga se aplicó mediante un mazo metálico sobre la superficie de contacto con la viga)

El soporte usado en la MTS fue adquirido por los autores y consistía en una platina metálica de 3/8" en su parte inferior, a la que se le soldó una placa de aproximadamente 2 cm de espesor formando un ángulo de 90° y que se amoldaba a las tenazas de la MTS. Sobre la platina se ubicó un tubo de perforación de 2" relleno con viruta metálica compactada, garantizando el peso requerido para asemejar al soporte usado generalmente por la máquina, y que no se utilizó pues las dimensiones de las probetas requeridas en los ensayos no se ajustaban a ella. Finalmente sobre el tubo se instalaron dos apoyos de rodillo distanciados 72 cm y a una altura de 10 cm, que garantizaba que las deformaciones de la probeta no alcanzaran el soporte.

El ensayo consistía en la determinación de la resistencia a la flexión, de una serie de probetas a partir de tramos de cepa, basa, sobrebasa y una combinación de los mismos mediante la maquina Universal de Ensayos.

La automatización de los resultados se hizo mediante una bitácora de campo en la que se consignaron los valores medidos de sección, longitud, peso, etc. Y una vez finalizada esta labor se llevaron a una hoja de Excel, así como los datos suministrados por la máquina y allí se realizaron los cálculos, gráficas y organización de datos correspondientes.

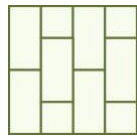
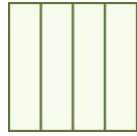
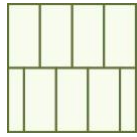
**Figura 23. Maquina Universal de Ensayos, soporte y rodillo usados en el ensayo**

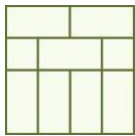
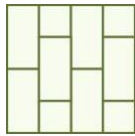


#### **4.4 PROPIEDADES FISICO MECÁNICAS DE LAMINADOS ENCOLADOS BASE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

**4.4.1 Determinación de la densidad de las vigas.** Una vez finalizando el maquinado, y en el laboratorio las vigas laminadas encoladas, fueron identificadas y se registraron las medidas de sección transversal, longitud y peso de la probeta, Figura 24. (Dichos datos se reportan en la Tabla 2. Características físicas de las probetas) con el fin de determinar su densidad, para esto se siguió la norma NTC 5525, sobre los Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth.

**Tabla 2. Características físicas de las probetas.**

N° LAB	TIPO	NOMBRE	N° latas/tramo	L [cm]	h prom	b prom	V [cm³]	Wo [g]	$\rho$ [g/cm³]
22		C1	10	72.00	4.1	4.0	1170.78	823	0.703
20		C1+C4	4+6	72.00	4.1	4.1	1210.24	796	0.658
18		C4	8	72.00	4.0	4.0	1137.64	728	0.640
17		C5	7	72.00	4.1	4.0	1176.12	806	0.685
14		C1+C5	6+5	72.00	4.0	3.9	1118.52	864	0.772
5		C7	5	72.00	3.9	4.0	1128.08	802	0.711
2		C10	4	72.00	3.9	4.5	1254.24	925	0.737
19		C10	4	72.00	3.9	4.1	1165.84	918	0.787
7		C10	4	72.00	3.9	4.0	1118.64	825	0.738
4		C7+C10	3+1	72.00	4.2	4.0	1200.00	894	0.745
6		P17	13	72.00	4.3	4.2	1310.64	1060	0.809
9		P15+P23	9+2	72.00	4.2	3.9	1155.36	767	0.664
11		P23	12	72.00	3.8	3.9	1085.60	867	0.799
12		P11	10	72.00	3.8	3.9	1071.80	832	0.776
8		P25	13	72.00	4.0	4.2	1194.48	759	0.635
16		P12	11	72.00	4.1	4.1	1210.30	962	0.795
15		P14	12	72.00	4.1	3.9	1150.72	827	0.719
13		P13	13	72.00	4.0	3.9	1132.80	768	0.678

N° LAB	TIPO	NOMBRE	N° latas/tramo	L [cm]	h prom	b prom	V [cm <sup>3</sup> ]	Wo [g]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]
1	COMBINADA1 	P24+C7 -1	6+3	72.00	4.0	3.9	1118.60	838	0.749
3		P24+C7 -2	6+4	72.00	3.7	3.9	1048.32	747	0.713
24		P12+C7	6+4	72.00	3.9	4.0	1123.36	850	0.757
25		P16+C7	6+4	72.00	3.9	3.9	1113.92	782	0.702
10	COMBINADA2 B+C+B 	P10+C4	6+4	72.00	4.1	3.9	1136.80	775	0.682
23		P16+C10	6+4	72.00	4.0	3.9	1128.08	841	0.746
21		P16+C5	6+4	72.00	4.0	4.0	1142.40	829	0.726

**Figura 24. Medidas de sección transversal, longitud y peso de la probeta**



**4.4.1.1 Cálculo del contenido de humedad de las vigas:** El contenido de humedad se determina en laboratorio mediante el secado en horno, y con la relación en porcentaje entre la medida del peso agua y el peso de sólido en la muestra. (Ecuación N°3). Se siguió la NTC 206 Determinación del contenido de humedad para ensayos físicos y mecánicos.

Ecuación N°3 Volumen promedio

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

$w =$  *Contenido de humedad en la viga* %

$W_w =$  *Peso del agua en la muestra*

$W_s =$  *Peso sólido en la muestra*

Luego del registro de las medidas se procedió a ponerle una cinta en tres puntos específicos a todas las muestras para de este modo prevenir un ensanchamiento de las mismas; provocado por posibles cambios de temperatura y otros factores como la evaporación y la presión (Figura 24), de igual forma se debe resaltar que es inevitable adecuar y controlar los ambientes donde se encuentra la muestra para así normalizar este cálculo.

El contenido de humedad de las vigas fue cercano al 12%, valor requerido por la norma.

**Figura 25. Vigas**



**4.4.1.2 Cálculo del volumen de las vigas:** El volumen se calculó como el producto entre las dimensiones promedio de ancho, alto y longitud de las muestras. (Ecuación N°4)

Ecuación N°4 Volumen promedio

$$V = b \times h \times l$$

$$V = \text{Volumen de la viga } \text{mm}^3$$

$$b = \text{Promedio del ancho de la viga } \text{mm}$$

$$h = \text{Promedio de la altura de la viga } \text{mm}$$

$$l = \text{Longitud de la viga } \text{mm}$$

**4.4.1.3 Calculo de la densidad de las vigas:** La densidad se define como el cociente entre la masa de la muestra y su volumen, para esto se midió la masa de las muestras a través de una balanza con precisión  $\pm 0.1$  g. (Ecuación N°5). NTC 290 Determinación del peso específico aparente.

Ecuación N°5 Densidad de la viga

$$\rho = \frac{W}{V}$$

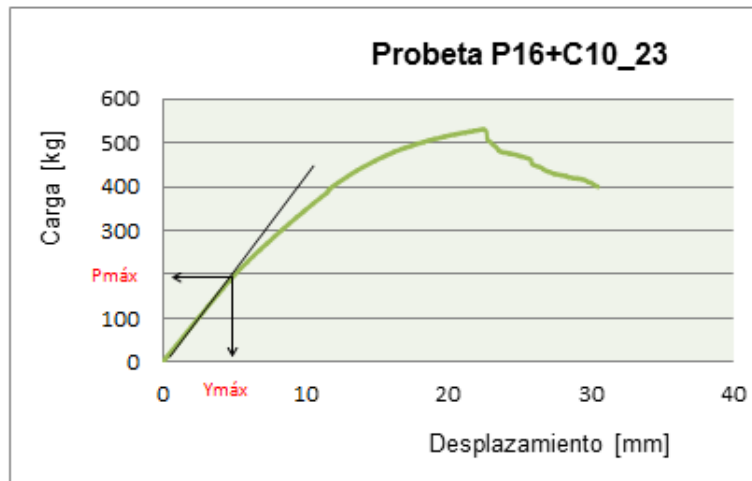
$$\rho = \text{Densidad de la viga} \quad \frac{g}{cm^3}$$

$$W = \text{Peso de la viga} \quad g$$

$$V = \text{Volumen de la viga} \quad mm^3$$

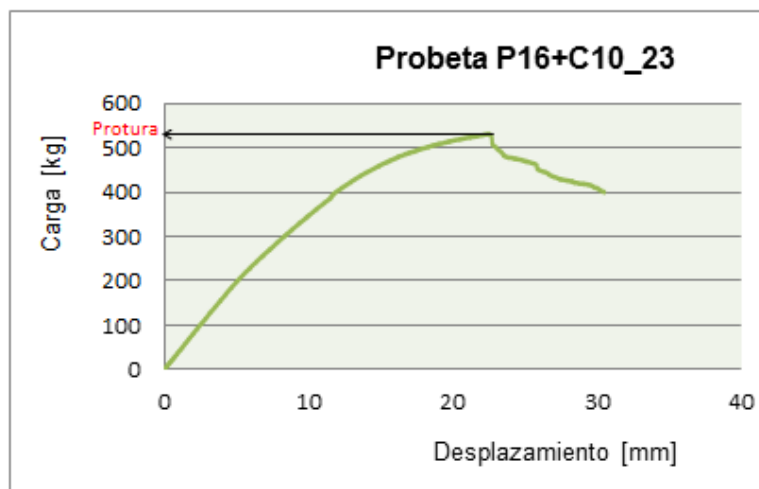
**4.4.2 Calculo del Módulo de elasticidad a Flexión de las Probetas.** El módulo de elasticidad como lo muestra la Ecuación N°2 de la deformada a partir de las fórmulas de la elástica para una viga simplemente apoyada es una relación entre la carga concentrada aplicada y el desplazamiento generado, en aquella zona en donde su comportamiento es aproximadamente lineal, a partir de esto se determinó E por la pendiente de la parte lineal o elástica del diagrama de los valores de carga y deflexión máxima elástica encontrados mediante las gráficas Carga [kgf]-Deformación [mm] para los grupos de probetas.

Figura 26. Cálculo de E, según Gráfica: Carga-Desplazamiento



**4.4.3 Cálculo del Esfuerzo último a Flexión de las Probetas.** El valor del esfuerzo último a flexión ( $\sigma$ ) para todas las vigas con sección cuadrada se determinó usando la ecuación N° 1, y de acuerdo a los valores de carga máxima a flexión dados por la MTS, para cada probeta

Figura 27. Carga [kgf]-Desplazamiento [mm], probeta P16+C10\_23



En los Anexos E y F, se observa el formato para el ensayo a flexión para cada probeta.

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se presenta la correlación y análisis de los parámetros físicos y geométricos para las probetas, índices de desempeño; valiosos en la comparación con otras maderas y al final se hace un análisis del desperdicio del material durante los procedimientos de laminado.

### 5.1 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y GEOMÉTRICOSA FLEXIÓN DE ELEMENTOS LAMINADOS VARIANDO LA PARTE DEL TALLO A LA CUAL PERTENECEN.

**5.1.1 Densidades en los laminados encolados estructurales.** Los laminados conformados por Cepas presentaron los mayores valores de densidades del orden de los 0.7433 g/cm<sup>3</sup> casi el mismo valor de los de Basas y Sobrebasas, que fueron del orden de los 0.7314 g/cm<sup>3</sup>. En la Tabla 3. Densidades de las probetas, se representan cada uno de los valores de las densidades, los promedios y desviaciones por configuración.

Se deduce que luego de conformado el laminado encolado la diferencia entre la densidad relativa que de antemano se sabe es mayor en las Basas y Sobrebasas es superada por los laminados conformados de Cepa 1, únicamente en la configuración en que los valores de peso son semejantes.

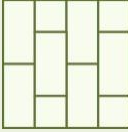
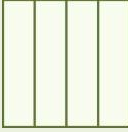
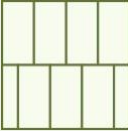
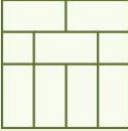
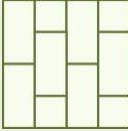
La información obtenida indica que la configuración de probetas denominada Combinación 1 y Combinación 2, que se produjeron con latas con mayor o menor contenido de fibras; es decir con diferentes densidades, obtuvo un valor promedio de densidad de 0,7227 g/cm<sup>3</sup>, valor próximo a la configuración de Basas y Sobrebasas.

**Tabla 3. Densidades de acuerdo a la configuración**

N° LAB	TIPO	NOMBRE	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho$ prom [g/cm <sup>3</sup> ]	Desviación
22	CEPA 1	C1	0,703	0,6902	0,0513
20		C1+C4	0,658		
18		C4	0,64		
17		C5	0,685		
14		C1+C5	0,772		
5	CEPA 2	C7	0,711	0,7433	0,0277
2		C10	0,737		
19		C10	0,787		
7		C10	0,738		
4		C7+C10	0,745		
6	BASAS Y SOBREBASAS	P17	0,809	0,7314	0,0689
9		P15+P7	0,664		
11		P23	0,799		
12		P11	0,776		
8		P25	0,635		
16		P12	0,795		
15		P14	0,719		
13		P13	0,678		
1	COMBINADA1	P24+C7 -1	0,749	0,7297	0,0269
3		P24+C7 -2	0,713		
24		P12+C7	0,757		
25		P16+C7	0,702		
10	COMBINADA2	P10+C4	0,682	0,7158	0,0268
23		P16+C10	0,746		
21		P16+C5	0,726		

**5.1.2 Determinación de la variación en la resistencia.** A partir de los resultados logrados en el laboratorio y utilizando la Ecuación 1, se encontró los valores de esfuerzo último para cada probeta.

**Tabla 4. Densidades de las probetas**

TIPO	NOMBRE	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	P [kgf]	$\sigma$ [kgf/cm <sup>2</sup> ]
CEPA 1 	C1	0,703	326,922	538,225
	C1+C4	0,658	380,605	596,412
	C4	0,64	311,683	525,965
	C5	0,685	309,14	508,95
	C1+C5	0,772	445,895	791,529
CEPA 2 	C7	0,711	408,796	707,531
	C10	0,737	580,752	794,19
	C10	0,787	496,132	817,313
	C10	0,738	536,88	730,231
	C7+C10	0,745	500,715	804,72
BASAS Y SOBREBASAS 	P17	0,809	690,943	983,782
	P15+P7	0,664	432,73	731,58
	P23	0,799	405,015	756,801
	P11	0,776	294,847	550,944
	P25	0,635	377,531	577,853
	P12	0,795	651,305	1020,603
	P14	0,719	421,45	729,888
	P13	0,678	334,159	593,182
COMBINADA1 	P24+C7 -1	0,749	485,565	861,95
	P24+C7 -2	0,713	407,643	782,298
	P12+C7	0,757	285,83	494,706
	P16+C7	0,702	349,994	637,221
COMBINADA2 	P10+C4	0,682	326,213	564,953
	P16+C10	0,746	532,461	945,197
	P16+C5	0,726	300,02	506,284

Dado que la NSR-10 nos exige un límite de deflexión como indica la Tabla 5. Se calculó mediante el percentil del 5% y sobre los valores de esfuerzo obtenidos anteriormente los valores admisibles con un factor de seguridad de 3, esto de acuerdo a la NSR-10 capítulo G 2.2.2

**Tabla 5. Deflexiones admisibles en vigas con  $\Delta$  [mm]**

Tipo de Construcción	Cargas Vivas $\ell/k^*$	Viento o Granizo $\ell/k^*$	Cargas Totales $\ell/k^*$
Elementos de techo/Cubierta			
Cubiertas inclinadas	Nota 1	Nota 1	Nota 1
Cielorasos de pañete o yeso	$\ell/360$	$\ell/360$	$\ell/300$
Otros cielos rasos	$\ell/300$	$\ell/240$	$\ell/240$
Sin cielo raso	$\ell/300$	$\ell/240$	$\ell/240$
Techos planos	Nota 1	Nota 1	$\ell/300$
Elementos de entrepiso	$\ell/360$	-	$\ell/300$
Pisos rigidizados			$\ell/360$
Muros exteriores y particiones interiores			
Con acabados frágiles	-	$\ell/240$	-
Con acabados flexibles	-	$\ell/240$	-
Edificaciones industriales	-		$\ell/200$
Edificaciones provisionales			(3) $\ell/160$
Formaletas para concreto			(3) $\ell/360$ ó 3 mm
Forros para columnas - vigas			(3) $\ell/360$ ó 1.6 mm

Fuente: Tomado de la NSR-10, Tabla G.3.2-1

Ecuación N°6 Esfuerzo admisible

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{5\%}}{F.S}$$

$$\sigma_{adm} = \text{Esfuerzo admisible a flexión} \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{5\%} = \text{Esfuerzo correspondiente al limite de exclusión del 5\%} \frac{kg}{cm^2}$$

$F.S = \text{Factor de Seguridad}$

**Tabla 6. Percentil 5%**

N° LAB	N° latas	L [cm]	h(prom)	b(prom)	I [cm <sup>4</sup> ]	$\sigma_{ult}$ [kgf/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma$ perc 5% [Mpa]	$\sigma_{ult}$ [Mpa]/FS
22	10	72	4,1	4	22,964	538,225	49.939	16.646
20	4+6	72	4,1	4,1	23,165	596,412		
18	8	72	4	4	20,892	525,965		
17	7	72	4,1	4	22,328	508,95		
14	6+5	72	4	3,9	20,541	791,529		
5	5	72	3,9	4	20,2	707,531	71.479	23.827
2	4	72	3,9	4,5	22,08	794,19		
19	4	72	3,9	4,1	20,876	817,313		
7	4	72	3,9	4	20,031	730,231		
4	3+1	72	4,2	4	24,113	804,72		
6	13	72	4,3	4,2	28,048	983,782	55.984	18.661
9	9+2	72	4,2	3,9	23,03	731,58		
11	12	72	3,8	3,9	18,463	756,801		
12	10	72	3,8	3,9	18,229	550,944		
8	13	72	4	4,2	21,57	577,853		
16	11	72	4,1	4,1	23,357	1020,603	57.372	19.124
15	12	72	4,1	3,9	22,754	729,888		
13	13	72	4	3,9	20,978	593,182		
1	6+3	72	4	3,9	20,371	861,95	51.069	17.023
3	6+4	72	3,7	3,9	16,911	782,298		
24	6+4	72	3,9	4	20,115	494,706		
25	6+4	72	3,9	3,9	19,946	637,221		
10	6+4	72	4,1	3,9	21,938	564,953	50.421	16.807
23	6+4	72	4	3,9	20,717	945,197		
21	6+4	72	4	4	21,156	506,284		

Los valores de Esfuerzo último según la configuración, permite observar que los mayores valores de esfuerzo fueron obtenidos para las configuraciones de Cepa 2 y Basas-Sobrebases, estos valores son de 71,479 Mpa y 56,67 Mpa y difieren en 30 % y 10,29 % respecto al valor más bajo de esfuerzo que se dio en la configuración de Cepa1.

El tipo de laminado que mejor propiedades mecánicas tiene es el conformado por capas y tiene distribución de elementos número dos que presenta un esfuerzo admisible de 23.827 [Mpa]  $\approx$  242.957 kg-f / cm <sup>2</sup>.

**Tabla 7. Esfuerzo admisible según la deflexión**

N° LAB	Nombre	$\Delta$ Deflexión [mm]	$\delta$ Esfuerzo [kg/cm <sup>2</sup> ]	Percentil 5%
22	C1	2.02	110.82	111.6564
20	C1+C4	2.02	122.9	
18	C4	2.02	115.26	
17	C5	2.02	122.2	
14	C1+C5	2.02	115.002	
5	C7	2.02	138.52	124.3360
2	C10	2.02	138.84	
19	C10	2.02	120.79	
7	C10	2.02	164.24	
4	C7+C10	2.02	141.579	
6	P17	2.02	128.47	103.8365
9	P15+P7	2.02	140.35	
11	P23	2.02	100.34	
12	P11	2.02	135.42	
8	P25	2.02	110.33	
16	P12	2.02	139.35	
15	P14	2.02	127.637	
13	P13	2.02	123.17	71.1440
1	P24+C7 -1	2.02	98.6	
3	P24+C7 -2	2.02	69.8	
24	P12+C7	2.02	113.42	
25	P16+C7	2.02	78.76	108.6310
10	P10+C4	2.02	115.89	
23	P16+C10	2.02	132.64	
21	P16+C5	2.02	107.35	

**5.1.3 Determinación de la variación en el Módulo Elástico.** Luego de determinar los módulos para cada probeta, mediante las gráficas de Carga [kgf]-Deformación [mm] para los grupos de probetas, se realizó para cada tipo de configuración propuesta, una comparación de índices (Tabla 5), en los que se muestran los resultados de la densidad, módulo de elasticidad promedio y un índice importante cuando se trata de establecer el comportamiento de un material con fines constructivos, este índice se encuentra en la última columna de la tabla y relaciona la raíz cuadrada del módulo de elasticidad con la densidad del elemento.

Los valores obtenidos para el índice  $E^{1/2}/\rho$  indican que el material tiene un excelente comportamiento en cuanto a la relación peso rigidez si se usa cualquiera de las configuraciones, como un elemento de viga de carga comparándola con el acero. Mientras que los valores obtenidos para el índice  $E_{prom}/\rho$  indican que el material posee un buen comportamiento en cuanto a la relación de su peso como miembro rígido si se usa la configuración Cepa 2 en comparación con maderas como el roble.

En general podemos establecer valores promedios similares dentro de la misma guadua denotando una diferencia poco significativa como para elaborar elementos laminados encolados configurados según su altura.

**Tabla 8. Principales índices de desempeño**

TIPO	$\rho$ prom [Mg/m <sup>3</sup> ]	E prom [Gpa]	$\frac{E_{prom}}{\rho}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\frac{E^{1/2}}{\rho}$
CEPA 1	0,67	4,613	6,87	3,20
CEPA 2	0,74	12,38	16,66	4,74
BASAS Y SOBREBASAS	0,73	10,58	14,47	4,45
COMBINADA1	0,73	7,16	9,82	3,67
COMBINADA2	0,72	8,17	11,4	3,99

**Tabla 9. Indices de desempeño de varios materiales**

<b>MATERIAL</b>	<b>PROPIEDADES MATERIAL</b>			
	<b>E</b> [GPa]	<b><math>\rho</math></b> [Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>E/<math>\rho</math></b>	<b>E<sup>1/2</sup>/<math>\rho</math></b>
<b>Balso</b>	5.5	0.3	18	7.8
<b>Roble</b>	11.5	0.7	16	4.8
<b>Pino</b>	11	0.5	21	6.3
<b>Píceca</b>	9	0.4	21	7.1
<b>Teca</b>	12	0.65	18	5.3
<b>Palma</b>	3.5	0.15	23	12.5
<b>Bambú</b>	22.5	0.75	30	6.3
<b>Guadua <i>ang.</i></b>	13.5	0.63	21	6
<b>Acero</b>	210	7.9	27	1.8

Fuente: Asbhy

## 5.2 ANÁLISIS DEL DESPERCICIO

La Tabla10. Indica los valores del desperdicio por cada uno de los especímenes utilizados para la realización de los laminados

El valor medio del desperdicio después del paso por la sierra de disco en banco plano para las cepas es del 33 % y para las basas y sobrebasas es del 39 % estos datos se basan en las medidas promedio que se realizaron a las latas, sin omitir que los laminados hechos a partir de basas y sobrebasas requieren de mayor trabajo y maquinado por lo cual se proyecta un desperdicio total para el laminado encolado conformado por basas y sobre basas en el orden del 50%.

**Tabla 10.Desperdicio**

Nº	<i>Aprom sección inicial</i>	<i>Aprom sección aprovechada</i>	<i>Volumen total inicial</i>	<i>Volumen total aprovec</i>	<i>Desperdicio</i>	<i>Desperdicio</i>
	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	%
p7	25,23	9,8	4061,55	1577,8	2483,75	38,85
p10	22,89	10,1	3685,45	1626,1	2059,35	44,12
p11	28,77	14,64	4632,65	2357,04	2275,61	50,88
p12	25,26	8,95	4066,6	1440,95	2625,65	35,43
p13	26,8	8,37	4315	1347,57	2967,43	31,23
p14	29,12	8,86	4688,5	1426,46	3262,04	30,42
p15	28,99	15,84	4667,79	2550,24	2117,55	54,63
p16	33,77	19,24	5437	3097,64	2339,36	56,97
p17	36,85	10,25	5932,99	1650,25	4282,74	27,81
p24	28,12	17,01	4526,86	2738,61	1788,25	60,5
p25	53,41	10,53	8598,54	1695,33	6903,21	19,72
c1	78,92	19,71	12705,73	3173,31	9532,42	24,98
c4	77,72	19,77	12512,18	3182,97	9329,21	25,44
c5	71,43	21,38	11499,85	3442,18	8057,67	29,93
c7	92,4	44,53	14876,02	7169,33	7706,69	48,19
c10	96,93	43,64	15606,35	7026,04	8580,31	45,02

## CONCLUSIONES

Apoyados en los resultados de los ensayos a flexión realizados en este proyecto de investigación y teniendo en cuenta el análisis que se les practico, se puede concluir:

La variación entre la resistencia a flexión de los elementos laminados encolados tomados de diferentes partes del tallo fue de entre el 16 % y 22 %, valores que coinciden con estudios anteriores donde se ha demostrado que la resistencia a la flexión en la guadua disminuye de la basa hacia la cepa, de la capa externa a la interna y que la presencia de nodos es también un factor relevante, pero de igual forma se ha determinado que aspectos como el arreglo interno de las latas en los laminados encolados en guadua ejercen influencia en su resistencia final [12], por lo que en nuestro análisis se pudo asegurar que el alto valor de la resistencia a la flexión en la configuración cepa 2 se da a un mayor espesor de las latas respecto a las demás configuraciones, así como igual presencia de nudos entre los tramos.

Los elementos conformados por Basas-Sobrebases, Cepas y la combinación entre ellas; presentaron resistencias cercanas ante los esfuerzos aplicados en especial la conformación Cepa-2 y Basas- Sobrebases, además los índices de desempeño respecto a la relación peso rigidez tienden a ser muy similares por dicha razón y para cuestiones de uso del material en estructuras no parece darse un efecto significativo elaborar laminados encolados para los tipos de configuración de sección de viga propuestos en términos de la procedencia del material respecto a la altura, aun cuando los valores obtenidos en el índice  $E_{prom}/\rho$  indiquen que el material posee un buen comportamiento en cuanto a la

---

[12] González B. H, Hellwig S, Montoya A. J. A, Resultados del ensayo del módulo de Young y resistencia a la flexión de vigas laminadas de Guadua Angustifolia Kunth - Publicación. Scientia et Technica Año XIV, No 40, Diciembre de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701, 2008

relacion de su peso como miembro rígido si se usa la configuración Cepa 2 en comparación con otras maderas.

De igual forma se debe mencionar que la configuración más óptima para fabricar laminados encolados es la planteada para las cepas 2 y Basas-Sobrebases, de acuerdo a los resultados los posibles usos a sugerir son vigas de carga simplemente apoyadas realizando la unión viga-pilar como nudo rígido, ya que habría que estudiar los empalmes en la posibilidad de continuidad a varios tramos, como viguetas de entre piso diseñadas por esfuerzos admisibles, y en los usos frecuentes como tablero contrachapado (Divisiones interiores, encofrados, diafragma de muros, etc.)

El desperdicio del material es bastante considerable, por lo cual se hace necesario que para que el proceso de conformación de laminados encolados sea sostenible se utilicen los residuos en un proceso alterno.

El tipo de falla que se dio; fue por flexión en el centro de la luz; por fallas a compresión en las fibras superiores y tracción en las fibras inferiores.

## BIBLIOGRAFIA

AIS Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. NSR-10. Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998. 2010.

BOTERO CORTÉS, L. F., Manual de Industrialización del Bambú, Buenos Aires-Argentina, ALA/2004/16705, pág. 18, 2004.

CRUZ RÍOS, H. La Guadua: nuestro bambú. Centro Nacional para el estudio del Bambú-Guadua. CRQ. Armenia, Colombia, 1994.

Deutsches Institut für Normung. 222. Structural timber and glued laminated timber-Determination of some physical and mechanical properties, Instituto Alemán de Normalización. DIN EN 408.

GIRALDO H. y Sabogal A. Una alternativa sostenible: La Guadua. Corporación Regional del Quindío -CRQ, Colombia, 1999.

GONZÁLEZ B. H, Hellwig S, Montoya A. J. A, Resultados del ensayo del módulo de Young y resistencia a la flexión de vigas laminadas de Guadua Angustifolia Kunth - Publicación. Scientia et Technica Año XIV, No 40, Diciembre de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701, 2008

GÓNZALEZ, H. A., Hellwi, S., Montoya J.A., Determinación del adhesivo óptimo en la fabricación de vigas de Bambú (Guadua angustifolia), Facultad de Ciencias Agropecuarias 68 Vol 7 No. 1 Enero - Junio 2009

HIDALGO O. Manual de construcción con bambú. Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia, 1981

HIDALGO O. Bamboo the gift of the gods. 1th Edición. Ed. Osacar hidalgo López p. 553. Bogotá, Colombia, 2003.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Maderas, Determinación del peso específico aparente, Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), 2008. NTC-290.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Maderas. Determinación del contenido de humedad para ensayos físicos y mecánicos, Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), 2008. NTC-206-1

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Maderas. Ensayos con probetas pequeñas. Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), 2004. NTC-3377.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Maderas. Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera, Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), 2008. NTC-301.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión, Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC).2008. NTC-663.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth, Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), 2007. NTC-5525.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Acondicionamiento para los ensayos físicos y mecánicos, Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), 2007. NTC-790.

LONDOÑO, X., A decade of observations of *Guadua angustifolia* plantations in Colombia. The Journal of the American Bamboo Society. Vol 12 (1) pp. 37-42. 1998.

LONDOÑO, X.; Camayo, G.; Riaño, N.; López, Y., Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. Bamboo Science and culture: The journal of american Bamboo Society. Vol 16 (1) pp. 18-31. 2002.

LÓPEZ, L.F, Correal, J. F, Estudio exploratorio de los laminados de Bambú *Guadua Angustifolia* como material estructural. - Bogotá: Publicación. MaderasCiencia y Tecnología 11(3):171- 182, 2009.

M. AHMAD, F. A. Kamke, Analysis of Calcutta Bamboo for Structural composite materials: Physical and Mechanical Properties - Published online: Wood SciTechnol (2005) 39: 448–459, 2005.

OSORIO J.A., Vélez J.M., Ciro H.J., Estructura Interna de la *Guadua* y su incidencia en las propiedades mecánicas, Dyna, Noviembre, Universidad Nacional de Colombia-Medellín Colombia, año/vol 74, número 153, pp. 81-94, 2007

RODRÍGUEZ V. N. F, Elaboración de tablas y gráficos de diseño a flexión de vigas de Bambú *Guadua* laminada pegada prensada - Bogotá: Tesis Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Tesis para optar por el título de Magister en Ingeniería - Estructuras, 787 p, 2011.

S. Talabgaew, V. Laemlaksakul, Experimental Studies on the Mechanical property of laminated Bamboo in Thailand - Published: World Academy of Science, Engineering and Technology 34, 2007.

## ANEXOS

### ANEXO A. Inventario del Material

Nº	L (m)	NN	R/t prom	A prom (cm <sup>2</sup> )
C1	1,61	6	4,21	78,92
C2	1,615	5	3,82	45,46
C3	1,615	7	3,06	52,45
C4	1,62	6	4,44	77,72
C5	1,612	6	2,63	53,41
C6	1,61	6	3,95	79,63
C7	1,61	7	3,88	92,4
C8	1,61	8	4,2	76,96
C9	1,61	7	4,35	82,82
C10	1,64	6	3,69	96,93
P10	1,615	5	6,32	22,89
P11	1,615	4	5,54	28,77
P12	1,625	5	6,23	25,26
P13	1,625	5	5,92	26,8
P14	1,61	5	5,77	29,12
P15	1,615	5	5,24	28,99
P16	1,61	5	6,15	33,77
P17	1,602	6	4,57	36,85
P18	1,61	5	5,28	32,69
P19	1,61	5	5,49	41,88
P20	1,625	4	6,01	22,50
P21	1,62	5	5,96	30,98
P22	1,603	5	6,55	25,87
P23	1,615	4	5,32	25,23
P24	1,612	6	5,03	28,12
P25	1,61	5	5,12	71,43

	Media	Varianza	Desviación
CEPA	3,82	0,33	0,58
BASA-SOBREBASA	5,66	0,30	0,54

Los especímenes que aparecen en rojo son aquellos que se utilizaron en los ensayos.

**ANEXO B. Diámetro, área y relación Radio-Espesor para la Base Superior e Inferior**

Nº	DIAMETROS BASES SUPERIORES(cm)				Dprom	Rprom	A bs (cm <sup>2</sup> )	R/t (bs)
P23	9,9	9,5	9,4	9,5	9,58	4,79	24,83	5,25
P10	10	10	10	10	10	5	22,89	6,32
P11	10,4	10,6	10,4	10,6	10,5	5,25	28,5	5,53
P12	10,4	10,5	10,35	10,5	10,44	5,22	25,26	6,23
P13	10,4	10,6	10,5	10,5	10,5	5,25	26,8	5,92
P14	10,6	10,8	11,1	10,8	10,83	5,41	29,12	5,77
P15	10	9,9	10,5	10,15	10,14	5,07	26,77	5,48
P16	12	11,6	12	12,1	11,93	5,96	33,54	6,12
P17	11,2	10,9	10,9	10,9	10,98	5,49	36,85	4,57
P24	10	9,8	9,8	10	9,9	4,95	27,8	4,98
P25	16	16	16	16	16	8	71,63	5,06
C1	15,1	15,35	15,4	15,3	15,29	7,64	79,23	4,06
C4	15,3	14,7	15,4	15,5	15,23	7,61	63,23	5,21
C5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	5,25	53,41	2,63
C7	15,9	15,85	16,2	16	15,99	7,99	105,93	3,2
C10	16	16	15,8	16,3	16,03	8,01	95,55	3,64

Nº	DIAMETROS BASES INFERIORES (cm)				Dprom	Rprom	A bi (cm <sup>2</sup> )	R/t (bi)
P23	9,9	9,8	9,8	9,9	9,85	4,93	25,62	5,4
P10	10	10	10	10	10	5	22,89	6,32
P11	10,6	10,6	10,65	10,65	10,63	5,31	29,05	5,56
P12	10,4	10,5	10,35	10,5	10,44	5,22	25,26	6,23
P13	10,4	10,6	10,5	10,5	10,5	5,25	26,8	5,92
P14	10,6	10,8	11,1	10,8	10,83	5,41	29,12	5,77
P15	10,3	10,6	10,55	10,6	10,51	5,26	31,21	5,01
P16	12,2	11,8	12	12,3	12,08	6,04	34	6,19
P17	11,2	10,9	10,9	10,9	10,98	5,49	36,85	4,57
P24	10,2	10	10	10,2	10,1	5,05	28,43	5,08
P25	16,2	16,2	16	16,1	16,13	8,06	71,23	5,18
C1	15,6	15,5	15,8	15,9	15,7	7,85	78,6	4,36
C4	15,7	15,8	15,9	15,8	15,8	7,9	92,2	3,67
C5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	5,25	53,41	2,63
C7	16	16,5	16,1	15,6	16,05	8,03	78,86	4,57
C10	16,5	16,5	16,4	16,3	16,43	8,21	98,32	3,73

### ANEXO C. Espesores de la Base Superior e Inferior

Nº	ESPESORES BASES SUPERIORES (cm)								t prom
P23	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95	0,9	0,91
P10	0,85	0,8	0,76	0,7	0,82	0,8	0,8	0,8	0,79
P11	0,95	1	1	1	0,95	0,9	0,9	0,9	0,95
P12	0,85	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85	0,84
P13	1	0,9	0,8	0,85	1	0,9	0,8	0,85	0,89
P14	0,9	1	1	0,95	0,9	0,85	0,9	1	0,94
P15	0,9	1	1	0,9	0,85	0,9	0,95	0,9	0,93
P16	1	1	1	0,95	1	0,95	0,9	1	0,98
P17	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
P24	1	1	0,95	1	1	1	0,95	1,05	0,99
P25	1,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,45	1,5	1,6	1,58
C1	1,7	2,05	1,9	1,7	1,8	2	1,9	2	1,88
C4	1,5	1,5	1,75	1,35	1,4	1,3	1,5	1,4	1,46
C5	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C7	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
C10	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2

Nº	ESPESORES BASES INFERIORES (cm)								t prom
P23	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95	0,9	0,91
P10	0,85	0,8	0,76	0,7	0,82	0,8	0,8	0,8	0,79
P11	0,95	1	1	0,95	1	0,95	0,9	0,9	0,96
P12	0,85	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85	0,84
P13	1	0,9	0,8	0,85	1	0,9	0,8	0,85	0,89
P14	0,9	1	1	0,95	0,9	0,85	0,9	1	0,94
P15	1	1,05	0,9	1,05	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
P16	1	1	1	0,95	1	0,95	0,9	1	0,98
P17	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
P24	1	1	0,95	1	1	1	0,95	1,05	0,99
P25	1,7	1,7	1,7	1,5	1,5	1,45	1,3	1,6	1,56
C1	1,9	1,8	1,9	1,7	1,65	1,65	1,7	2,1	1,8
C4	2,4	2	2	2	2,1	2,1	2,3	2,3	2,15
C5	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C7	1,95	1,7	1,6	1,75	1,55	1,8	1,8	1,9	1,76
C10	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2

## ANEXO D. Dimensiones promedio de las latas

ESPECIMEN      P23      FECHA:16/01/2012  
Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P23-1	2,35	2,4	0,4	0,6	160,5	1,19
P23-2	2,5	2,5	0,55	0,45	115,5	1,25
P23-3	2,4	2,5	0,48	0,5	127,5	1,2
P23-4	1,9	2,05	0,48	0,38	160,5	0,85
P23-5	2,55	2,55	0,5	0,45	160,5	1,21
P23-6	2,4	2,5	0,6	0,5	160,5	1,35
P23-7	2,4	2,6	0,5	0,6	160,5	1,38
P23-8	2,3	2,5	0,6	0,55	106,5	1,38
					SUMA	9,8

ESPECIMEN      P10      FECHA:06/12/2011  
Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P10-1	2,58	2,6	0,45	0,45	160,5	1,17
P10-2	2,55	2,6	0,5	0,5	160,5	1,29
P10-3	2,4	2,5	0,5	0,5	160,5	1,23
P10-4	2,4	2,5	0,5	0,4	160,5	1,1
P10-5	2,45	2,55	0,55	0,65	163,5	1,5
P10-6	2,35	2,55	0,5	0,55	160,5	1,29
P10-7	2,5	2,5	0,55	0,5	160	1,31
P10-8	2,3	2,45	0,45	0,58	106,5	1,22
					SUMA	10,1

ESPECIMEN      P11      FECHA:17/01/2012  
Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P11-1	2,7	2,6	0,8	0,8	160,5	2,12
P11-2	2,7	2,7	0,8	0,6	160,5	1,89
P11-3	2,6	2,7	0,65	0,6	160,5	1,66
P11-4	2,6	2,6	0,7	0,7	160,5	1,82
P11-5	2,6	2,7	0,7	0,7	160,5	1,86
P11-6	2,6	2,6	0,65	0,7	160,5	1,76
P11-7	2,6	2,7	0,65	0,7	160,5	1,79
P11-8	2,75	2,6	0,7	0,65	160,5	1,81
					SUMA	14,69

## ESPECIMEN P12

FECHA:14/01/2011

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P12-1	2,48	2,48	0,35	0,45	160,5	0,99
P12-2	2,35	2,35	0,5	0,55	160,5	1,23
P12-3	2,5	2,45	0,5	0,3	160,5	0,99
P12-4	2,35	2,35	0,35	0,6	160,5	1,12
P12-5	2,45	2,45	0,3	0,6	160,5	1,1
P12-6	2,48	2,48	0,5	0,3	160,5	0,99
P12-7	2,4	2,4	0,45	0,65	160,5	1,32
P12-8	2,3	2,3	0,45	0,6	160,5	1,21
					SUMA	8,95

## ESPECIMEN P13

FECHA:17/01/2012

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P13-1	2,75	2,7	0,4	0,4	160,5	1,09
P13-2	2,5	2,8	0,4	0,4	160,5	1,06
P13-3	2,6	2,7	0,4	0,4	160,5	1,06
P13-4	2,7	2,7	0,4	0,4	160,5	1,08
P13-5	2,75	2,8	0,4	0,4	160,5	1,11
P13-6	2,6	2,7	0,4	0,4	160,5	1,06
P13-7	2,75	2,75	0,35	0,35	160,5	0,96
P13-8	2,7	2,7	0,35	0,35	160,5	0,95
					SUMA	8,37

## ESPECIMEN P14

FECHA:16/01/2012

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P14-1	2,4	2,45	0,45	0,55	160,5	1,21
P14-2	2,4	2,4	0,5	0,5	160,5	1,2
P14-3	2,2	2,3	0,5	0,6	160,5	1,24
P14-4	2,4	2,35	0,45	0,5	160,5	1,13
P14-5	2,4	2,4	0,3	0,3	160,5	0,72
P14-6	2,4	2,4	0,35	0,4	160,5	0,9
P14-7	2,4	2,4	0,45	0,5	160,5	1,14
P14-8	2,4	2,4	0,5	0,6	160,5	1,32
					SUMA	8,86

ESPECIMEN P15

FECHA:17/01/2012

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P15-1	2,6	2,6	0,9	0,8	160,5	2,21
P15-2	2,75	2,7	0,7	0,6	160,5	1,77
P15-3	2,65	2,6	0,6	0,75	160,5	1,77
P15-4	2,65	2,8	0,85	0,85	160,5	2,32
P15-5	2,7	2,8	0,8	0,7	160,5	2,06
P15-6	2,8	2,55	0,85	0,7	160,5	2,07
P15-7	2,45	2,8	0,6	0,75	160,5	1,77
P15-8	2,55	2,6	0,75	0,7	160,5	1,87
SUMA						15,84

ESPECIMEN P16

FECHA:17/01/2012

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P16-1	2,5	2,55	0,55	0,85	160,5	1,77
P16-2	2,5	2,5	0,6	0,55	160,5	1,44
P16-3	2,55	2,55	0,6	0,6	160,5	1,53
P16-4	2,55	2,55	0,6	0,6	160,5	1,53
P16-5	2,38	2,4	0,6	0,45	160,5	1,25
P16-6	2,5	2,5	0,48	0,6	160,5	1,35
P16-7	2,5	2,5	0,6	0,65	160,5	1,56
P16-8	2,5	2,5	0,6	0,6	160,5	1,5
P16-9	2,55	2,5	0,6	0,6	160,5	1,52
P16-10	2,45	2,4	0,6	0,5	160,5	1,33
P16-11	2,5	2,5	0,6	0,6	160,5	1,5
P16-12	2,6	2,6	0,6	0,5	160,5	1,43
P16-13	2,6	2,5	0,6	0,6	160,5	1,53
SUMA						19,24

ESPECIMEN P17

FECHA:12/12/2011

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P17-1	2,25	2,2	0,4	0,45	160,5	0,95
P17-2	2,55	2,55	0,6	0,6	160,5	1,53
P17-3	2,5	2,6	0,4	0,4	160,5	1,02
P17-4	2,5	2,55	0,5	0,55	160,5	1,33
P17-5	2,55	2,55	0,5	0,5	160,5	1,28
P17-6	2,45	2,55	0,55	0,55	160,5	1,38
P17-7	2,5	2,5	0,45	0,55	160,5	1,25
P17-8	2,6	2,7	0,6	0,55	160,5	1,52
SUMA						10,25

ESPECIMEN P24

FECHA:16/02/2012

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P24-1	2,75	2,8	0,8	0,8	160,5	2,22
P24-2	2,8	2,9	0,6	0,6	160,5	1,71
P24-3	2,7	2,7	0,8	0,8	160,5	2,16
P24-4	2,8	2,85	0,85	0,85	160,5	2,4
P24-5	2,8	2,8	0,8	0,8	160,5	2,24
P24-6	2,8	2,8	0,7	0,7	160,5	1,96
P24-7	2,7	2,7	0,8	0,8	160,5	2,16
P24-8	2,6	2,8	0,8	0,8	160,5	2,16
					SUMA	17,01

ESPECIMEN C5

FECHA:14/12/2011

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
C5-1	2,5	2,5	0,5	0,5	160,5	1,25
C5-2	2,55	2,5	0,6	0,55	160,5	1,45
C5-3	2,5	2,55	0,55	0,5	160,5	1,33
C5-4	2,6	2,65	0,55	0,5	160,5	1,38
C5-5	2,5	2,5	0,55	0,55	160,5	1,38
C5-6	2,15	2,4	0,5	0,6	160,5	1,25
C5-7	2,46	2,25	0,45	0,4	160,5	1
C5-8	2,45	2,55	0,55	0,65	160,5	1,5
					SUMA	10,53

ESPECIMEN C1

FECHA:06/01/2011

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
C1-1	1,5	1,6	0,9	0,9	158	1,4
C1-2	1,6	1,6	0,8	0,9	160,5	1,36
C1-3	1,5	1,6	0,7	0,8	160,5	1,16
C1-4	1,7	1,7	0,85	0,85	137,6	1,45
C1-5	1,57	1,57	0,8	0,8	160,5	1,26
C1-6	1,5	1,6	0,7	0,7	160,5	1,09
C1-7	1,75	1,8	0,85	0,9	160,5	1,55
C1-8	1,7	1,7	0,69	0,69	160,5	1,17
C1-9	1,7	1,7	0,78	0,78	160,5	1,33
C1-10	1,6	1,6	0,85	0,86	138	1,37
C1-11	1,55	1,6	0,8	0,85	160,5	1,3
C1-12	1,4	1,8	0,7	0,9	160,5	1,28
C1-13	1,75	1,75	0,7	0,7	160,5	1,23
C1-14	1,8	1,85	0,8	0,9	160,5	1,55
C1-15	1,7	1,7	0,7	0,75	160,5	1,23
					SUMA	19,71

## ESPECIMEN C4

FECHA:07/12/2011

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
C4-1	1,9	2	0,78	0,6	160,5	1,35
C4-2	1,6	1,6	0,8	0,75	160,5	1,24
C4-3	1,65	1,75	0,6	0,8	160,5	1,19
C4-4	1,65	1,65	0,7	0,85	127,5	1,28
C4-5	1,6	1,7	0,7	0,7	160,5	1,16
C4-6	1,7	1,7	0,8	0,8	155,5	1,36
C4-7	1,8	1,7	0,88	0,8	160,5	1,47
C4-8	1,48	1,51	0,65	0,85	160,5	1,12
C4-9	1,5	1,6	0,7	0,88	154,5	1,22
C4-10	1,7	1,7	0,7	0,65	160,5	1,15
C4-11	1,55	1,6	0,7	0,75	160,5	1,14
C4-12	1,45	1,4	0,65	0,55	154,5	0,86
C4-13	1,5	1,55	0,8	0,85	136,5	1,26
C4-14	1,7	1,75	0,65	0,85	160,5	1,29
C4-15	1,6	1,6	0,75	0,75	126,5	1,2
C4-16	1,7	1,7	0,85	0,9	160,5	1,49
SUMA						19,77

## ESPECIMEN P25

FECHA:07/12/2011

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
P25-1	1,68	1,75	0,75	0,85	160,5	1,37
P25-2	1,6	1,6	0,75	0,7	160,5	1,16
P25-3	1,6	1,65	0,7	0,9	160,5	1,3
P25-4	1,75	1,8	0,8	0,85	160,5	1,46
P25-5	1,75	1,8	0,65	0,7	160,5	1,2
P25-6	1,6	1,7	0,7	0,8	160,5	1,24
P25-7	1,7	1,7	0,8	0,85	160,5	1,4
P25-8	1,8	2	0,7	0,7	108	1,33
P25-9	1,7	1,75	0,8	0,75	160,5	1,34
P25-10	1,75	1,7	0,8	0,85	160,5	1,42
P25-11	1,55	1,6	0,85	0,85	160,5	1,34
P25-12	1,8	1,9	0,65	0,85	160,5	1,39
P25-13	1,6	1,5	0,8	0,8	160,5	1,24
P25-14	1,7	1,7	0,75	0,85	160,5	1,36
P25-15	1,8	1,85	0,8	0,9	160,5	1,55
P25-16	1,6	1,6	0,8	0,8	160,5	1,28
SUMA						21,38

## ESPECIMEN C7

FECHA:03/02/2012

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
C7-1	4,2	4,2	1	1	160,5	4,2
C7-2	4,1	4,1	1,1	1,1	160,5	4,51
C7-3	4,2	4,2	1	1	160,5	4,2
C7-4	1,6	1,6	0,9	0,9	160,5	1,44
C7-5	2,6	2,8	1	1	160,5	2,7
C7-6	1,6	1,6	1	1	160,5	1,6
C7-7	2,65	2,65	0,8	0,8	160,5	2,12
C7-8	4,1	4,1	1,15	1,15	160,5	4,72
C7-9	3,9	4	1,15	1,15	160,5	4,54
C7-10	3,9	4	1	1	160,5	3,95
C7-11	3,9	3,9	0,85	0,85	160,5	3,32
C7-12	4,1	4,1	1,15	1,15	160,5	4,72
C7-13	2,8	2,8	0,9	0,9	160,5	2,52
					SUMA	44,53

## ESPECIMEN C10

FECHA:03/02/2012

Medidas en centímetros

	L1p(Int)	L1p(Ext)	B1p	B2p	Long	Área
C10-1	3,9	3,9	1,1	0,9	160,5	3,9
C10-2	4,1	4,1	1,15	1,15	160,5	4,72
C10-3	4	4	1,05	1,05	160,5	4,2
C10-4	2,7	2,8	0,9	1	160,5	2,61
C10-5	4,1	4,1	0,9	0,9	160,5	3,69
C10-6	2,9	2,9	0,8	0,8	160,5	2,32
C10-7	2,9	2,9	0,9	0,9	160,5	2,61
C10-8	2,9	2,9	0,8	0,8	160,5	2,32
C10-9	4,1	4,1	1,1	1,1	160,5	4,51
C10-10	4,1	4,1	1,1	1,1	160,5	4,51
C10-11	4,15	4,15	1	1	160,5	4,15
C10-12	4,1	4,1	1,1	0,9	160,5	4,1
					SUMA	43,64

**ANEXO E. Ensayo a flexión en tres puntos de bambú guadua laminada  
encolada estructural**

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión

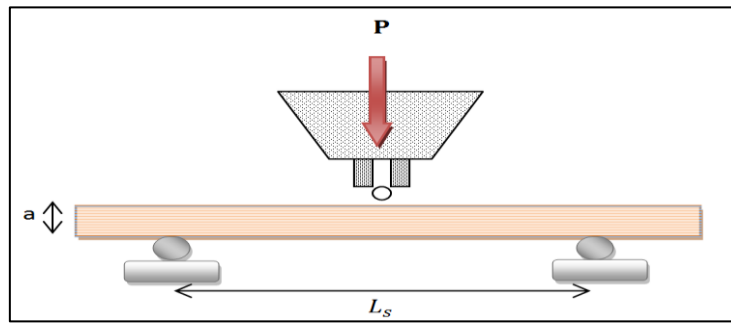
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 13/03/2012

09:45:31 a.m.

Nombre de la probeta: (P15+P23)\_9



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
432.730	26.124

$\sigma_{ult}$                       731.580                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2652.92                      N

Ls                      72                      cm

a                      4.2                      cm

e                      3.9                      cm

I                      20.762                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      0.7                      cm

E                      12.897                      [Gpa]

V                      1179.36                      cm<sup>3</sup>

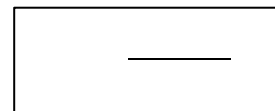
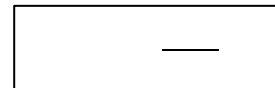
m                      767                      gr

p                      0.650                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

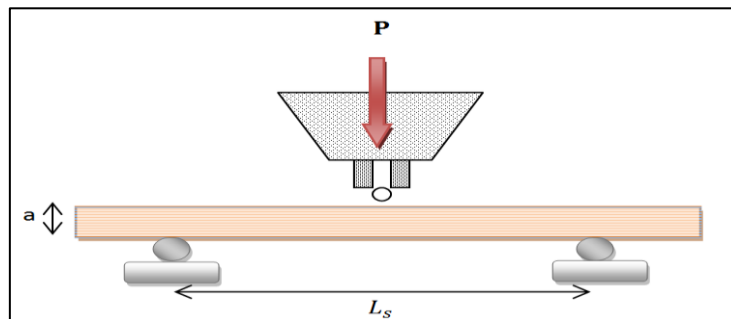
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 13/03/2012

10:39:00 a.m.

Nombre de la probeta: (C10)\_7



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
536.880	27.88

$\sigma_{ult}$                       929.215                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      3463.314                      N

Ls                      72                      cm

a                      3.9                      cm

e                      4                      cm

I                      20.800                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      1.05                      cm

E                      11.274                      E [Gpa]

V                      1118.64                      cm<sup>3</sup>

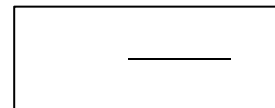
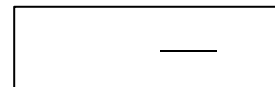
m                      825                      gr

$\rho$                       0.738                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

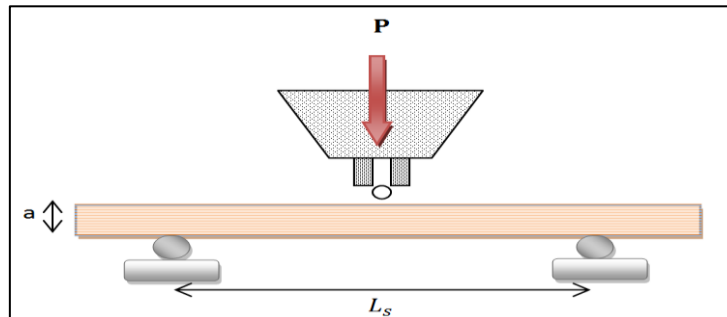
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 13/03/2012

09:28:26 a.m.

Nombre de la probeta: (P17)\_6



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
690.943	33.344

$\sigma_{ult}$                       983.782                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      2652.92                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      4.3                      cm

e                      4.2                      cm

I                      26.548                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      0.65                      cm

E                      16                      E [Gpa]

V                      1310.64                      cm<sup>3</sup>

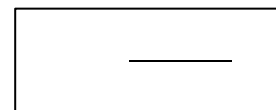
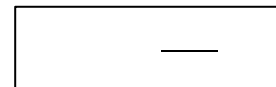
m                      1060                      gr

$\rho$                       0.809                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Astillamiento



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
 FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

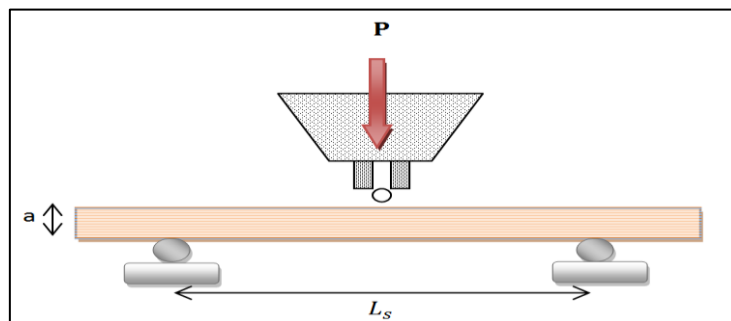
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
 NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y  
 mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 13/03/2012

09:07:50 a.m.

Nombre de la probeta: (P25)\_8



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
377.531	28.655

$\sigma_{ult}$                       577.853                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      2652.92                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      4                      cm

e                      4.2                      cm

I                      24.696                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      0.97                      cm

E                      9.212                      E [Gpa]

V                      1194.48                      cm<sup>3</sup>

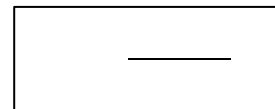
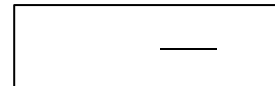
m                      759                      gr

$\rho$                       0.635                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

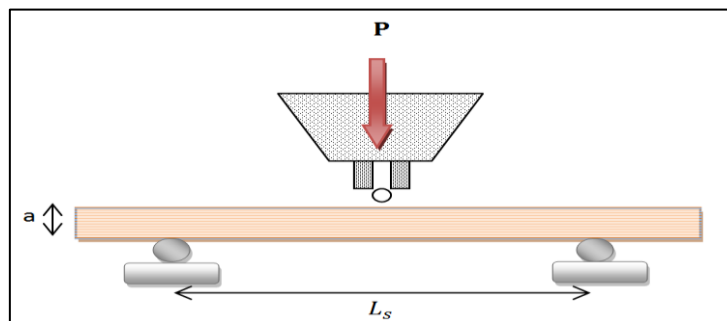
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 15/03/2012

10:55:34 a.m.

Nombre de la probeta: (C7+C10)\_4



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
500.715	14.351

$\sigma_{ult}$                       804.720                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      3463.314                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      4.2                      cm

e                      4                      cm

I                      22.400                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      0.9                      cm

E                      12.885                      E [Gpa]

V                      1200                      cm<sup>3</sup>

m                      894                      gr

$\rho$                       0.745                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

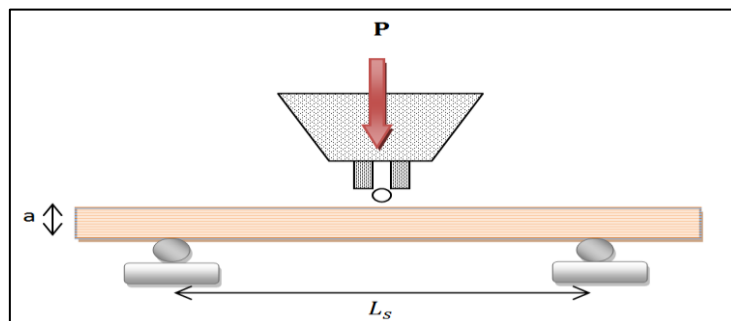
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 15/03/2012

11:07:05 a.m.

Nombre de la probeta: (C7)\_5



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
408.796	17.936

$\sigma_{ult}$                       707.531                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      3463.314                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      3.9                      cm

e                      4                      cm

I                      20.800                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      1.3                      cm

E                      9.019                      E [Gpa]

V                      1128.08                      cm<sup>3</sup>

m                      802                      gr

$\rho$                       0.711                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

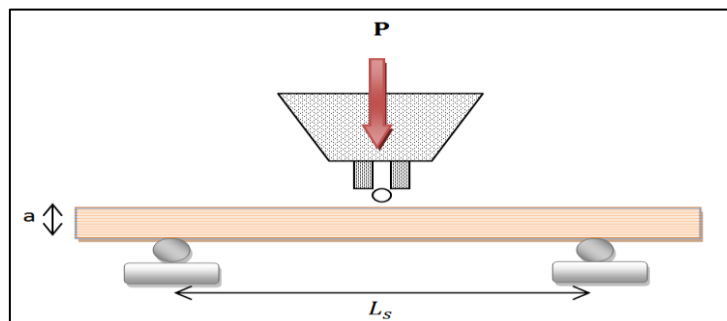
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 15/03/2012

10:38:07 a.m.

Nombre de la probeta: (C1+C5)\_14



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
445.895	17.934

$\sigma_{ult}$                       791.529                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      2435.235                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      4                      cm

e                      3.9                      cm

I                      19.773                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      1.8                      cm

E                      5.765                      E [Gpa]

V                      1118.52                      cm<sup>3</sup>

m                      864                      gr

$\rho$                       0.772                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Compresión

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

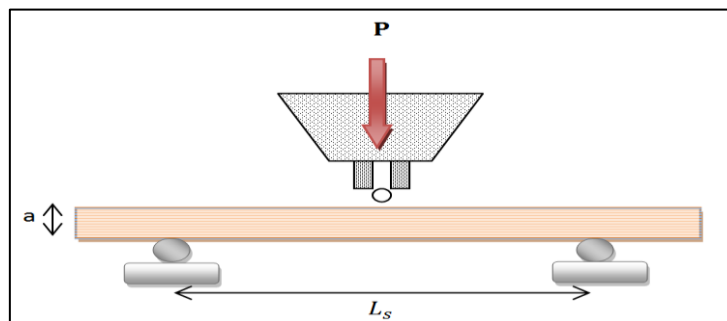
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 15/03/2012

09:45:46 a.m.

Nombre de la probeta: (P12)\_16



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
651.305	28.542

$\sigma_{ult}$                       1020.603                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2652.92                      N

Ls                      72                      cm

a                      4.1                      cm

e                      4.1                      cm

I                      23.548                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      0.65                      cm

E                      16                      E [Gpa]

V                      1210.3                      cm<sup>3</sup>

m                      962                      gr

$\rho$                       0.795                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

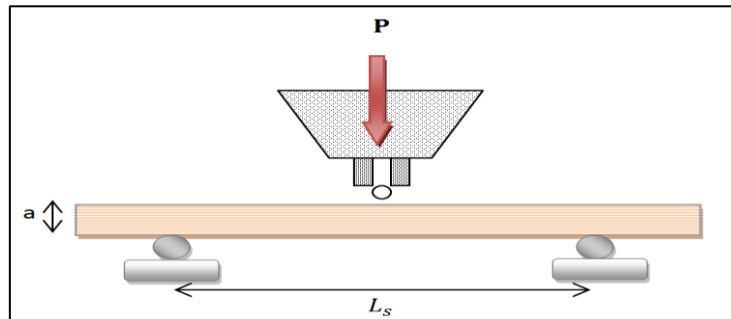
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 15/03/2012

10:24:25 a.m.

Nombre de la probeta: (P13)\_13



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
334.159	17.932

$\sigma_{ult}$                       593.182                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2652.92                      N

Ls                      72                      cm

a                      4                      cm

e                      3.9                      cm

I                      19.773                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      0.97                      cm

E                      9.212                      E [Gpa]

V                      1132.80                      cm<sup>3</sup>

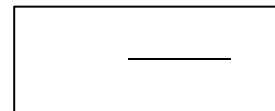
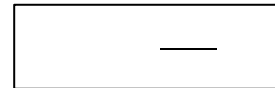
m                      768                      gr

$\rho$                       0.678                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

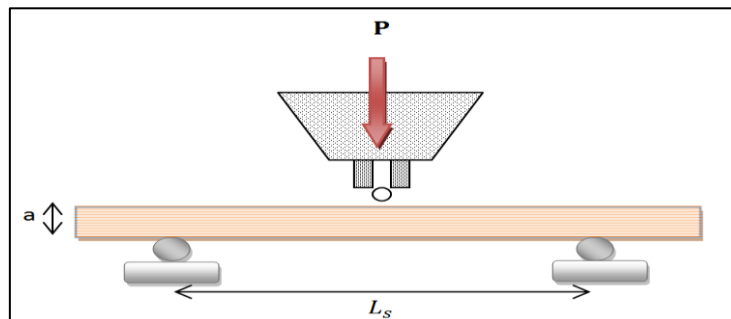
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 15/03/2012

10:10:35 a.m.

Nombre de la probeta: (P14)\_15



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
421.450	17.930

$\sigma_{ult}$                       729.888                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2652.92                      N

Ls                      72                      cm

a                      4.1                      cm

e                      3.9                      cm

I                      20.267                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      0.7                      cm

E                      12.897                      E [Gpa]

V                      1150.72                      cm<sup>3</sup>

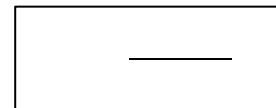
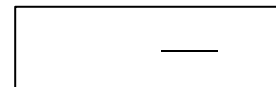
m                      827                      gr

$\rho$                       0.719                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

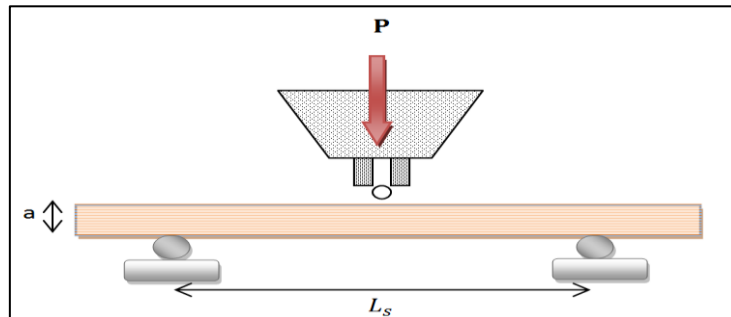
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 21/03/2012

10:48:03 a.m.

Nombre de la probeta: (C1+C4)\_20



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
380.605	30.315

$\sigma_{ult}$                       596.412                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2435.235                      N

Ls                      72                      cm

a                      4.1                      cm

e                      4.1                      cm

I                      23.548                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      1.9                      cm

E                      5.074                      E [Gpa]

V                      1210.24                      cm<sup>3</sup>

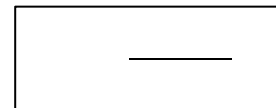
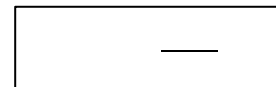
m                      796                      gr

$\rho$                       0.658                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Compresión



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

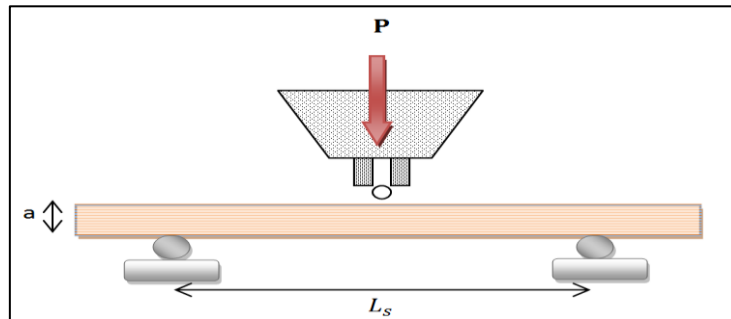
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 21/03/2012

10:31:06 a.m.

Nombre de la probeta: (C5)\_17



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
309.140	30.491

$\sigma_{ult}$                       508.950                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2435.235                      N

Ls                      72                      cm

a                      4.1                      cm

e                      4                      cm

I                      21.867                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      2.4                      cm

E                      3.73                      E [Gpa]

V                      1176.12                      cm<sup>3</sup>

m                      806                      gr

$\rho$                       0.685                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Compresión

—

—

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

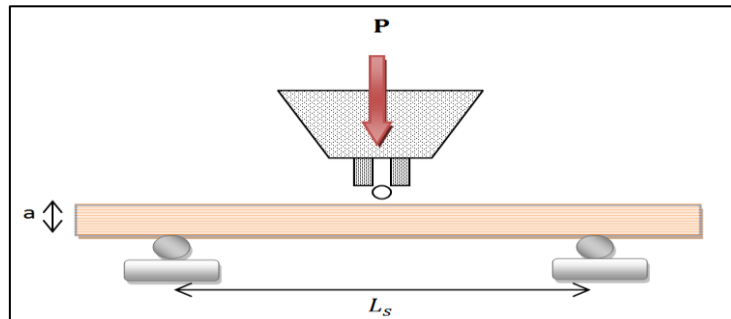
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 21/03/2012

10:01:02 a.m.

Nombre de la probeta: (C10)\_2



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
580.752	23.187

$\sigma_{ult}$                       794.190                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      3463.314                      N

Ls                      72                      cm

a                      3.9                      cm

e                      4.5                      cm

I                      29.616                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      0.9                      cm

E                      12.885                      E [Gpa]

V                      1254.24                      cm<sup>3</sup>

m                      925                      gr

$\rho$                       0.737                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción

—

—

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

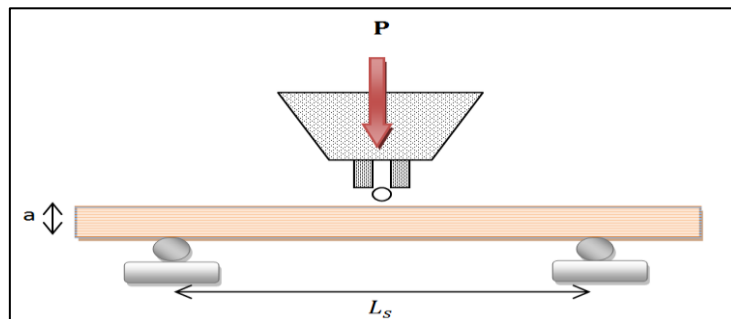
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 21/03/2012

10:17:29 a.m.

Nombre de la probeta: (C10)\_19



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
496.132	11.763

$\sigma_{ult}$                       817.313                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      3463.314                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      3.9                      cm

e                      4.1                      cm

I                      22.399                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      0.77                      cm

E                      15.824                      E [Gpa]

V                      1165.84                      cm<sup>3</sup>

m                      918                      gr

$\rho$                       0.787                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

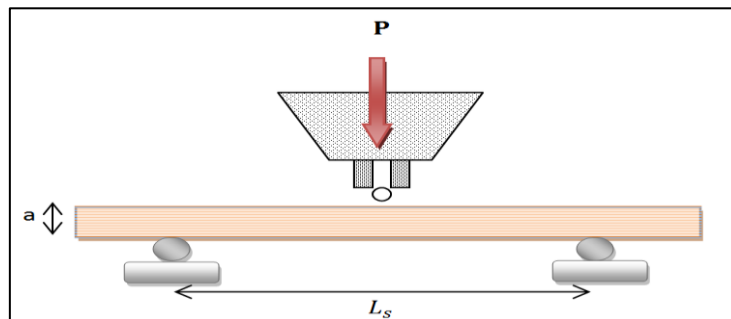
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 26/03/2012

10:12:28 a.m.

Nombre de la probeta: (C1)\_22



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
326.922	30.091

$\sigma_{ult}$                       538.225                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      2435.235                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      4.1                      cm

e                      4                      cm

I                      21.867                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      2.1                      cm

E                      4.404                      E [Gpa]

V                      1170.78                      cm<sup>3</sup>

m                      823                      gr

$\rho$                       0.703                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Compresión

—

—

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

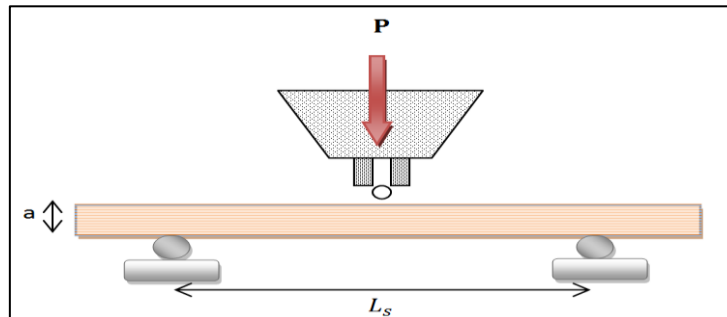
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 26/03/2012

09:39:34 a.m.

Nombre de la probeta: (C4)\_18



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
311.683	33.582

$\sigma_{ult}$                       525.965                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2435.235                      N

Ls                      72                      cm

a                      4                      cm

e                      4                      cm

I                      21.333                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      2.25                      cm

E                      4.092                      E [Gpa]

V                      1137.64                      cm<sup>3</sup>

m                      728                      gr

$\rho$                       0.640                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Compresión

—

—

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

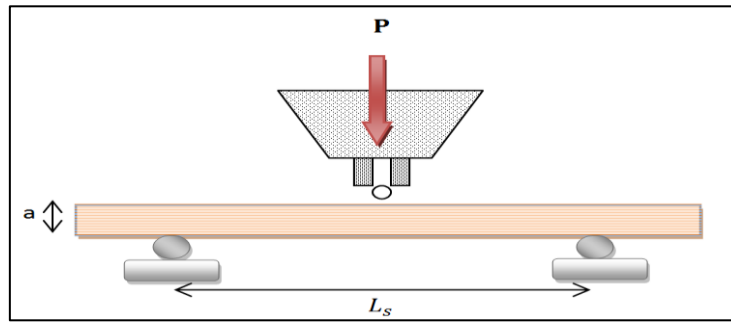
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 26/03/2012

09:56:37 a.m.

Nombre de la probeta: (P23)\_11



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
405.015	30.166

$\sigma_{ult}$                       756.801                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      2652.92                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      3.8                      cm

e                      3.9                      cm

I                      21.333                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      0.8                      cm

E                      10.747                      E [Gpa]

V                      1085.60                      cm<sup>3</sup>

m                      867                      gr

$\rho$                       0.799                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Compresión

—

—

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

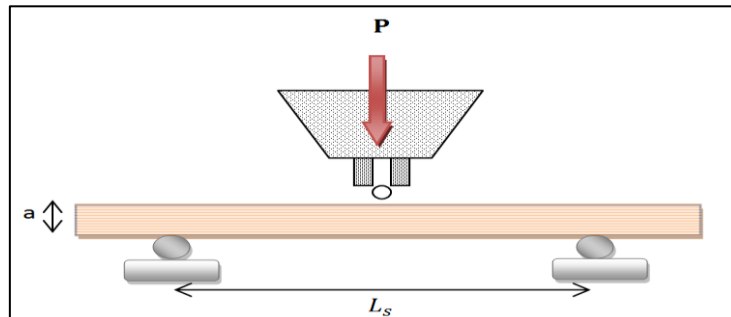
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 26/03/2012

10:28:17 a.m.

Nombre de la probeta: (P11)\_12



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
294.847	44.058

$\sigma_{ult}$                       550.944                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      2652.92                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      3.8                      cm

e                      3.9                      cm

I                      18.784                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      1.1                      cm

E                      7.165                      E [Gpa]

V                      1071.80                      cm<sup>3</sup>

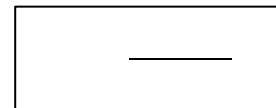
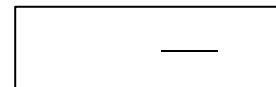
m                      832                      gr

$\rho$                       0.776                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Compresión



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

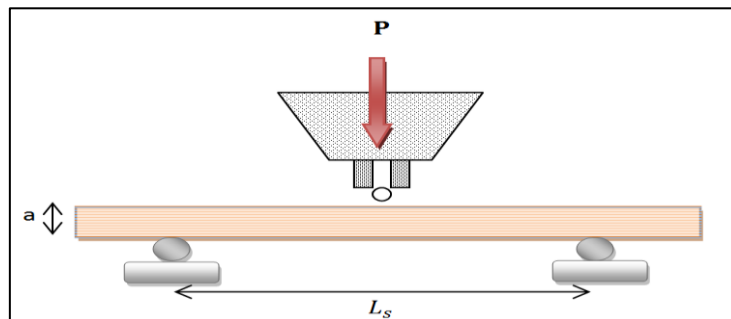
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 29/03/2012

10:26:39 a.m.

Nombre de la probeta: (P12+C7)\_24



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
285.830	30.230

$\sigma_{ult}$                       494.706                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2652.51                      N

Ls                      72                      cm

a                      3.9                      cm

e                      4                      cm

I                      20.800                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      1.75                      cm

E                      4.934                      E [Gpa]

V                      1123.36                      cm<sup>3</sup>

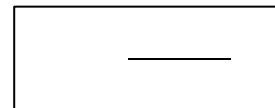
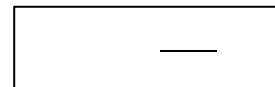
m                      850                      gr

$\rho$                       0.757                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Compresión



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

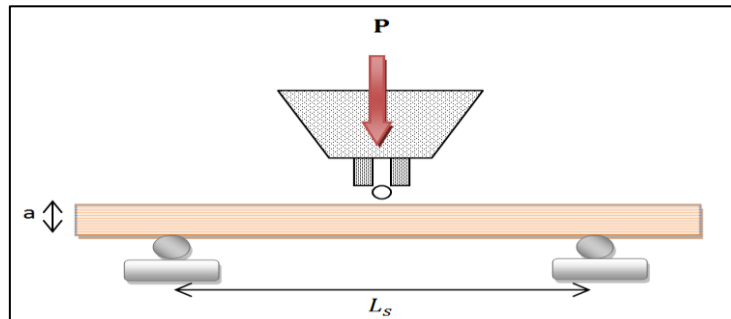
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 29/03/2012

10:41:50 a.m.

Nombre de la probeta: (P16+C7)\_25



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
349.994	24.328

$\sigma_{ult}$  637.221 kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub> 2652.51 N

L<sub>s</sub> 72 cm

a 3.9 cm

e 3.9 cm

I 19.279 cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub> 1.2 cm

E 7.271 E [Gpa]

V 1113.92 cm<sup>3</sup>

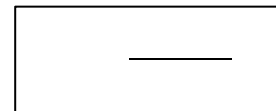
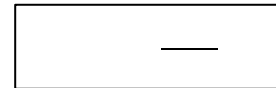
m 782 gr

$\rho$  0.702 gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato 0.1

Humedad 12%

Forma de rotura Compresión



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

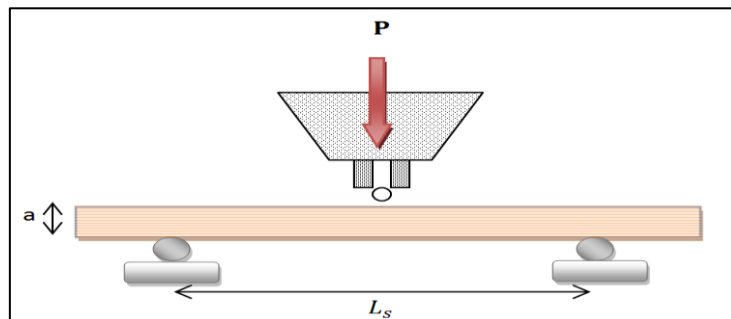
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 29/03/2012

10:10:35 a.m.

Nombre de la probeta: (P10+C4)\_10



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
326.213	34.154

$\sigma_{ult}$                       564.953                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      2650.598                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      4.1                      cm

e                      3.9                      cm

I                      20.267                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      1.15                      cm

E                      7.266                      [Gpa]

V                      1136.80                      cm<sup>3</sup>

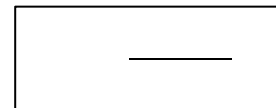
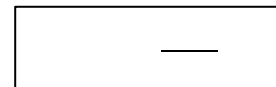
m                      775                      gr

$\rho$                       0.682                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

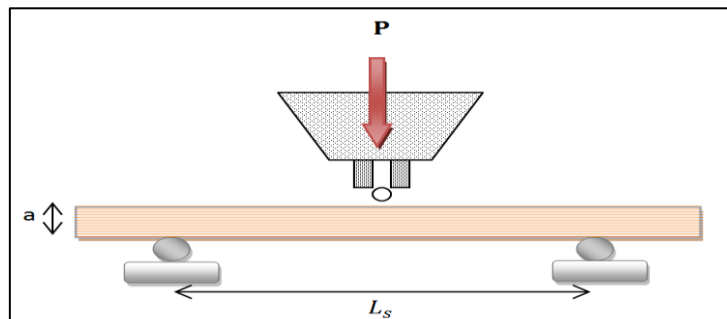
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 29/03/2012

09:20:00 a.m.

Nombre de la probeta: (P24+C7)-1\_1



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
485.565	31.750

$\sigma_{ult}$  861.950 kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub> 2652.51 N

L<sub>s</sub> 72 cm

a 4 cm

e 3.9 cm

I 19.773 cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub> 0.9 cm

E 9.868 E [Gpa]

V 1118.60 cm<sup>3</sup>

m 838 gr

$\rho$  0.749 gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato 0.1

Humedad 12%

Forma de rotura Compresión

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

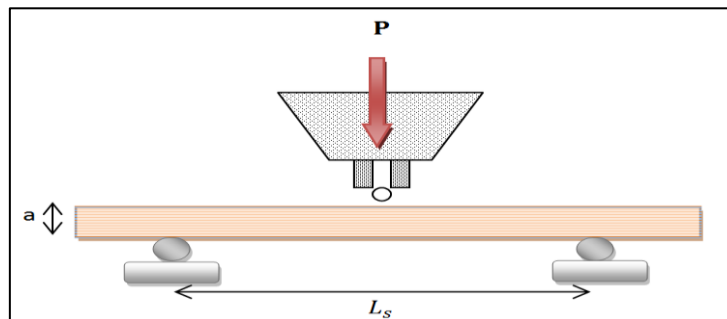
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 29/03/2012

09:36:22 a.m.

Nombre de la probeta: (P24+C7)-2\_3



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
407.643	38.567

$\sigma_{ult}$                       782.298                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2652.51                      N

Ls                      72                      cm

a                      3.7                      cm

e                      3.9                      cm

I                      18.290                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      1.45                      cm

E                      6.579                      E [Gpa]

V                      1048.32                      cm<sup>3</sup>

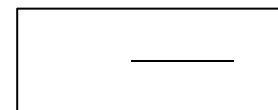
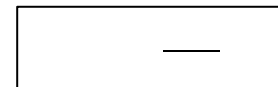
m                      747                      gr

$\rho$                       0.713                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Compresión



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

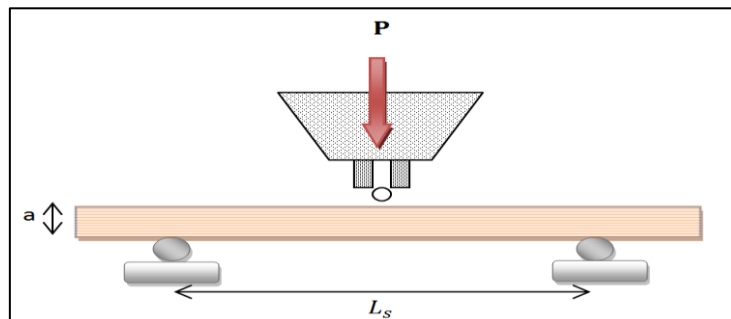
NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión  
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 29/03/2012

09:45:56 a.m.

Nombre de la probeta: (P16+C5)\_21



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
300.020	32.392

$\sigma_{ult}$                       506.284                      kg/cm<sup>2</sup>

P<sub>máx</sub>                      2650.598                      N

L<sub>s</sub>                      72                      cm

a                      4                      cm

e                      4                      cm

I                      21.333                      cm<sup>4</sup>

Y<sub>máx</sub>                      1.4                      cm

E                      5.752                      E [Gpa]

V                      1142.40                      cm<sup>3</sup>

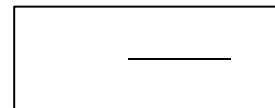
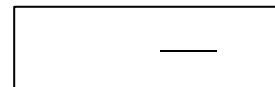
m                      829                      gr

$\rho$                       0.726                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Basado en:

NTC-663-Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión

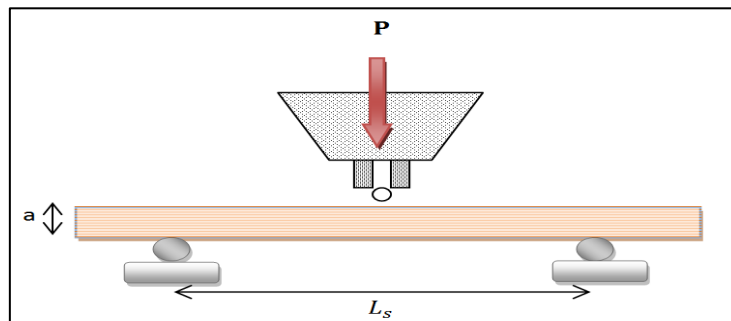
NTC-5525-Maderas. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth

Equipo: MTS 810 Material Test System

Fecha: 29/03/2012

09:54:56 a.m.

Nombre de la probeta: (P16+C10)\_23



Carga máx. [kg]	Deformación última [mm]
532.461	30.484

$\sigma_{ult}$                       945.197                      kg/cm<sup>2</sup>

Pmáx                      2650.598                      N

Ls                      72                      cm

a                      4                      cm

e                      3.9                      cm

I                      19.773                      cm<sup>4</sup>

Ymáx                      0.75                      cm

E                      11.505                      E [Gpa]

V                      1128.08                      cm<sup>3</sup>

m                      841                      gr

$\rho$                       0.746                      gr/cm<sup>3</sup>

% Error con el aparato                      0.1

Humedad                      12%

Forma de rotura                      Tracción

—

—

**ANEXO F. Ficha técnica viga laminada encolada estructural**

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

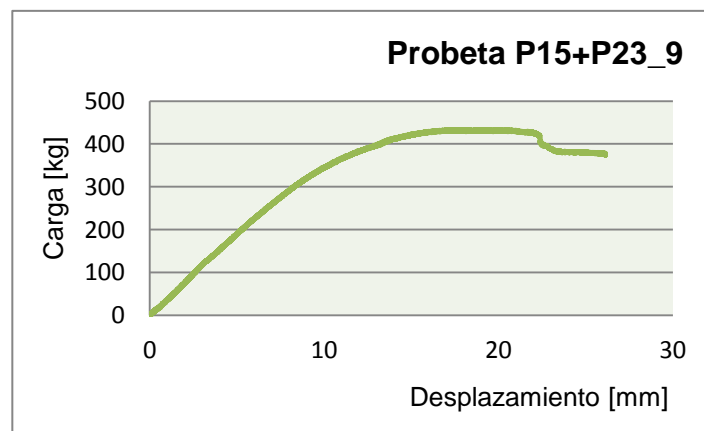
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 13/03/2012 09:45:31 a.m.  
Nombre de la probeta: (P15+P23)\_9  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



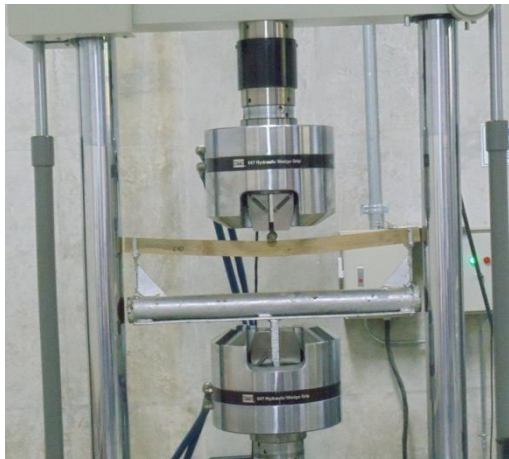
P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.92	0.7	731.580	12.897

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

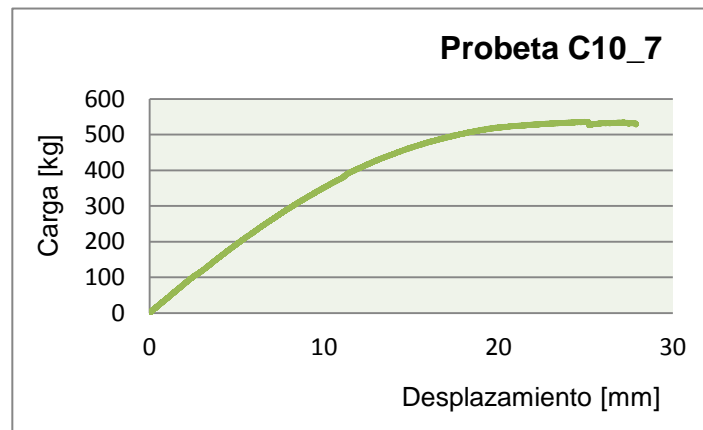
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 13/03/2012 10:39:00 a.m.  
Nombre de la probeta: (C10)\_7  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



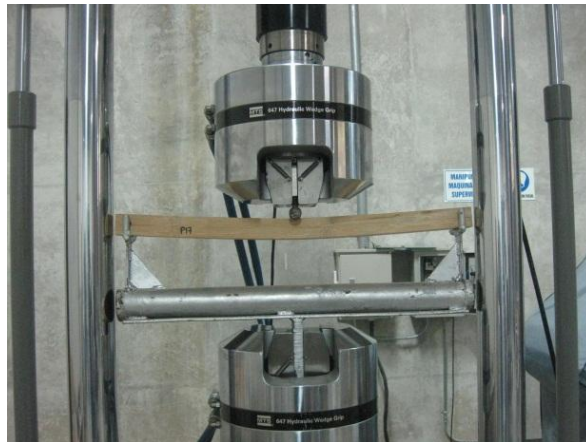
P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
3463.314	1.05	9.292	11.274

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

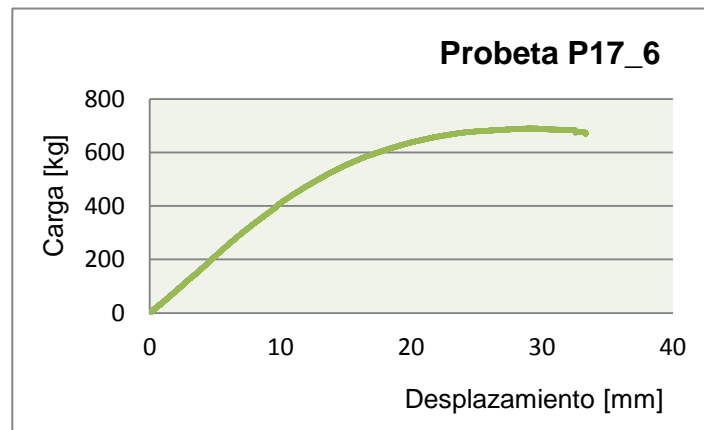
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 13/03/2012 09:28:26 a.m.  
Nombre de la probeta: (P17)\_6  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



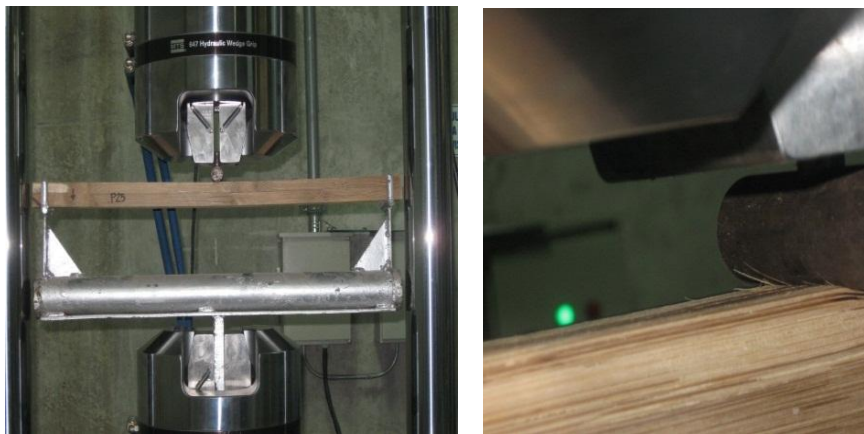
P [N]	Ymáx [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.92	0.65	983.782	16

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

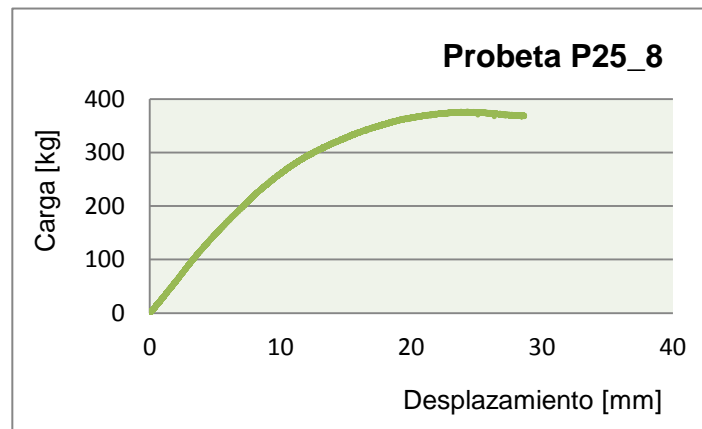
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 13/03/2012 09:07:50 a.m.  
Nombre de la probeta: (P25)\_8  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



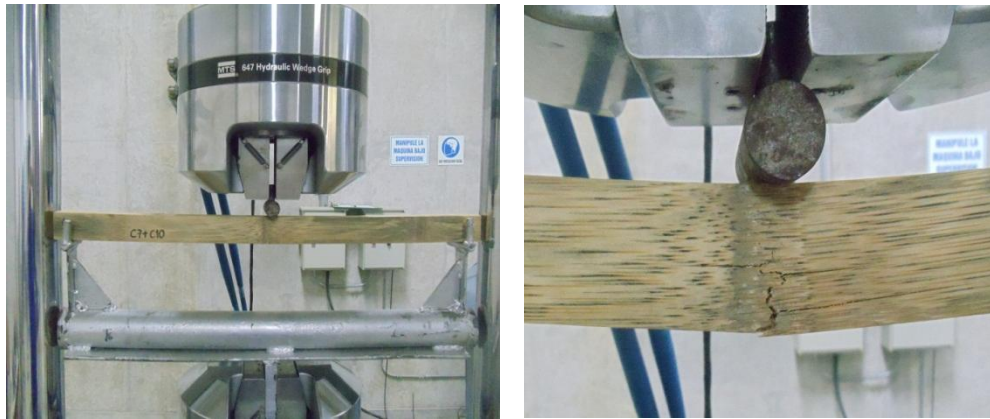
P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.92	0.97	577.853	9.212

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

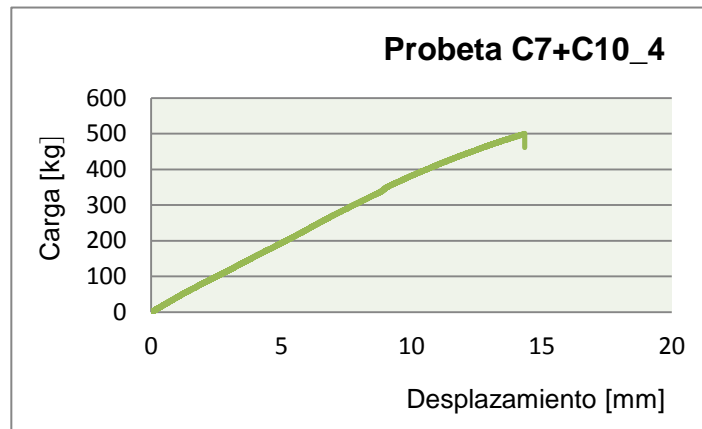
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 15/03/2012 10:55:34 a.m.  
Nombre de la probeta: (C7+C10)\_4  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$\gamma_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
3463.314	0.9	804.720	12.885

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

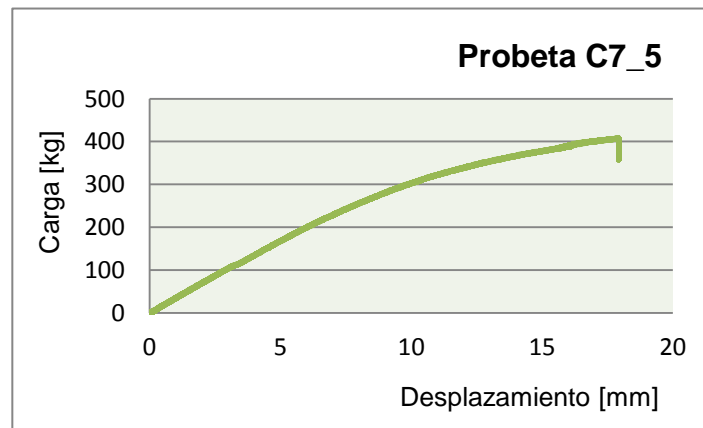
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 15/03/2012 11:07:05 a.m.  
Nombre de la probeta: (C7)\_5  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
3463.314	1.3	707.531	9.019

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

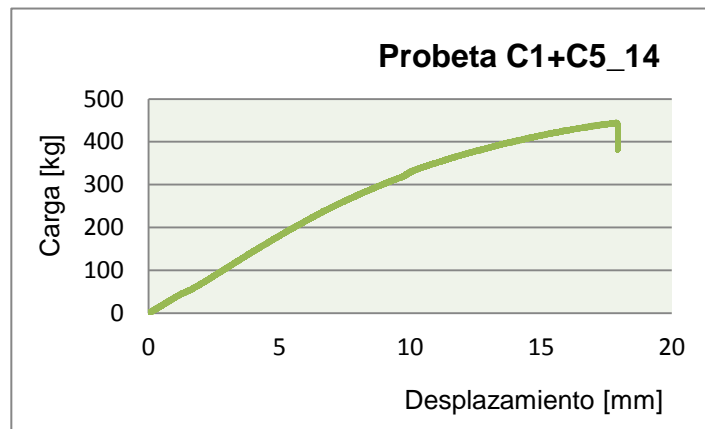
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 15/03/2012 10:38:07 a.m.  
Nombre de la probeta: (C1+C5)\_14  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



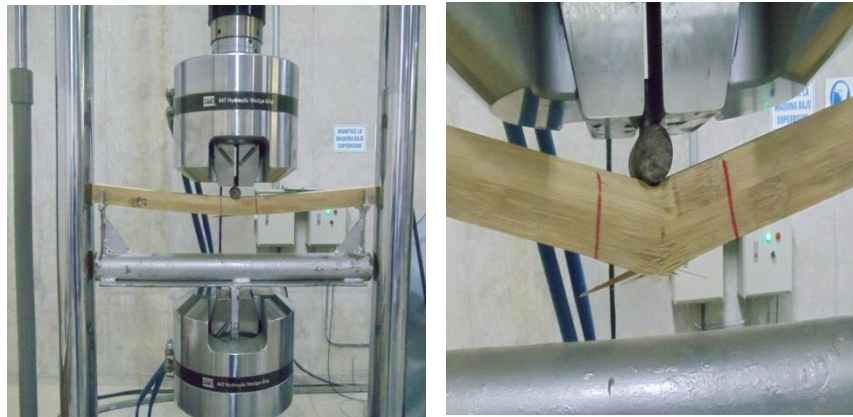
P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2435.235	1.8	791.529	5.765

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

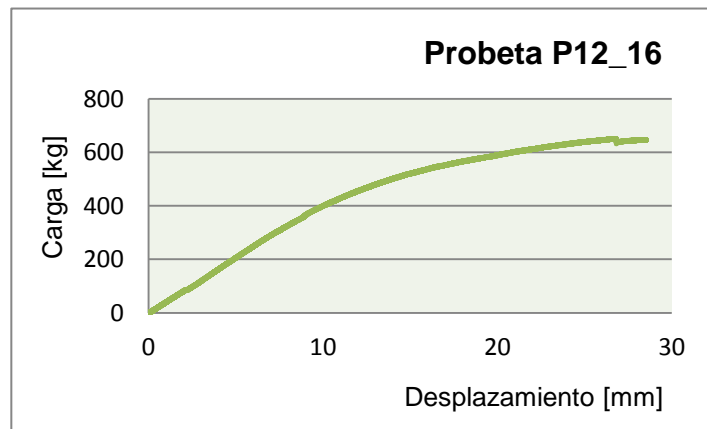
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 15/03/2012 09:45:46 a.m.  
Nombre de la probeta: (P12)\_16  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	Y <sub>máx</sub> [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.92	0.65	1020.603	16

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

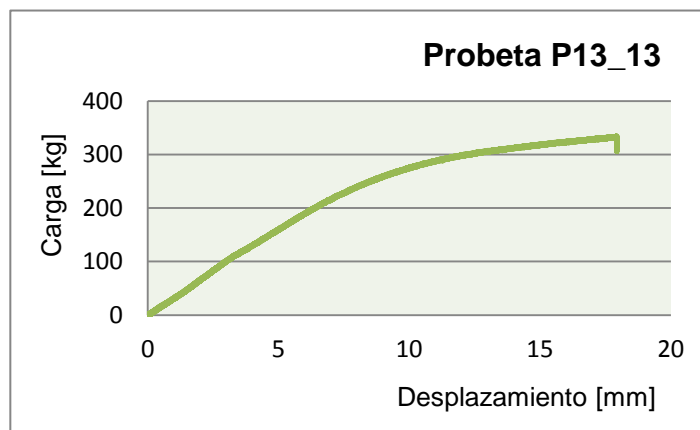
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 15/03/2012 10:24:25 a.m.  
Nombre de la probeta: (P13)\_13  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.92	0.97	593.182	9.212

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

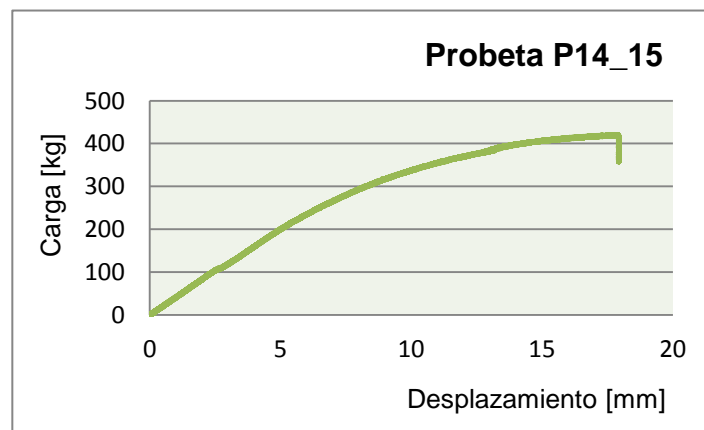
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 15/03/2012 10:10:35 a.m.  
Nombre de la probeta: (P14)\_15  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.92	0.7	729.888	12.897

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

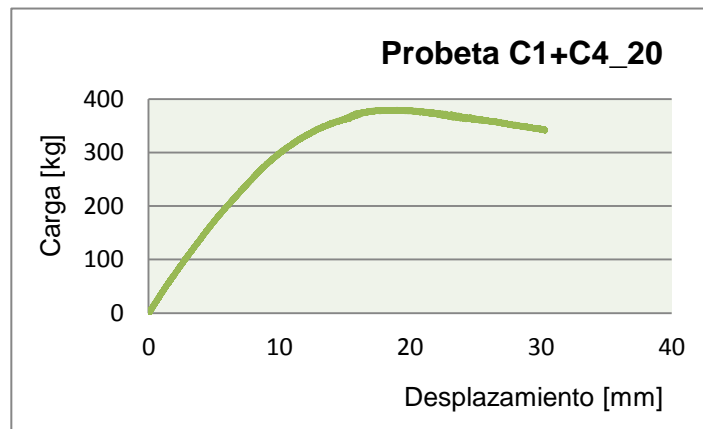
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 21/03/2012 10:48:03 a.m.  
Nombre de la probeta: (C1+C4)\_20  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



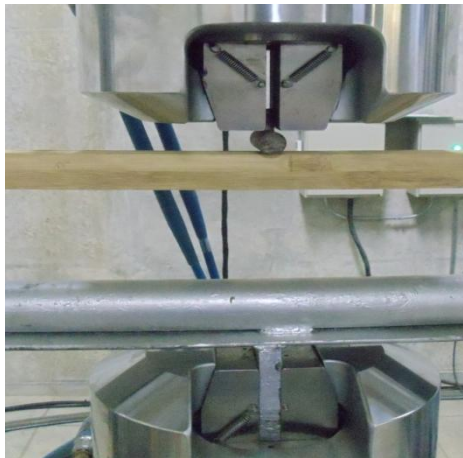
P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2435.235	1.9	596.412	5.074

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

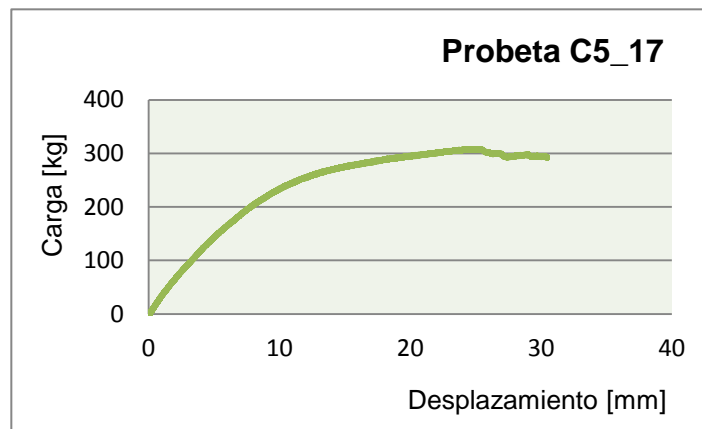
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 21/03/2012 10:31:06 a.m.  
Nombre de la probeta: (C5)\_17  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



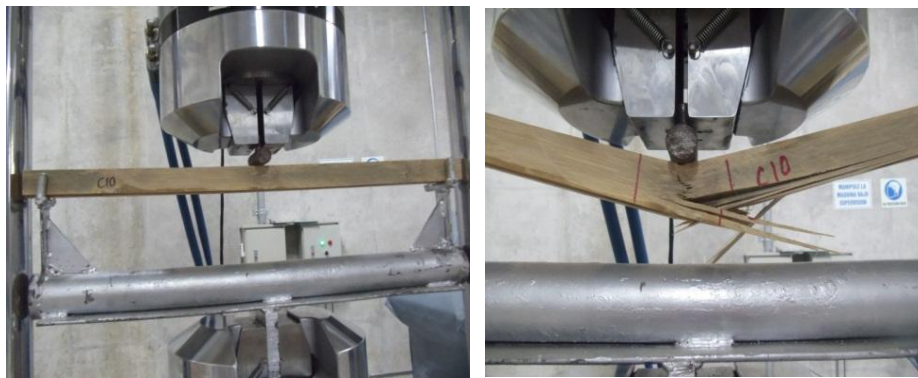
P [N]	Y <sub>máx</sub> [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2435.235	2.4	508.950	3.73

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

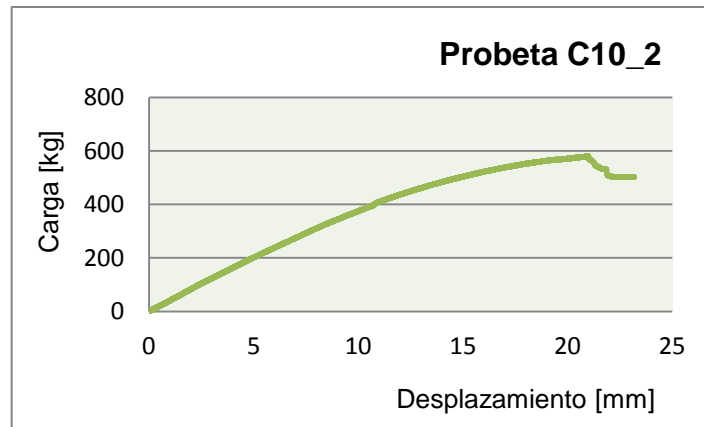
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 21/03/2012 10:01:02 a.m.  
Nombre de la probeta: (C10)\_2  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



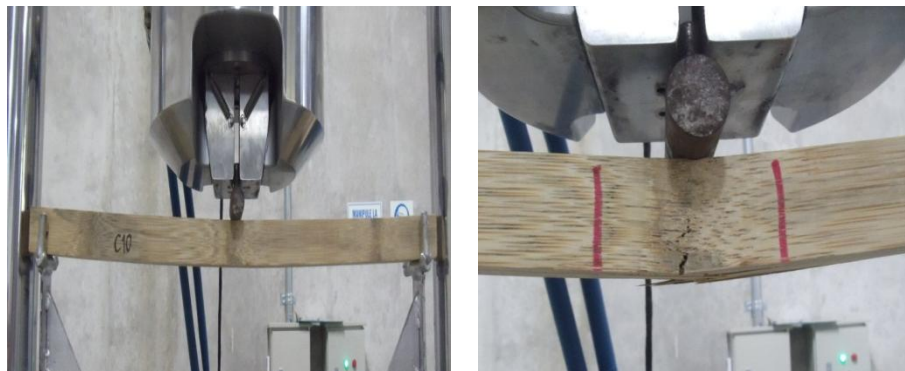
P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
3463.314	0.9	794.190	12.885

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

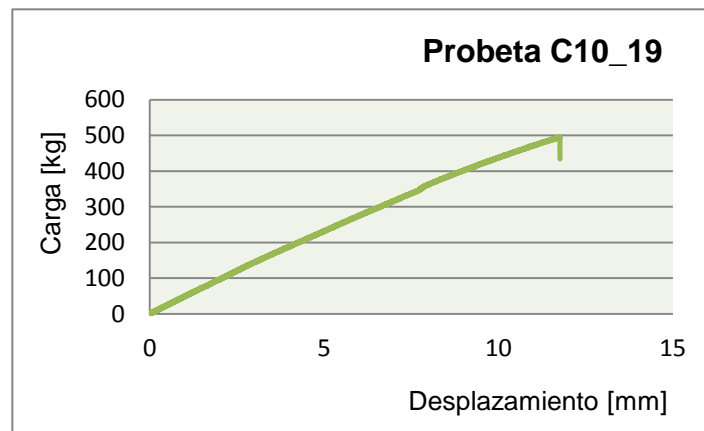
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 21/03/2012 10:17:39 a.m.  
Nombre de la probeta: (C10)\_19  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	Y <sub>máx</sub> [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
3463.314	0.77	817.313	15.824

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

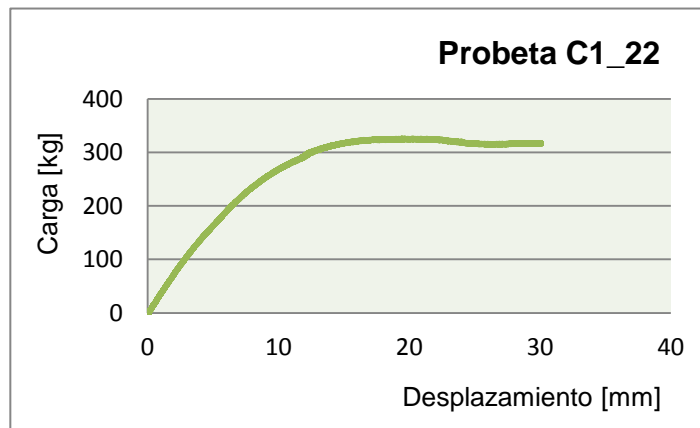
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 26/03/2012 10:12:28 a.m.  
Nombre de la probeta: (C1)\_22  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



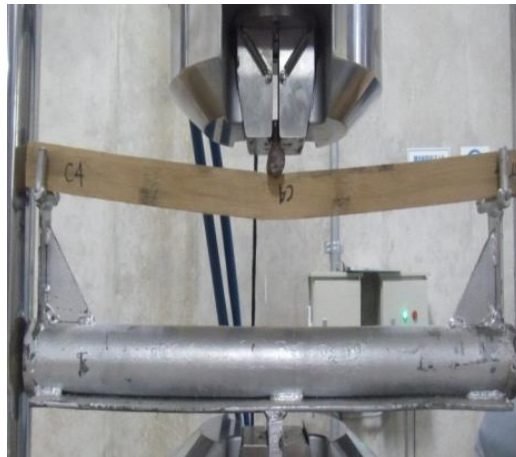
P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2435.235	2.1	538.225	4.404

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

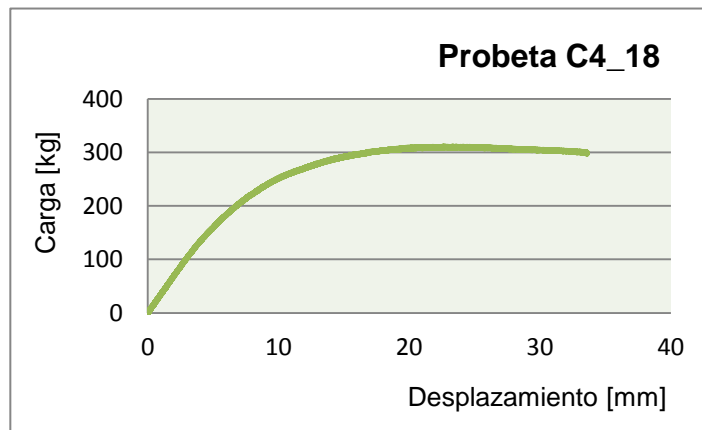
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 26/03/2012 09:39:34 a.m.  
Nombre de la probeta: (C4)\_18  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2435.235	2.25	525.965	4.092

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

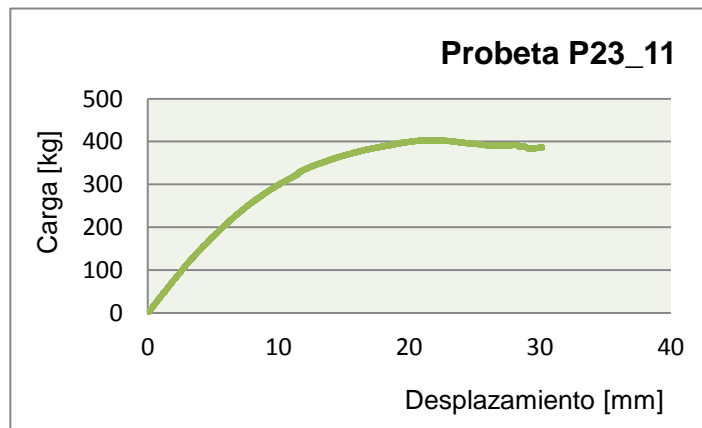
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 26/03/2012 09:56:37 a.m.  
Nombre de la probeta: (P23)\_11  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



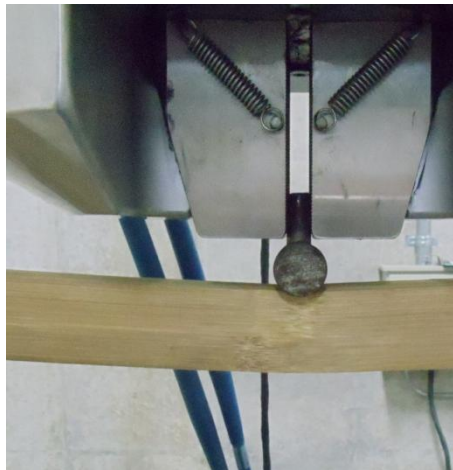
P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.92	0.8	756.801	10.747

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

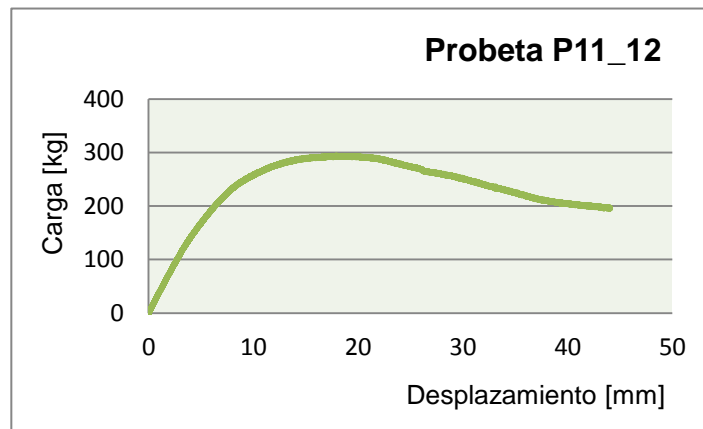
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 26/03/2012 10:28:17 a.m.  
Nombre de la probeta: (P11)\_12  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.92	1.1	550.944	7.165

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

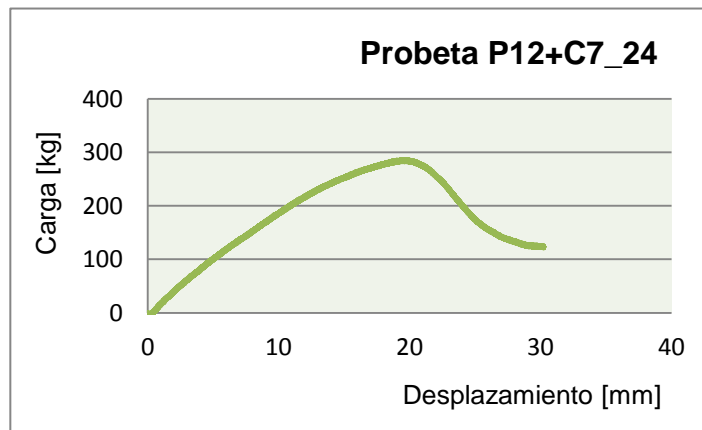
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 29/03/2012 10:26:39 a.m.  
Nombre de la probeta: (P12+C7)\_24  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



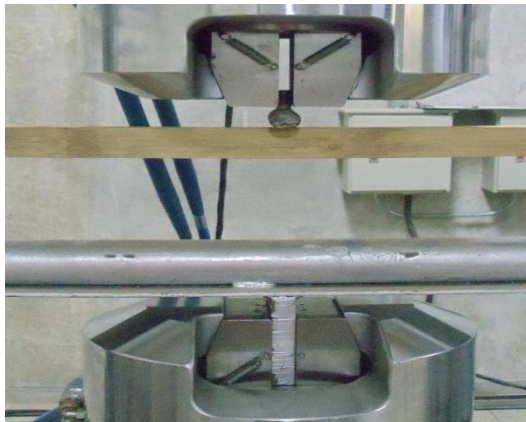
P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.51	1.75	494.706	4.934

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

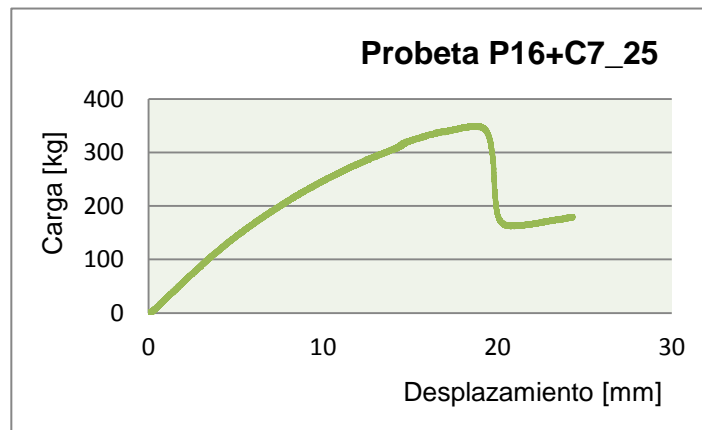
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 29/03/2012 10:41:50 a.m.  
Nombre de la probeta: (P16+C7)\_25  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.51	1.2	637.221	7.271

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

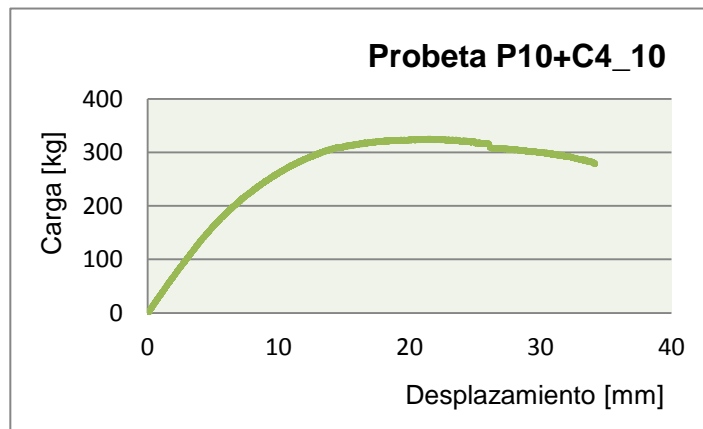
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 29/03/2012 10:10:35 a.m.  
Nombre de la probeta: (P10+C4)\_10  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2650.598	1.15	564.953	7.266

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

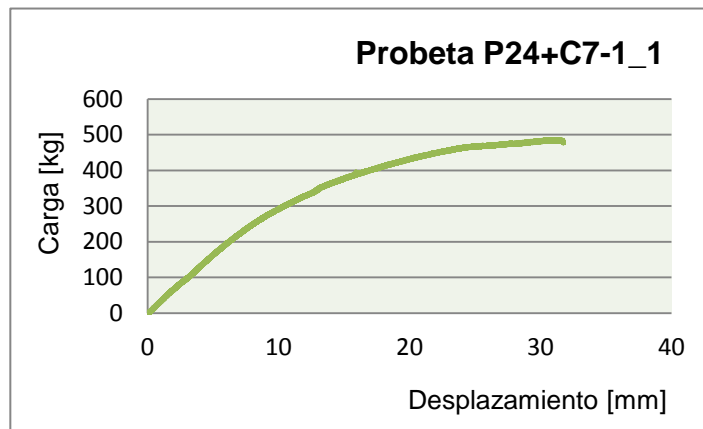
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 29/03/2012 09:20:00 a.m.  
Nombre de la probeta: (P24+C7)-1\_1  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$\gamma_{\text{máx}}$ [cm]	$\sigma_{\text{ult}}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.51	0.9	861.950	9.868

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

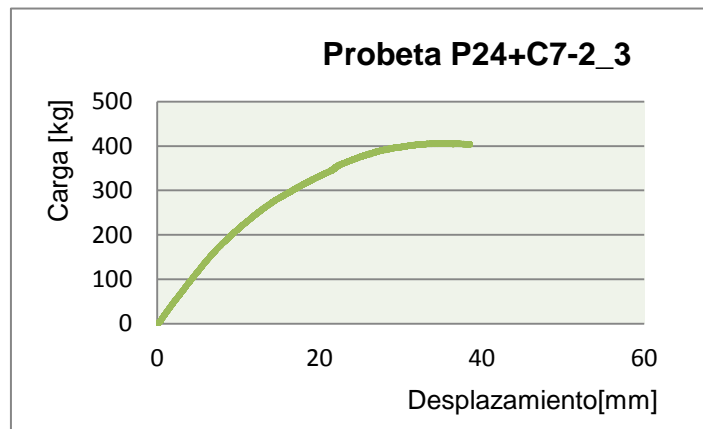
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 29/03/2012 09:36:22 a.m.  
Nombre de la probeta: (P24+C7)-2\_3  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2652.51	1.45	782.298	6.579

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

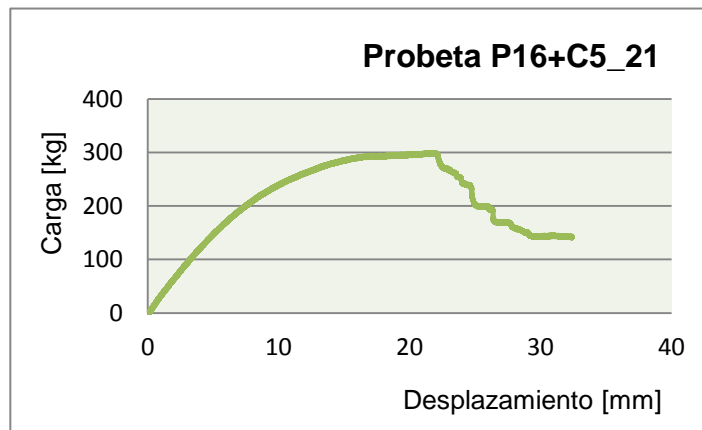
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 29/03/2012 09:54:56 a.m.  
Nombre de la probeta: (P16+C5)\_21  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	$Y_{m\acute{a}x}$ [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2650.598	1.4	506.284	7.266

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICO-MACANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

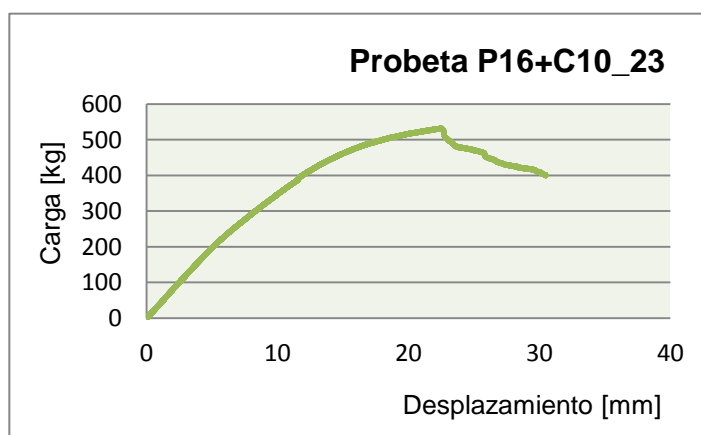
ENSAYO A FLEXIÓN DE BAMBÚ GUADUA LAMINADA ENCOLADA ESTRUCTURAL

Fecha: 29/03/2012 09:54:56 a.m.  
Nombre de la probeta: (P16+C10)\_23  
Tipo de adhesivo: PVA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



DATOS DE RESISTENCIA



P [N]	Y <sub>máx</sub> [cm]	$\sigma_{ult}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	E [Gpa]
2650.598	0.75	945.197	11.505