



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TÍTULO:**

“ ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICA DE LA CAÑA GUADUA Y  
SU IMPACTO ESTRUCTURAL EN LA ZONA DE JIPIJAPA, PAJÁN Y PUERTO LÓPEZ  
DE LA PROVINCIA DE MANABÍ ”

**AUTOR:**

GUERRIDO TUMBACO MIGUEL ÁNGEL

**DIRECTOR DE TESIS:**

Ing. Darío Páez Cornejo, Msc.

Manta – Manabí-Ecuador

Diciembre del 2019

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “**Análisis de las propiedades físico-mecánica de la caña guadua y su impacto estructural en la zona de Jipijapa, Paján y Puerto López de la provincia de Manabí**”, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado, corresponde al señor **Guerrido Tumbaco Miguel Ángel**, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2013-2019, quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, Diciembre del 2019.

Lo certifico,

Ing. Msc. Darío Páez Cornejo

**Docente Tutor**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Se declara que el siguiente trabajo de titulación de modalidad “Proyecto de Investigación” se desarrolló con base a el Análisis de las propiedades físico-mecánicas de la caña guadua y su impacto estructural en la zona de Jipijapa, Paján y Puerto López de la provincia de Manabí, siendo de mi autoría. Las definiciones y conceptos son tomadas de los diferentes autores se encuentran correctamente citadas, respetando los derechos de propiedad intelectual con las respectivas citas que están incluidas en la bibliografía.

El análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones que se narran son responsabilidad del autor.

Por consiguiente, el autor es responsable por el contenido, fiabilidad y alcance científico del proyecto de grado que se menciona.

Manta, Diciembre del 2019.

---

Guerrido Tumbaco Miguel Ángel

C.I.:1316520616

## APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

TITULO:

“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICA DE LA CAÑA GUADUA Y SU IMPACTO ESTRUCTURAL EN LA ZONA DE JIPIJAPA, PAJÁN Y PUERTO LÓPEZ DE LA PROVINCIA DE MANABÍ”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Sometida a consideración del tribunal de revisión y sustentación como requisito a la obtención del título de: INGENIERO CIVIL

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## **DEDICATORIA**

Después de varios años de ardua labor, quiero dedicar todo el trabajo logrado primeramente a Dios, por ser mi inspiración y mi fortaleza durante mi proceso para la obtención de uno de mis más grandes anhelos, ya que sin él no hubiera sido posible.

A mis padres Sr. Fernando Guerrido y Sra. Ismelda Tumbaco por ser ese pilar fundamental, ya que, con su paciencia, amor y sobre todo apoyo que me brindaron todos los días, por verme cumplir este sueño.

Le doy gracias a mi familia por su apoyo, consejos, y palabras que se encargaron de volverme un gran ser humano, siempre apoyándome en cada sueño, oportunidad y meta. Gracias a todos mis compañeros por haberme acompañado durante mi trayecto y que han ayudado a realizar con éxito, y sobre todo a aquellas personas que me brindaron la mano y compartieron sus conocimientos a lo largo de todo este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a Dios porque gracias a él todo esto ha sido posible.

A mi familia quienes han sido mi motivación constante para seguir con mis estudios, por su apoyo incondicional.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por su compromiso con la sociedad en formar profesionales capaces y comprometidos en ayudar al desarrollo de la ciudad y del país. A mis profesores quienes con sus valiosas enseñanzas me ayudaron a escalar peldaños a lo largo de mi formación académica.

De igual manera mis agradecimientos al Ing. Darío Páez, principal colaborador durante todo este proceso, quien con sus conocimientos, enseñanzas y orientación permitió concretar este trabajo de investigación.

Al personal de Escuela taller de Empresa pública y al del Laboratorio de suelos Bolívar Ortiz L. por el apoyo brindado durante el desarrollo de la investigación, pero sobre la Ing. Michelle Pilligua y la Lcda. Gioconda Rodríguez por apoyarme en este proceso de titulación.

A mis amigos y compañeros de aula, que con sus ocurrencias y compañía hicieron de este camino sea mucho más ameno y divertido.

## RESUMEN

En Manabí se encuentra un material apto para utilizarse en procesos constructivos, esta es la *Angustifolia Kunth* (GaK) conocida como la caña guadua. La cantidad de datos respecto a sus propiedades físicas y mecánicas son escasos, sin embargo, en este proyecto se analizó sus comportamientos a diferentes ensayos, los mismos que se evidencian en la NEC- SE- GUADUA. Se realizó comparaciones a las ejemplares obtenidas de determinado material pertenecientes a los cantones: Jipijapa, Paján y Puerto López. Dentro de los ensayos realizados se encuentran: compresión, tensión, cortante (paralelos a la fibra), y flexión, así como, contenido de humedad y contracción, los cuales siguen los lineamientos de la Norma Técnica Colombiana NTC 5525. El número de probetas que se elaboraron fueron basadas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Todo este proceso fue llevado con total cuidado y su respectivo calendario para cumplir el propósito. Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron obtener datos efectivos y reales que servirán como base en el diseño estructural de sistemas constructivos sostenibles y referencia a futuras investigaciones.

**Palabras claves:** Guadua *Angustifolia Kunth*, ensayos físico-mecánica, material sostenible.

## ABSTRACT

In Manabí Province there is material available that could be utilized for construction. The specific material is cane called *Guadua Angustifolia Kunth* (GAK). The amount of physical and mechanical data is scarce, which it is also evident in the Nec-Se-Guadua. The physical and mechanical properties of this material will be shown in this research. Samples were gathered to be studied from specific areas; which include canton's from Jipijapa, Pajan and the Lopez Port. Test that were performed included compression, traction, cutting in the direction of grain, and flection (humidity and contraction following guidelines from the Technical Norms of Colombian NTC 5525; samples were elaborated based on the Ecuadorian Norms used in construction).

Results in the research from data obtained allowed to substantiate the effectiveness and use of constructive design in the systems used for construction. Also, data can be referred for future projects and research.

**Key words:** *Guadua Angustifolia Kunth*, physical-mechanical, sustainable, essays, test

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	2
APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	12
ÍNDICE DE TABLAS .....	13
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	14
INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN .....	3
OBJETIVO GENERAL .....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.- CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE.....	5
1.1. Antecedentes de la investigación.....	6
1.2. Definición sobre bambú .....	8
1.3. Guadua Angustifolia .....	9
1.4. Estructura morfológica de la guadua .....	10
1.4.1. Rizoma. ....	10
1.4.2. Culmo .....	11
1.4.3. Basa (sección media) .....	11
1.4.4. Sobrebasa (sección superior).....	11
1.4.5. Varillón .....	11
1.4.6. Hojas Caulinares .....	11
1.4.7. Hojas Follaje.....	11
1.4.8. Flores.....	12

1.5	Madurez y Calidad.....	12
1.5.1	Brote nuevo .....	12
1.5.2	Caña tierna.....	13
1.5.3	Caña hecha .....	13
1.5.4	Caña seca.....	13
1.6	Propiedades Físicas y Mecánicas de la caña Guadu .....	13
1.6.1	Esfuerzo.....	14
1.6.2	Resistencia a compresión .....	14
1.6.3	Resistencia a Flexión y Tracción.....	14
1.7	El manejo.....	14
1.8	Secado .....	15
1.9	Secado al ambiente.....	15
1.10	Esparcimiento sexual .....	15
1.11	Crecimiento .....	15
1.11.1	Fertilización.....	16
1.11.2	Limpieza.....	16
1.11.3	Enfermedades .....	16
1.11.4	Aprovechamiento.....	16
1.11.5	Poda.....	17
2	CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
2.1	Metodología de la investigación .....	19
2.2	Muestra de los materiales. ....	20
2.3	Ubicación.....	22
2.4	Ensayo para determinar propiedades físicas.....	23
2.4.1	Contenido de Humedad.....	23
2.4.2	Contracción.....	24
2.1.	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas.....	25
2.1.1.	Compresión .....	25
2.1.2	Corte .....	26
2.1.3	Tensión .....	27
2.1.4	Flexión .....	28

3. CAPÍTULO III RESULTADOS.....	29
3.1 Análisis comparativo de las propiedades físicas de los tres cantones muestra. ....	30
3.1.1 Análisis comparativo de contenido de humedad de los tres cantones muestra.....	30
3.1.2 Análisis comparativo de los ensayos de contracción de los tres cantones muestra.	31
3.2 Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de los tres cantones muestra. ....	33
3.2.1 Análisis comparativo de resistencia y módulo de elasticidad en ensayo de compresión de los tres cantones muestra. ....	34
3.2.2 Análisis comparativo de ensayos de corte en los tres cantones muestra. ....	36
3.2.3 Análisis comparativo de ensayos de tensión en los tres cantones muestra.....	38
3.2.4 Análisis Comparativo de ensayo a flexión en los tres cantones muestra .....	40
CONCLUSIONES .....	44
RECOMENDACIONES .....	46
BIBLIOGRAFÍA .....	47
ANEXOS .....	49

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Caña guadua en la zona rural de Paján .....	7
Ilustración 2. GAD Pedro Pablo Gómez parroquia de Jipijapa, construida con caña guadua ..	7
Ilustración 3. Hotel Poseidón Puerto Cayo Fuente: El autor .....	8
Ilustración 4. Distribución del bambú a nivel mundial .....	8
Ilustración 5. Formas de uso del bambú Fuente: El autor .....	9
Ilustración 6 Hotel Alandaluz de Puerto López Fuente: Diario El universo .....	10
Ilustración 7. Esquema de una Gak con sus partes .....	12
Ilustración 8 Poda del Bambu Fuente; Ing Pedro Rene .....	17
Ilustración 9. Corte y trazado de las probetas para ensayos mecánico. ....	19
Ilustración 10. Cañaveral del sector de Paján.....	20
Ilustración 11. Parroquia La naranja, Cantón Jipijapa, .....	22
Ilustración 12. Parroquia Virgen de Monserrat del cantón Paján .....	22
Ilustración 13. Parroquia Ayampe de Puerto López, .....	22
Ilustración 14. Peso de cada muestra, luego del ensayo mecánico. ....	23
Ilustración 15. Probetas de contracción, llevadas al horno .....	24
Ilustración 16. Probetas en medio de las placas de ensayo a corte en el laboratorio .....	26
Ilustración 17. Corte de probetas para ensayos a torsión .....	27
Ilustración 18. Preparando la muestra para someterse a flexión .....	28

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valores de contenido de humedad de los tres cantones muestra en sus respectivas secciones.....	30
Gráfico 2. Valores de los ensayos de contracción en estado húmedo de los tres cantones de cada sección.....	31
Gráfico 3. Valores de ensayos de contracción en estado seco, de los tres cantones de cada muestra.....	32
Gráfico 4. Valores de resistencia en ensayos de compresión de los 3 cantones.....	34
Gráfico 5. Valores de Modulo de Elasticidad de ensayo de compresión.....	35
Gráfico 6. Valores de corte con nudo de los 3 cantones.....	36
Gráfico 7. Valores de ensayo de corte sin nudos en los 3 cantones.....	37
Gráfico 8. Valores de resistencia a tensión en los cantones muestra.....	38
Gráfico 9. Valores de Modulo de elasticidad de ensayo de tensión.....	38
Gráfico 10. Valores de resistencia máxima en los tres cantones.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones de dimensiones, número de probetas y temperatura para ensayos físicos. Fuente: El autor.....	21
Tabla 2. Especificaciones de dimensiones, n. de probetas y velocidad de ensayo para ensayos mecánicos. Fuente: El autor .....	21
Tabla 3. Valores de contenido de Humedad. Fuente: El autor .....	30
Tabla 4. Valores de ensayo de Contracción Húmedas Fuente: El autor .....	31
Tabla 5. Valores de ensayo de contracción secas Fuente: El autor .....	32
Tabla 6. Valores promedio de altura en el ensayo de contracción. Fuente: El autor.....	33
Tabla 7. Valores promedios de Resistencia de los 3 cantones con sus respectivas secciones. Fuente: El autor.....	34
Tabla 8. Valores promedios de Elasticidad de los 3 cantones Fuente: El autor .....	35
Tabla 9. Valores promedios de corte con nudos Fuente: El autor .....	36
Tabla 10. Valores promedios de corte sin nudos. Fuente: El autor .....	37
Tabla 11. Valores promedio de resistencia en los 3 cantones. Fuente: El autor.....	39
Tabla 12. Valores promedios de Módulo de elasticidad de los 3 cantones. Fuente: El autor .	39
Tabla 13. Valores y datos del ensayo a flexión. Fuente: El autor.....	40
Tabla 14 Resumen de Tabla Fuente: El autor.....	42

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Contenido de Humedad .....	23
Ecuación 2. Contenido de Masa .....	24
Ecuación 3. Diferencia de alturas .....	24
Ecuación 4. Formula de Modulo de elasticidad.....	25
Ecuación 5. Esfuerzo ultimo .....	25
Ecuación 6. M. de elasticidad a corte.....	26
Ecuación 7. Resistencia ultima .....	26
Ecuación 8. Módulo de elasticidad .....	27
Ecuación 9. Esfuerzo último .....	27
Ecuación 10. F. Inercia.....	28

## INTRODUCCIÓN

La utilización de materiales de bajo costo y amigables con el medio ambiente se ha vuelto una necesidad evidente, por ende, cada día los recursos son más restringidos; por esta razón se han optado por buscar diferentes alternativas de construcción, que en pequeña o gran medida han causado grandes avances e innovación científica y tecnológica.

La construcción enfrenta retos que lleva a la reflexión ambiental, así mismo invita a la investigación y al desarrollo de proyectos sustentables, el presente trabajo de investigación propone al uso de caña Guadúa como material de fácil renovación, natural, física-mecánica, y estructural para la construcción de viviendas, siendo rentable en el ámbito económico y para el ambiente.

Por este motivo tomamos la caña guadua para realizar ensayos que puedan demostrar que la resistencia y esfuerzos son similares a las propiedades del concreto, y que este tendrá múltiples usos en el área de construcción.

Es transcendental saber los valores reales que poseen estos materiales como es la tracción, compresión, flexión, corte, módulo de elasticidad entre otros. En el cual el uso de materiales ambientales tiene que cumplir con las normativas de construcción actuales.

Las cualidades de dichas propiedades físicas-mecánicas se realizarán en tres cantones de la zona Sur de Manabí siendo estas: Jipijapa, Paján y Puerto López los lugares escogidos donde actualmente no existen registros de datos de propiedades físicas y mecánicas.

A dichos cantones se extraerán muestras para su investigación sobre cómo se comporta el bambú sometidas a diferentes ensayos, este material se considera con una resistencia muy alta para procesos constructivos, ya que el hormigón es el material más utilizado, pero es comporta mucho más rígido, a partir de este proyecto se obtendrá valores de confiabilidad, coordenadas, es decir datos reales.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel nacional y local en muchas ocasiones se utilizan sistemas constructivos tradicionales (ladrillo, bloque y hormigón), siendo poco investigado otras alternativas de construcción. En las periferias de Jipijapa mirar (ilustración 2) y zonas rurales de Manabí se evidencian construcciones con la utilización del guadúa, pero su empleo se lo ha relacionado con la pobreza y la miseria, siendo su aplicación, muy poco observada y apreciada por las ramas de la construcción.

En nuestro país, los profesionales a fines a la construcción, centros educativos universitarios y las empresas constructoras, han progresado muy poco y no se ha incentivado a la investigación científica, en encontrar opciones de viviendas en base a un sistema constructivo alternativo de guadúa. En la actualidad, en áreas constructivas el empleo de guadua es evidenciable en andamios, debido a sus capacidades resistentes altas, y en algunas viviendas por su economía, sin embargo, no ha sido estudiada para entender su comportamiento constructivamente.

En la zona rural y en periodos anteriores, la guadúa se la ha utilizado de manera empírica sin tener conocimientos de las características y propiedades que posee el material para la construcción, más aún sin tener un documento avalado que justifique y garantice el uso correcto del mismo dentro de la provincia, es así como surge la necesidad de realizar investigaciones que permitan aprovechar e implementar el uso de este material en la construcción local a través de la Norma Colombiana de Construcción. En Manabí tenemos, como es el caso de la *GaK*, que es un material que no se ha investigado a profundidad, mientras que en países aledaños es utilizado como componente principal, permitiendo que se acelere el proceso constructivo y se abarate costos, por ello se ha propuesto esta investigación.

Son muy pocos los recursos naturales de usos para lograr una vida autosuficiente como lo es la caña guadua, usos tradicional y culturalmente enraizados en este fértil territorio, tales como: conservación cuencas hidrográficas, preservadoras de agua, grandes generadores de agua y retenedoras de agua.

## JUSTIFICACIÓN

La guadua es el espécimen de caña más importante no solo del Ecuador sino del hemisferio occidental ya que es considerada como una de las 20 mejores del mundo, por sus excelentes propiedades físico-mecánicas y por su comprobada utilización en la industria de la construcción.

Actualmente en Manabí existe desinformación respecto a las propiedades físico-mecánicas del guadúa angustifolio kunth (caña guadua). La provincia d Manabí cuenta con el mayor porcentaje en manchas naturales y áreas del cultivo, este mérito es gracias a las condiciones edafoclimáticas con un total del 24% del 65% correspondiente a la costa ecuatoriana, con base en este proyecto de investigación se utilizó la norma NTC 5525 y NEC-SE-GUADUA para los métodos de ensayos de las propiedades físicas y mecánicas característica de la Gak.

Debemos tener en cuenta que la NEC-SE-GUADUA está enfocada al diseño estructural de construcciones con Gak de hasta dos niveles o pisos; para el diseño de una vivienda y soporte de una estructura con cargas repartidas de hasta 2.0 KN/m<sup>2</sup> aproximadamente.

Las construcciones con caña en la provincia nos conducen a cientos de años de utilización de este material de forma artesanal y basada en la experticia de quienes conocen de este material. A pesar de esto después del sismo ocurrido el 16 de abril del 2016 en la provincia de Manabí, aquellas estructuras realizadas con dicho material fueron las mismas que presentaron un mejor comportamiento estructural frente a las otras construcciones realizadas con materiales convencionales. En la actualidad es necesario empezar a construir con criterios ingenieriles para así aprovechar el material de una mejor forma según las propiedades que posea según la zona.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Establecer las propiedades físicas y mecánicas de la caña guadua en la zona de Jipijapa, Paján y Puerto López de la Provincia Manabí.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar las propiedades físicas y mecánicas de la caña guadua de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC-5525 y la Norma Ecuatoriana de la construcción NEC-SE-GUADUA
- Realizar comparaciones de los resultados para cada ensayo realizado, de acuerdo a los cantones de estudio.
- Describir por qué motivos pueden variar las condiciones de las propiedades en la zona de estudio.

## **HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

A través del laboratorio se puede realizar diferentes ensayos, donde se puede conocer las propiedades físico-mecánica de la caña guadua en los cantones de Jipijapa, Paján y Puerto López, los cuales se obtuvo resultados confiables y reales,

## **1.- CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE**

## 1.1. Antecedentes de la investigación

La caña guadua posee determinadas capacidades según la zona de cultivo. Las propiedades como la compresión, flexión y corte, hace de la *Guadua Angustifolia Kunth (GaK)* que se vuelva ideal para resistir a comportamiento sísmicos de manera oportuna. Además, de que las propiedades físico – mecánicas varían con respecto a las ubicaciones climatológicas a la que sea vea sometida, debido a los datos obtenidos durante los ensayos varían mucho con respecto a su localización.

En un estudio en Santander – Colombia se llegó a la conclusión de que las propiedades físicas y mecánicas del guadúa varía de acuerdo a las condiciones climáticas debido a que los datos de cada ensayo eran muy diferentes a la región o sector que se extraía el bambú.

Las guaduas, al igual que los otros bambúes presentan un tallo o culmo, y se diferencian por presentar rizomas y ramas. Las raíces son fibrosas, cilíndricas y delgadas, y su diámetro no se incrementa con la edad. Las raíces generalmente brotan de los nudos de los tallos subterráneos y/o nudos de los culmos que se encuentran bajo tierra. (M. I. Víctor Rubén Ordóñez Candelaria, Dra. Ma. Teresa Mejía Saulés., 2010)

En el Ecuador se usa la caña guadua como material constructivo como viviendas, pasos peatonales, estaciones de buses, entre otros. En este momento, el estudio de principales propiedades físicas y mecánicas, es un tema de gran relevancia ya que también se analiza la composición de su estructura anatómica, lo que nos permitirá demostrar los esfuerzos al que el material está sometido.

Los esfuerzos para los ensayos de corte y compresión, nos presenta una particular diferencia en los culmos a ensayar, es decir que van reduciendo su medida en el diámetro ya sea externo e interno, dando como resultados una variación de promedios en la parte inferior e incluso puede disminuir o aumentar en la parte superior.

Los culmos varían, de acuerdo a las condiciones climáticas debido a que las muestra tomadas en cada zona es diferente a las demás, unas se encuentra muy cerca de ríos, lagunas, riachuelos, a diferencia de otros que son sectores secos o menor humedad.

En nuestro país se está tomando mucho peso este material, es por ello que en la ciudad de Loja en el cantón Puyango, se realizó una investigación sobre las propiedades de la caña guadua, esta se hizo en base a que la ciudad trata como material amigable al ambiente y lo hacen en especial en zonas rural.



Ilustración 1. Caña guadua en la zona rural de Paján

**Fuente:** El autor



Ilustración 2. GAD Pedro Pablo Gómez parroquia de Jipijapa, construida con caña guadua

**Fuente:** El autor

## 1.2. Definición sobre bambú

“La palabra "bambú" fue introducida por Carl Von Linné en 1753 en su obra *Species Plantarum*. Es una herbácea como el arroz, el maíz o la caña de azúcar. Pero a diferencia de estas plantas, la lignina de sus tejidos se convierte con el paso del tiempo en una estructura tan dura como la madera, pero más flexible y ligera. Esto hace del bambú un material muy interesante para muchísimos usos, entre ellos el estructural” (García, 2015).



Ilustración 3. Hotel Poseidón Puerto Cayo Fuente: El autor

El bambú pertenece a la gran familia de las gramíneas. Son plantas que crecen usualmente en selvas de clima cálido, en bosques mesolítico y caducifolia de Asia, así como en los bosques tropicales lluviosos o, en el caso de los bambúes herbáceos, en la sombra de los bosques cálidos; también a lo largo de corrientes o en áreas descubiertas, algunas veces en la sombra de la vegetación baja (Chura, 2017).

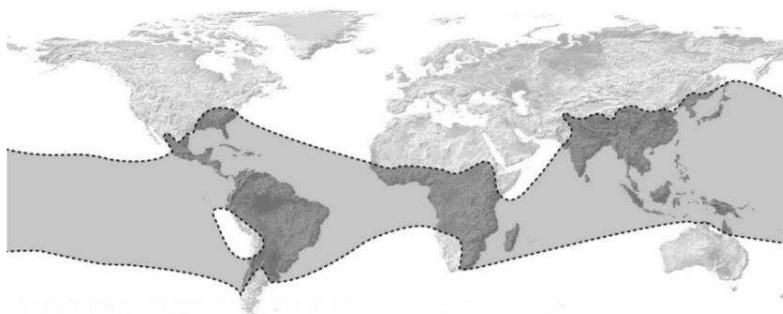


Ilustración 4. Distribución del bambú a nivel mundial

**Fuente:** (García 2015)

### 1.3.Guadua Angustifolia

La caña guadua angustifolia es uno de los bambúes más cosechados en la zona tropical de nuestro país, ya que la encontramos en nuestra región fácilmente desde nuestro aborigen, la guadua es una especie forestal representada por esbeltos y modulados tallos que enaltecen el paisaje de los valles interandinos, donde este material tiene múltiples ventajas como ser uniforme en su desarrollo, liviana, hueca, resistente, suave, de rápido crecimiento, fácil traslado, baja inversión, menor ciclo de cultivo, entre otros. (Zamora, 2018)

Para ejecutar construcciones adecuadas con guadua, es indispensable conocer y ejecutar correctamente el proceso preliminar de cultivo y obtención del material. Además, requiere de un proceso de inmunización, ya que la planta está amenazada por agentes bióticos (plagas), entre los que encontramos roedores, escarabajos y otros insectos. (Zamora, 2018)



Ilustración 5. Formas de uso del bambú Fuente: El autor

Las condiciones de cosecha del guadúa son mucho más sencillas que las de otras especies debido a que su corte se lo realiza con machete, que es una herramienta común de fácil uso y mínima inversión, su peso es liviano y a pesar de su altura, tiene diámetros que ayudan a su transporte y almacenamiento. (Pereiro, 2003)

De acuerdo al MAG en el mapeo de machas productivas del bambú, el bambú se localiza en un 66,5% en la costa ecuatoriana, un 10% en la sierra y un 23,5% en la Amazonía. En la

provincia de Manabí existe un área 145,529 ha de superficie con bambú, la provincia con mayor presencia del bambú es Manabí con el 24% del total de guaduales disponibles.

La guadua es una buena alternativa para la construcción esto gracias a que se considera como producto no maderable y al ser una hierba no necesita replantación, ya que brota naturalmente cada año. El rápido crecimiento de la planta es su gran ventaja frente a la madera, pues el rendimiento de un bosque de bambú puede ser 20 veces mayor que el de uno de árboles muy resistente y fuerte.



Ilustración 6 Hotel Alandaluz de Puerto López **Fuente:** Diario El universo

#### **1.4. Estructura morfológica de la guadua**

La estructura morfológica de la guadua angustifolia está compuesta por diversas partes continuación.

##### **1.4.1. Rizoma.**

“Estructura de soporte de la planta y el órgano que permite la absorción de los nutrientes del suelo, recurso ideal para la conservación de suelos”. (Espinel, 2014)

#### **1.4.2. Culmo**

“Es el tallo del bambú que está estructurado por nudos y entrenudos, es decir es el tallo de la planta”

#### **1.4.3. Basa (sección media)**

“Es una de las partes de la caña guadua angustifolia, donde es utilizadas en la construcción, se caracteriza por tener mayor distancia entre los nudos que en el culmo su longitud varía entre los 4 a metros, comúnmente se la utiliza en la construcción como vigas, esterillas para paredes casetones entre otros”. (MIDUVI, 2016)

#### **1.4.4. Sobrebasa (sección superior)**

“Es un componente útil especialmente en el uso de viguetas para formaletear planchas, tiene como característica una mayor distancia entre los nudos, menor sección y espesor varía entre los 3 a 5 metros”. (MIDUVI, 2016)

#### **1.4.5. Varillón**

“Es de espesor muy delgado no tiene uso estructural, comúnmente lo utilizan para artesanías y para jardinería en general, su longitud es de 2-4 metros”. (MIDUVI, 2016)

#### **1.4.6. Hojas Caulinares**

“Su función es proteger a la yema, la cual da origen a las ramas y al follaje. Son triangulares, de consistencia fuerte. Se utilizan en la elaboración de artesanías y como elemento decorativo”. (Noboa, 2014)

#### **1.4.7. Hojas Follaje**

“Son la principal estructura de elaboración de alimento en la planta. Las hay desde muy pequeñas hasta muy grandes y desde lineares hasta triangulares lanceoladas”. (Castillo, 2012)

#### 1.4.8. Flores

“La guadúa si florece, y lo hace aproximadamente cada seis meses, en inflorescencias. Los bambúes pueden tener 3 tipos de floración: gregaria, esporádica o continua”. (Noboa, 2014)

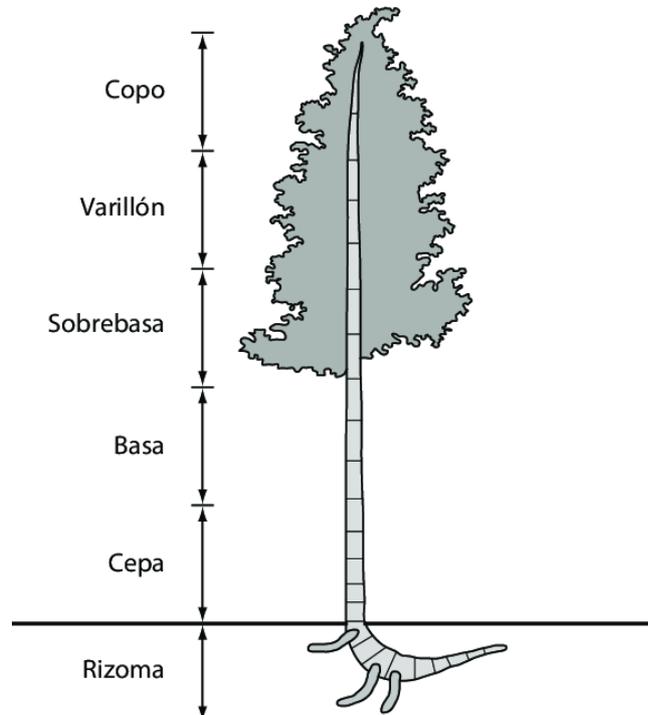


Ilustración 7. Esquema de una Gak con sus partes

Fuente: El autor

### 1.5 Madurez y Calidad

“En la construcción se deben utilizar solo cañas de edad maduras, o hechas, que tengan no menos de 4 años de edad. Sin embargo, existen algunas características exteriores del guadúa, que pueden contribuir a su selección adecuada también es necesario que sean cañas sanas y uniformes”. (Ubidia, 2015)

#### 1.5.1 Brote nuevo

“Los tallos del guadúa se llaman brotes y nacen de las raíces o rizomas. Los brotes siempre están protegidos por vainas llamadas “hojas caulinares” de color café”. (Jorge A, 2009)

### **1.5.2 Caña tierna**

“Cuando la guadua tiene entre 1 y 3 años, ha perdido sus hojas caulinares y se distingue por su color verde brillante. En esta fase el tallo aún está demasiado tierno para su uso en la construcción”. (Ubidia, 2015)

### **1.5.3 Caña hecha**

“Cuando el tallo tiene más de 4 años, está listo para su corte y aprovechamiento. Se dice que la caña esta “hecha” y se la distingue por su color verde opaco. El culmo está parcialmente cubierto con manchas de líquenes blancos”. (Herrera, 2015)

### **1.5.4 Caña seca**

“Cañas cubiertas totalmente con líquenes de color amarillo-blanquecino han perdido sus características físicas y mecánicas para su uso. Se dice que la caña esta seca y se corta para proveer abono a las plantas o se usan como leña”. (Jorge A, 2009)

## **1.6 Propiedades Físicas y Mecánicas de la caña Guadu**

La guadua es considerada como un material liviano, de fácil y económico desarrollo en muchas regiones de la geografía colombiana, por lo cual debe ser utilizada adecuadamente a partir de parámetros de diseño apoyados en sus particulares propiedades físicas y mecánicas, de procesos de preservación si fuese necesario. (Velez, 2004)

Las propiedades físico-mecánicas de la guadua son la expresión de su comportamiento bajo la acción de fuerzas externas; este comportamiento depende de la clase de fuerza aplicada y de la estructura de la misma. En general, estas propiedades son las que determinan la aptitud de la madera para propósitos de construcción y para innumerables usos como artesanías, entre otros. (Zea, 2013)

Aquí unas definiciones del material de acuerdo a su resistencia, cuando está sometida a diversos esfuerzos:

### **1.6.1 Esfuerzo**

“Es una fuerza expresada con base en la unidad medida de área”. (Velez, 2004)

### **1.6.2 Resistencia a compresión**

Se presenta cuando la fuerza actúa acortando una dimensión o reduciendo el Volumen del cuerpo en cuestión; se define como la fuerza total de compresión dividida por el área de la sección transversal de la pieza sometida al esfuerzo. La compresión paralela a la fibra o al grano, está implicada en muchos usos de la guadua, en columnas, postes, puntales para minas y todos aquellos casos donde la madera está sometida a cargas (Velez, 2004).

### **1.6.3 Resistencia a Flexión y Tracción**

En el uso de la guadua para la construcción, la resistencia de la flexión es la propiedad más importante. Entre la compresión paralela, la tracción paralela y la flexión existen las siguientes relaciones: la resistencia a la flexión es alrededor del 75% mayor que la resistencia a la compresión. La flexión se presenta en partes estructurales denominadas vigas, las cuales pueden ser simples, empotradas y viga continua. (Nolivos, 2010)

## **1.7 El manejo**

En este proyecto el manejo de los culmos fue muy buena, ya que las cepas se inspeccionaron, días antes del cortado y se escogió los culmos que estaban en buen estado de maduración. Los culmos seleccionados para los ensayos se deben marcar y se debe informar al responsable del ensayo sobre la localización de manera que se pueda ubicar fácilmente para próximos manejos. (Velez, 2004)

Es recomendable que los culmos seleccionados se entreguen lo más pronto posible, en un lapso de dos semanas después del corte, si por casos externos no sucede así, se debe tener en un lugar en sombra, para que la lluvia no afecte a la muestra. (Velez, 2004)

## **1.8 Secado**

Existe diferentes tipos de preservación y secado pero el método que se utilizó en este proyecto fue el del secado al ambiente.

## **1.9 Secado al ambiente.**

Este método se aplica de forma vertical en sitios ventilados. Para evitar que el material se dañe por los agentes climáticos y biológicos.

- Se colocan los culmos apoyados e intercalados y evitar el contacto con cemento.
- Los ejes deben orientarse de oeste a este para disminuir la luz solar.
- Para un secado uniforme, se sugiere que los culmos giro parcial y de uno de los ejes de forma longitudinal.

## **1.10 Esparcimiento sexual**

“Consiste en la propagación a partes de pares vegetativas de la planta, como ramas, yemas, tallos y rizomas. Una razón importante que obliga a la reproducción vegetativa es el requerimiento de uniformidad en la constitución genética”. (Franco, 2015)

## **1.11 Crecimiento**

- Durante los primeros 6 meses crece a un ritmo acelerado hasta 21 cm diarios, hasta alcanzar de 20 a 30 metros.
- En los siguientes años la caña guadúa aportara para su biomasa al suelo y desarrollara su estructura al corte.
- Tras 4 años, el tallo alcanza la madurez para su uso como material estructural y puede proceder al corte.

- La guadua no aumenta su diámetro con el transcurrir del tiempo si no que emerge del suelo con un diámetro promedio de 9 a 13 cm. (Guanoquiza, 2012)

### **1.11.1 Fertilización**

La guadua responde muy bien a la urea y al abono, pero hay que tener en cuenta que para un proceso de fertilización químico la guadua depende de la edad que tenga, ya que para cada edad hay un proceso diferente, por ello puede traer efectos negativos al suelo por la utilización muchos fertilizantes.

### **1.11.2 Limpieza**

Para que el bambú tenga un buen desarrollo es de gran importancia el control de la maleza en su primera instancia, ya que este es el primer causante de los hongos, por ende, es necesario podar por lo menos a un metro de diámetro alrededor de la planta.

### **1.11.3 Enfermedades**

Las enfermedades en la guadua son ocasionadas por hongos o bacterias que acaban con ella y le hacen perder su utilidad; estos seres vivos aparecen en cualquier lugar, ya sea el guadua plantado, natural o cualquier sitio donde se deposite la caña, es decir, su ataque es limitado. Los hongos según la naturaleza de su desarrollo sobre la madera y el tipo de deterioro que ocasionan, hongos xilófagos, cromógenos y mohos. (Martinez, 2015)

### **1.11.4 Aprovechamiento**

La Guadua angustifolia se ha comprobado que, en un tiempo de 4 a 6 años, según el sitio, la especie alcanza su pleno desarrollo con producción de guaduas catalogadas como comerciales. A partir de este momento se debe seguir un plan de aprovechamiento y

mejoramiento igual al recomendado para guaduales naturales. Para seleccionar los culmos en su plena madurez hay algunos factores. (Figuerola, 2015)

- Este tiene que ser de color verde oscuro, cuyas franjas blancas en los nudos son apenas visibles.
- Si la planta está cubierta por líquenes y es de color blanquecino-amarillento nos indica que es un culmo viejo y sobre maduro, no apto para ser utilizado en construcción estructural
- Los culmos que son atacados por insectos o aves, y tienen agujeros en diferentes partes de la planta, serán desechados.

#### 1.11.5 Poda

“Esta la labor se realizó para eliminar hijuelos mal emergidos y ramas secas que no presente buenas características agronómicas en el enraizamiento. Se dejó aquellos que por sus características estuvieron libres de daños, con buen crecimiento y coloración”. (Noboa, 2014).

Los culmos maduros, serán cortados a ras del primer nudo inferior o a una altura de 0.25m como nos indica la NTC5525 para evitar que el tocón se llene de agua o sustancias que dañe el sistema de la planta.

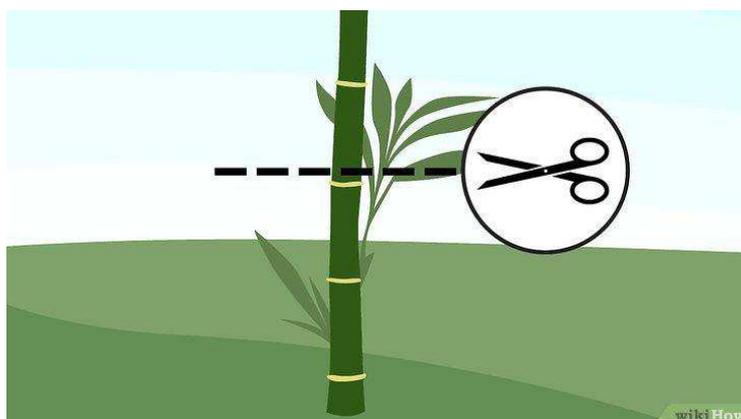


Ilustración 8 Poda del Bambú **Fuente:** Ing Pedro Rene

## **2   CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS**

## 2.1 Metodología de la investigación

Este proyecto de investigación es de tipo experimental, la realización de probetas y ensayos en el laboratorio se llevó a cabo mediante la NTC-5525 (Norma Técnica Colombiana) y la NEC-SE-GUADUA Gak (Norma Ecuatoriana de Construcción), las cuales definen en cuantas partes se divide cada espécimen (inferior, media y superior) o como cepa, basa y sobre basa.

La totalidad para esta investigación fueron de 7 culmos en cada sector a investigar en estado de madurez (4-6 años) con una longitud q varían de 12 a 20 metros aproximadamente, con esta cantidad de muestra se obtiene un 90% de confiabilidad en los datos obtenidos.

Los culmos fueron llevados a las instalaciones de la Escuela taller de Empresa Pública donde se elaboró las probetas para luego trasladarlas al Laboratorio de Suelos Bolívar Ortiz L. de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en donde se utilizaron todos los procedimientos necesarios para obtener los resultados de las propiedades físicas tales como: contenido de humedad, contracción y de las propiedades mecánicas como: ensayo a flexión, compresión, tensión y corte.

Luego de todo el proceso de ensayos, sus datos fueron tabulados y analizados respectivamente para comparar sus propiedades entre los cantones mencionados.



Ilustración 9. Corte y trazado de las probetas para ensayos mecánico.

**Fuente:** El autor

## 2.2 Muestra de los materiales.

La identificación de los culmos que sean aptos para investigación científica se llevó el día 21 y 22 de julio de los 2019 días antes del rotulado, donde se seleccionó siete cañas en buen estado sanos y libres de todo defecto, a partir del 25 hasta el 30 de Julio se llevó el corte y trozado, cada planta se identificó y se marcó por encima de 0.25m de acuerdo a la NTC5525, las partes que se van a utilizar, las identificamos por medio de pinturas de color, en cada sección como inferior, media y superior ya que están son 1/3 de la porción utilizable del culmo, tenemos que tener en cuenta su altura de donde fue cortado.

Una vez realizado este proceso se procedió a cortar las probetas para los ensayos mecánicos quedando como resultado 45 para compresión, 45 para tensión, 45 para corte y 3 para flexión; siendo este último menor probetas debido a su traslado de su ensayo.

Para los ensayos físicos fueron de la misma cantidad que los ensayados mecánicamente y se procedió a realizarse cuando estos terminaban de ser ensayados. Durante este proceso no se presentó ningún tipo de inconvenientes y el mismo número de muestra se las realizo a cada cantón antes mencionados.

Sus dimensiones fueron registradas diariamente y para ello se realizó un Excel por cada ensayo a realizarse, con sus respectivas tablas y resultados donde tenemos todos los números de probetas por ensayo, temperatura a secar y velocidad de ensayo.



Ilustración 10. Cañaveral del sector de Paján

Fuente; El autor

Tabla 1. Especificaciones de dimensiones, número de probetas y temperatura para ensayos físicos. Fuente: El autor

<b>Propiedades físicas</b>						
<b>Ensayo</b>	<b>Dimensiones de la muestra</b>		<b>de la</b>	<b>temperatura:</b>	<b># Muestras</b>	
Contenido de Humedad	2,5cm*	2,5cm			138 probetas por cada cantón	Realizadas después de cada ensayo mecánico
Contracción	Diámetro: el que posea el material Espesor: el que posea el material Altura= 10cm temperatura: 103°C				45 probetas por cada cantón	Ensayo individual

Tabla 2. Especificaciones de dimensiones, n. de probetas y velocidad de ensayo para ensayos mecánicos. Fuente: El autor

<b>Propiedades Mecánicas</b>			
<b>Ensayo</b>	<b>Dimensiones de la muestra</b>		<b># Muestras</b>
Compresión	Altura: el doble de su diámetro Velocidad de ensayo: 0.01mm/s		45 probetas por cada cantón Inferior:15 probetas Media:15 probetas Superior: 15 probetas
Corte	Altura: el doble de su diámetro Velocidad de ensayo: 0.01mm/s 50% de probetas con nudo y 50% sin nudo		45 probetas por cada cantón Inferior:15 probetas Media:15 probetas Superior: 15 probetas
Tensión	Ancho:2cm Longitud:30 cm Espesor: el que posea el material Probetas con nudos Velocidad de ensayo: 0.01mm/s		45 probetas por cada cantón Inferior:10 probetas Media:10 probetas Superior: 10 probetas
Flexión	Longitud de la probeta 30 veces el diámetro. Solo se ensayó sección media de la caña. Velocidad de ensayo: 0,5mm/s		3 probetas por cada cantón Media:3 probetas

### 2.3 Ubicación.

Para la presente investigación se escogió tres cantones de la provincia de la zona Sur de Manabí, siendo: Jipijapa, ubicado en sus coordenadas geográficas  $1^{\circ}21'4.33''S$  y  $80^{\circ}29'22''W$ ; Paján, ubicado en sus coordenadas geográficas  $1^{\circ}34'59''S$  y  $80^{\circ}29'46''W$  y El Puerto López, ubicado en sus coordenadas geográficas  $1^{\circ}40'34''S$  y  $80^{\circ}48'17''W$

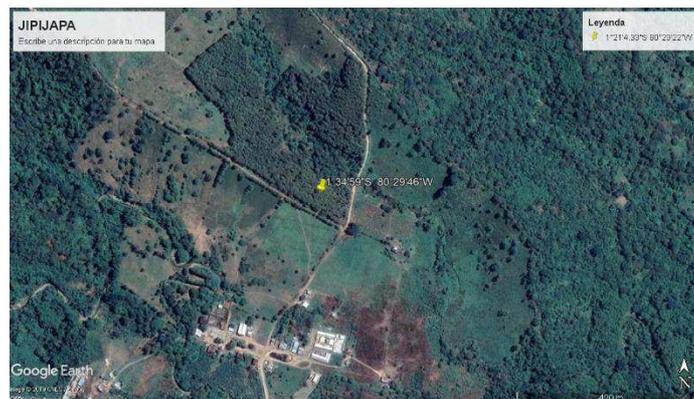


Ilustración 11. Parroquia La naranja, Cantón Jipijapa,  
**Fuente:** El autor

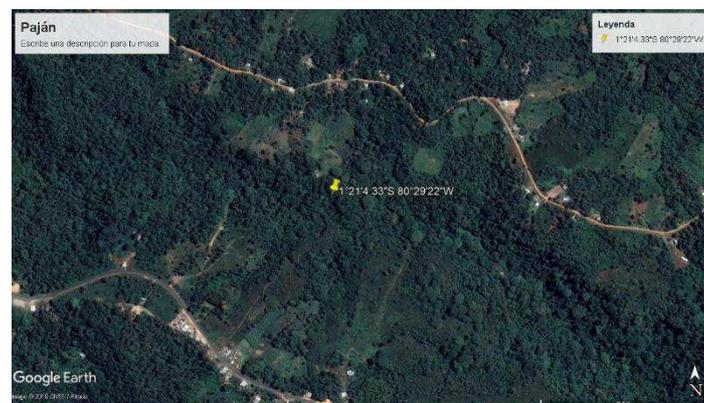


Ilustración 12. Parroquia Virgen de Monserrat del cantón Paján  
**Fuente:** El autor

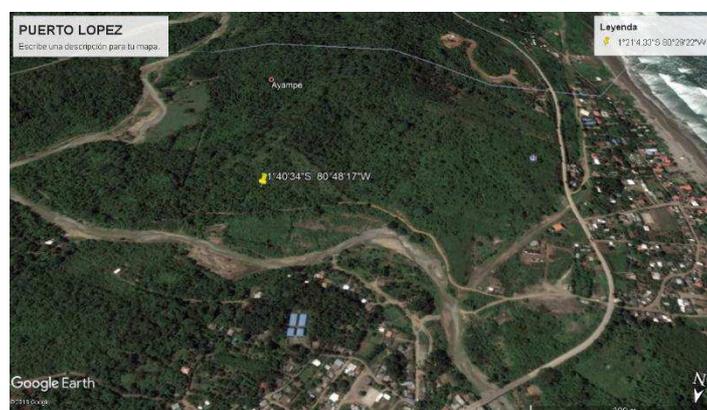


Ilustración 13. Parroquia Ayampe de Puerto López,  
**Fuente:** El autor

## 2.4 Ensayo para determinar propiedades físicas.

### 2.4.1 Contenido de Humedad

Para determinar el contenido de humedad de cada probeta se debe cortar, después de cada ensayo mecánico, la forma de la muestra debe de ser uniforme con una anchura de 25mm y altura de 25mm, estas son llevadas a un horno eléctrico a una temperatura de 103 °C durante 24 horas. El contenido de humedad (CH) de cada probeta se debe calcular como la pérdida de masa, expresada como porcentaje de la masa seca en el horno, usando la siguiente fórmula (NTC 55-25, 2007):

$$CH = \frac{m - m_o}{m_o} * 100$$

Ecuación 1. Contenido de Humedad

Donde:

$m$  = masa de la probeta antes de ingresar al horno

$m_o$  = masa de la probeta después de salir del horno



Ilustración 14. Peso de cada muestra, luego del ensayo mecánico.

**Fuente:** El autor

## 2.4.2 Contracción.

Para el ensayo de contracción se realizan probetas de 100mm (sin nudo), se debe medir el diámetro extremo, espesor de pared, altura, para cada muestra se deben medir 4 diámetros, 4 espesores (ambos extremos), y 2 longitudes, después llevada al horno a una temperatura de 103 °C este procedimiento se hace ante y después de haber ingresado al horno, la contracción desde la condición inicial húmeda hasta la condición final seca, expresada como porcentaje ajustado a una cifra decimal, se debe calcular con la siguiente fórmula (NTC 55-25, 2007):

$$m = \frac{I - F}{I} * 100$$

Ecuación 2. Contenido de Masa

$$h = \frac{I - F}{I} * 100$$

Ecuación 3. Diferencia de alturas

Donde:

$m$  = masa

$I$  = parte inferior de la probeta

$F$  = parte posterior de la probeta

$h$  = altura de la probeta real



Ilustración 15. Probetas de contracción, llevadas al horno

**Fuente:** El autor

## 2.1. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas

### 2.1.1. Compresión

El ensayo a compresión nos ayuda a determinar el esfuerzo último de compresión de las muestras de la GaK y su módulo de elasticidad.

Las probetas se deben tomar de las diferentes partes del culmo como es la cepa, basa y sobre basa, si nudos y su altura es el doble del diámetro de la muestra. Se debe tener en cuenta que al momento de cortar las probetas deben de estar a un ángulo perfectamente longitudinal, con una desviación estándar máx. de 0.2 mm (NTC 55-25, 2007).

El esfuerzo último de compresión se debe determinar con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{Deformacion uni}} = \frac{S}{\epsilon} = \frac{\frac{F_{ult}}{A}}{\frac{\delta}{l}}$$

Ecuación 4. Formula de Modulo de elasticidad

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Ecuación 5. Esfuerzo ultimo

Donde:

E: Modulo de elasticidad S: esfuerzo N/mm

$\epsilon$ : deformación unitaria mm/mm  $\delta$ : deformación total mm

A: es el área de la sección transversal, en mm<sup>2</sup>. l: longitud del elemento (mm)

$\sigma_{ult}$ : es el esfuerzo último de compresión, en MPa (o N / mm<sup>2</sup>), redondeado con aproximación de 0,5 MPa.

F<sub>ult</sub>: es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N. A es el área de la sección transversal en mm<sup>2</sup>

### 2.1.2 Corte

El ensayo de corte nos permite determinación de la resistencia última al esfuerzo cortante, paralelo a las fibras, en probetas provenientes de culmos de *Guadua angustifolia*. Las muestras fueron divididas en dos secciones unas con nudos otras sin nudos, estas son apoyadas con unas placas de acero a los extremos de la probeta y deben estar completamente centradas (NTC 55-25, 2007).

La resistencia última de corte se debe calcular con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{deformacion uni.}} = \frac{S}{\epsilon} = \frac{F_{ult}}{\frac{A}{l}}$$

Ecuación 6. M. de elasticidad a corte

$$t_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma (t \times L)}$$

Ecuación 7. Resistencia ultima

Donde:

E: Modulo de elasticidad S: esfuerzo N/mm

$\epsilon$ : deformación unitaria mm/mm  $\delta$ : deformación total mm

A:es el área de la sección transversal, en mm<sup>2</sup>. l: longitud del elemento (mm)

*tult*:es la resistencia última al corte, en MPa, con aproximación, por exceso o por defecto, a una cifra decimal.

*Fult* es el valor máximo de la carga aplicada en la cual falla la probeta, expresada en N

$\Sigma (t \times L)$  es la suma de los cuatro productos de t y L. A es el área de la sección transversal en mm<sup>2</sup>.



Ilustración 16. Probetas en medio de las placas de ensayo a corte en el laboratorio

**Fuente:** El autor

### 2.1.3 Tensión

Mediante el ensayo de tensión determinamos la resistencia última, paralela a las fibras, aplicando una carga gradualmente creciente sobre la probeta. Tenemos que asegurarnos de que los sujetadores de la maquina apliquen la carga a lo largo del eje longitudinal de la muestra y esta carga se debe medir con exactitud del 1% de la escala utilizada (NTC 55-25, 2007).

Las muestras que se deben tomar son de la parte inferior, medio y superior de cada culmo, también estas muestras tienen que tener un nudo que sea en la porción de ensayo. La longitud de la porción a ensayar debe de estar entre 50mm a 100mm. La resistencia máxima de tensión se debe determinar con la siguiente fórmula (NTC 55-25, 2007):

Módulo de elasticidad.

$$E = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{Deformacion uni}} = \frac{s}{\epsilon} = \frac{\frac{F_{ult}}{A}}{\frac{\delta}{l}}$$

Ecuación 8. Módulo de elasticidad

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Ecuación 9. Esfuerzo último

E: Modulo de elasticidad S: esfuerzo N/mm

$\epsilon$ : deformación unitaria mm/mm  $\delta$ : deformación total mm

A: es el área de la sección transversal, en mm<sup>2</sup>. l: longitud del elemento (mm)

$\sigma_{ult}$ : es el esfuerzo último de tensión, en MPa (o N / mm<sup>2</sup>), redondeado con aproximación de 0,5 MPa.

F<sub>ult</sub>: es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N. A es el área de la sección transversal en mm<sup>2</sup>.

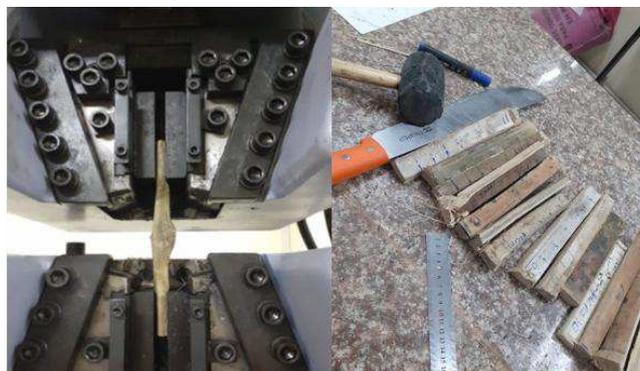


Ilustración 17. Corte de probetas para ensayos a torsión

Fuente: El autor

### 2.1.4 Flexión

Con este ensayo se determina la capacidad de flexión de los culmos, la curva de carga frente a la deflexión vertical y el módulo de elasticidad nominal del culmo.

- Para esto primero hay que determinar el valor medio del diámetro externo  $D$  y del espesor de la pared  $t$ .

Inercia:

$$IB = \frac{\pi}{64} * [D^4 - (D - 2t)^4]$$

Ecuación 10. F. Inercia

“Para lograr una falla en flexión, el espacio libre debe ser al menos  $30 \times D$ , donde  $D$  es el diámetro externo, las probetas de ensayo no deben tener defectos visibles” (NTC 55-25, 2007).

“El módulo de elasticidad (módulo de Young) está determinado por la pendiente de la parte lineal del diagrama de deformación frente a la carga” (NTC 55-25, 2007).



Ilustración 18. Preparando la muestra para someterse a flexión  
**Fuente:** El autor

### **3. CAPÍTULO III RESULTADOS**

### 3.1 Análisis comparativo de las propiedades físicas de los tres cantones muestra.

Las propiedades físicas de la caña guadua es información muy indispensable para el diseño y la construcción de elementos estructurales. En este trabajo investigativo se puede demostrar sus respectivos ensayos de humedad y contracción, sus muestras fueron tomadas en los cantones de Jipijapa, Paján y Puerto López.

Estos ensayos se realizan después de los ensayos mecánicos de cada probeta ensayada.

#### 3.1.1 Análisis comparativo de contenido de humedad de los tres cantones muestra.

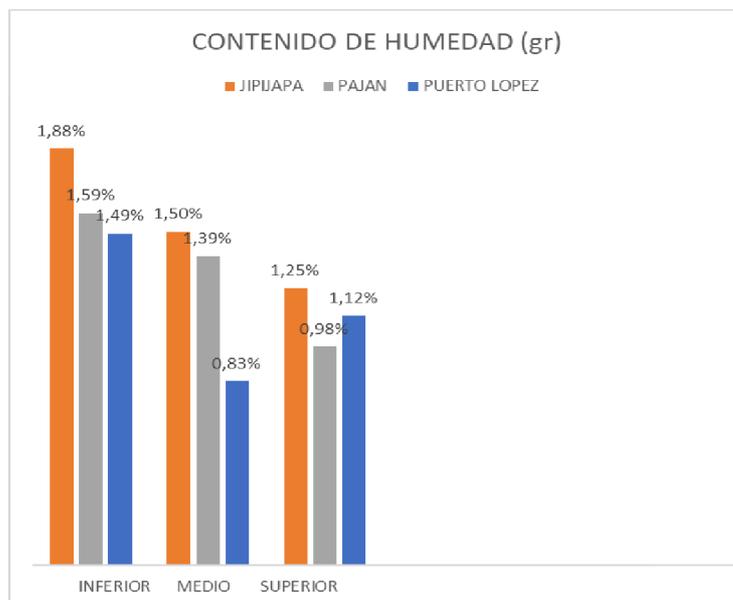


Gráfico 1. Valores de contenido de humedad de los tres cantones muestra en sus respectivas secciones.  
Fuente: El autor

Tabla 3. Valores de contenido de Humedad. Fuente: El autor

(gr)	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR
<b>JIPIJAPA</b>	1.88%	1.50%	1.25%
<b>PAJÁN</b>	1.59%	1.39%	0.98%
<b>PUERTO LÓPEZ</b>	1.49%	0.83%	1.12%

Como se puede observar en el gráfico 1 el contenido de humedad mayor se da en la parte inferior de los culmos de los tres cantones correspondiente, esto sucede ya que las muestras tomadas están en zonas húmedas y cerca de ríos, por lo cual recibe mayor humedad del suelo.

Haciendo un análisis comparativo de tres cantones muestra podemos demostrar que el cantón con mayor humedad es Jipijapa con un 4.63% y el que posee el menor porcentaje es Puerto López con 3.45%, la NEC-SE-GUADUA en su apéndice 3.8 nos indica que los culmos de GaK destinados a la construcción deben tener un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar de muestra.

### 3.1.2 Análisis comparativo de los ensayos de contracción de los tres cantones muestra.

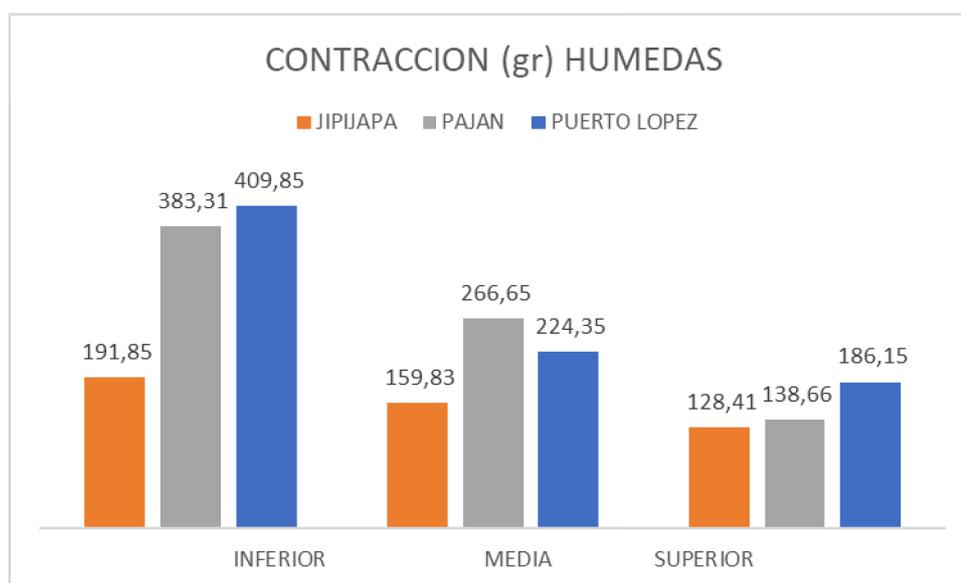


Gráfico 2. Valores de los ensayos de contracción en estado húmedo de los tres cantones de cada sección.

Fuente: El autor

Tabla 4. Valores de ensayo de Contracción Húmedas Fuente: El autor

	INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR
<b>JIPIJAPA</b>	191.8 gr	159.83 gr	128.41gr
<b>PAJÁN</b>	383.31 gr	266.65 gr	138.66 gr
<b>PUERTO LÓPEZ</b>	409.85 gr	224.35 gr	186.15 gr

Una de las propiedades físicas es el ensayo de contracción donde vamos a analizar el material una vez cortado se encoje, de manera particular y demostrativa en su diámetro, altura y espesor. En el grafico 2 podemos observar las muestras antes de ser llevadas al horno eléctrico, para su respectivo ensayo.

Luego de 24 horas sometidas a una temperatura de 103 °C como nos indica la NET 5525 (Norma Técnica Colombiana) podemos ver como se reduce su peso, diámetro y altura.

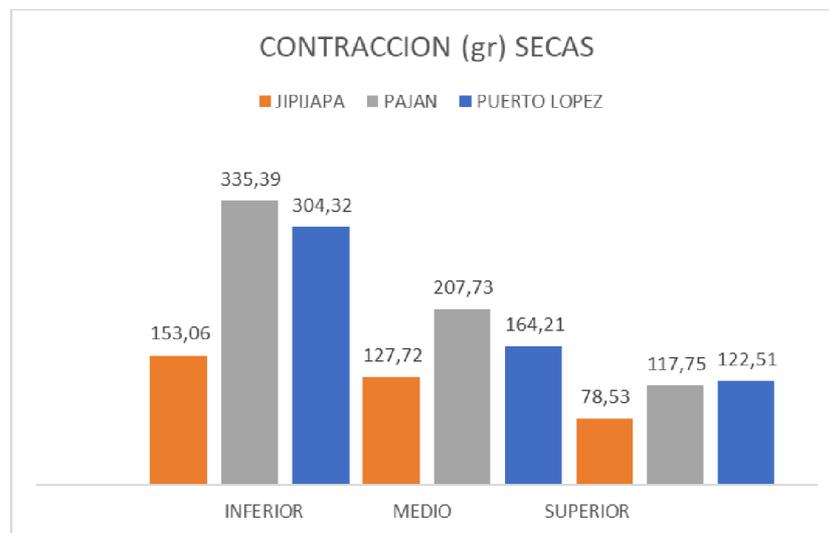


Gráfico 3. Valores de ensayos de contracción en estado seco, de los tres cantones de cada muestra.

**Fuente:** El autor

Tabla 5. Valores de ensayo de contracción secas **Fuente:** El autor

	<b>INFERIOR</b>	<b>MEDIO</b>	<b>SUPERIOR</b>
<b>JIPIJAPA</b>	153.06 gr	127.72 gr	78.53 gr
<b>PAJAN</b>	335.39 gr	207.73 gr	104.42 gr
<b>PUERTO LÓPEZ</b>	304.32 gr	144.21 gr	122.51 gr

Como resultados de estos ensayos se determinó que el cantón Jipijapa con un promedio de 40.262 gr, se comprimió mucho menos que el cantón Paján con 47.027gr, por ende, el cantón Puerto López tuvo una mayor contracción con 83.102gr. También su altura varía mucho más en Puerto López que en los demás cantones con 2.37mm aproximadamente como indica en tabla 6.

Tabla 6. Valores promedio de altura en el ensayo de contracción. **Fuente:** El autor

	<b>JIPIJAPA</b>	<b>PAJAN</b>	<b>PUERTO LÓPEZ</b>
<b>ALTURA</b>	1.42 mm	2.39 mm	2.37 mm

### **3.2 Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de los tres cantones muestra.**

Las propiedades mecánicas para un material son de gran importancia, ya que mediante este proceso conoceremos valores y resistencias, esto nos ayudara para establecer diseños en materiales de construcción, aptos para procesos estructurales.

Dentro de esta investigación se realizaron diferentes tipos de ensayos como de compresión, corte, torsión y flexión como indica en el grafico 4,5,6,7,8.

Para este proceso se llevó como referencia la NEC-5525 (Norma Técnica Colombiana), para obtener los ensayos del laboratorio los cuales nos brinda, requisitos específicos para que los resultados sean confiables.

### 3.2.1 Análisis comparativo de resistencia y módulo de elasticidad en ensayo de compresión de los tres cantones muestra.

- Resistencia

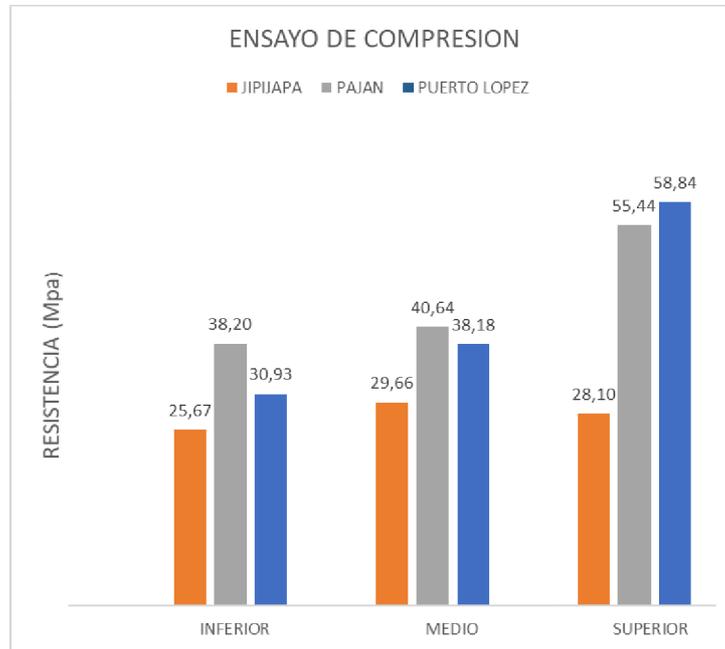


Gráfico 4. Valores de resistencia en ensayos de compresión de los 3 cantones

Fuente: El autor

Tabla 7. Valores promedios de Resistencia de los 3 cantones con sus respectivas secciones.

Fuente: El autor

	JIPIJAPA	PAJÁN	PUERTO LÓPEZ
<b>RESISTENCIA</b>	27.81 (Mpa)	44.76 (Mpa)	43.32(Mpa)

Como se puede observar en gráfico 4 los valores de resistencia en dos cantones Paján 55.44(Mpa) y Puerto López 60.84 (Mpa) su parte superior es más fuerte a la compresión que en Jipijapa 28.10 (Mpa).

Y la parte con menos resistencia fue la inferior en los tres cantones como indica el gráfico 4. Con esto se puede observar que la caña se comporta de diferente manera en cada cantón.

En promedio general Jipijapa esta fuera del rango con 27.81 (Mpa) siendo el mínimo 37(Mpa) los esfuerzos últimos como nos indica la NEC-SE-GUADUA, los cantones como Paján y Puerto López está en condiciones muy óptimas.

- Módulo de elasticidad.

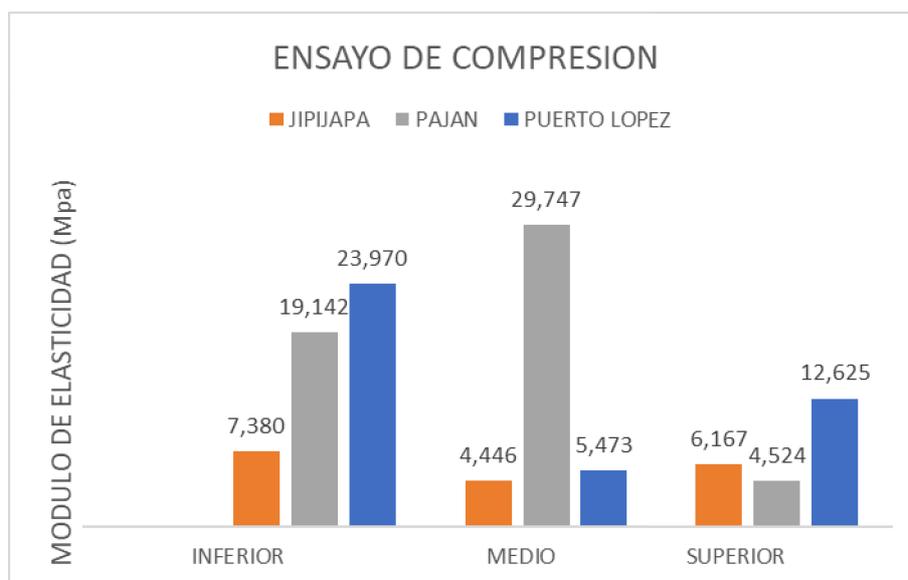


Gráfico 5. Valores de Modulo de Elasticidad de ensayo de compresión.

Fuente: El autor

Tabla 8. Valores promedios de Elasticidad de los 3 cantones Fuente: El autor

	<b>JIPIJAPA</b>	<b>PAJÁN</b>	<b>PUERTO LÓPEZ</b>
<b>Módulo de elasticidad</b>	5.998 (Mpa)	17.804(Mpa)	14.546(Mpa)

Como se muestra en la tabla 8 están los valores promedios de cada cantón de su módulo de elasticidad, varían donde Jipijapa con un valor de 5.998(Mpa) está dentro de lo mínimo que es 4.00(Mpa) como indica la NEC-SE-GUADUA para procesos constructivos.

### 3.2.2 Análisis comparativo de ensayos de corte en los tres cantones muestra.

Para este ensayo como nos indica la NET5525 se realizó ensayos con nudos y sin nudos de la probeta.

- Con nudos

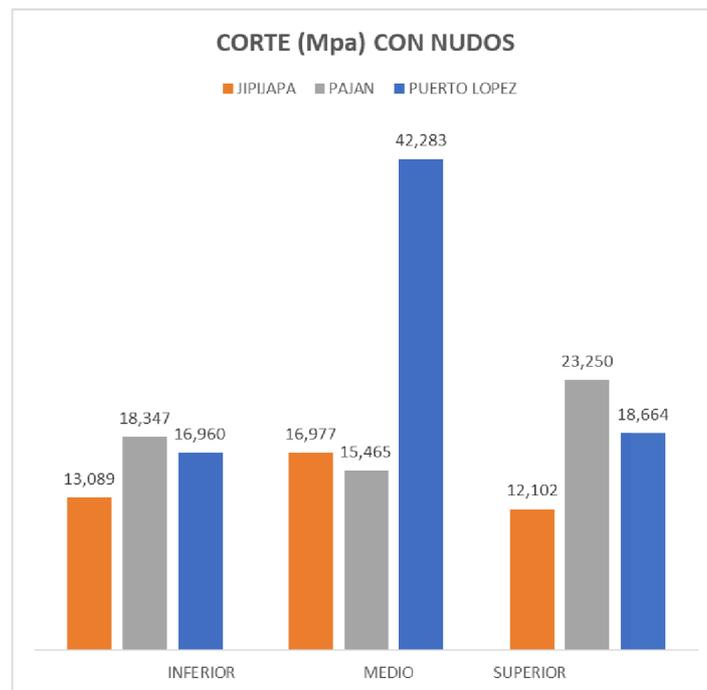


Gráfico 6. Valores de corte con nudo de los 3 cantones  
Fuente: El autor

Tabla 9. Valores promedios de corte con nudos Fuente: El autor

	<b>JIPIJAPA</b>	<b>PAJÁN</b>	<b>PUERTO LÓPEZ</b>
<b>RESISTENCIA</b>	14.056 (Mpa)	19.021(Mpa)	25.969(Mpa)

El cantón con menos resistencia al corte con nudos es Jipijapa con un promedio de 14.056(Mpa) como nos indica la tabla 9, como nos indica la NEC-SE-GUADUA para corte el esfuerzo mínimo es de 7, es decir se encuentran superior al rango.

- Sin nudos

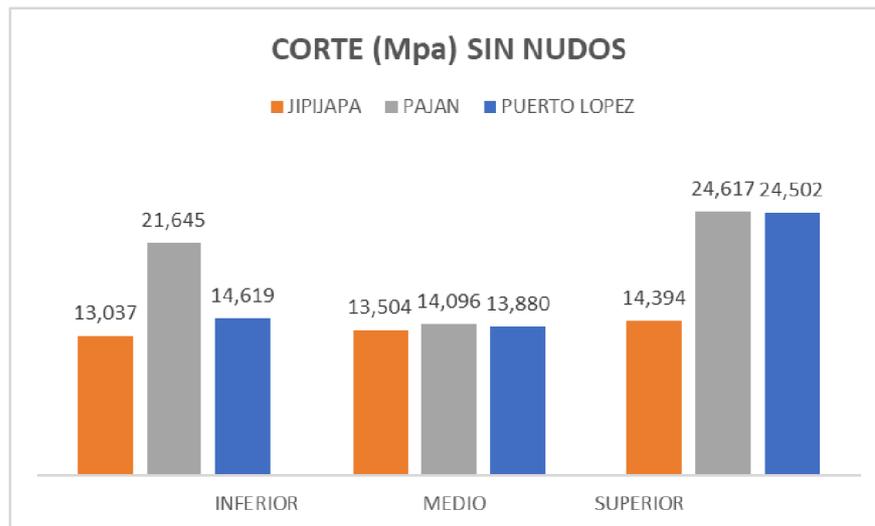


Gráfico 7. Valores de ensayo de corte sin nudos en los 3 cantones.

Fuente: El autor

Tabla 10. Valores promedios de corte sin nudos. Fuente: El autor

	JIPIJAPA	PAJÁN	PUERTO LÓPEZ
<b>Módulo de elasticidad</b>	13.645 (Mpa)	20.119(Mpa)	17.667(Mpa)

Como nos indicó la NET5525 se realizó ensayos a corte sin nudos, donde podemos observar en la tabla 10 los valores promedios, y en Puerto López hay gran variación de esfuerzos que, en los otros 2 cantones restante, pero en la sección con mayor resistencia a corte es en parte superior de los tres cantones.

### 3.2.3 Análisis comparativo de ensayos de tensión en los tres cantones muestra.

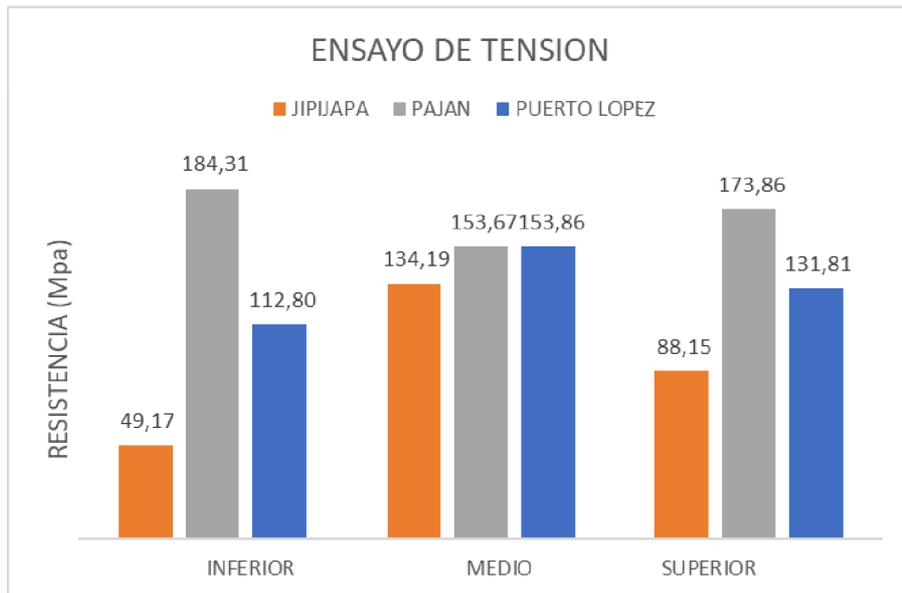


Gráfico 8. Valores de resistencia a tensión en los cantones muestra.

Fuente: El autor

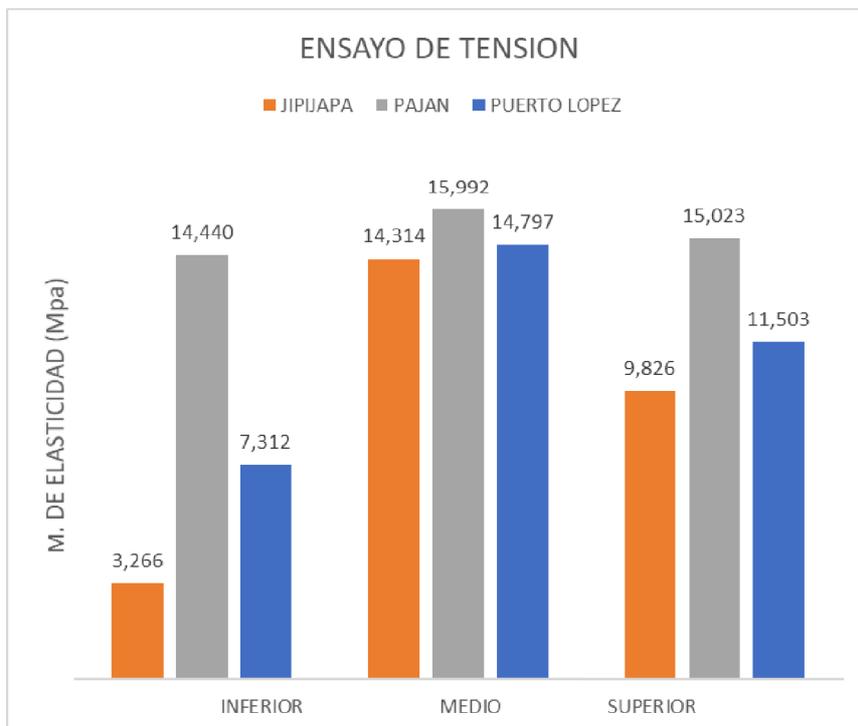


Gráfico 9. Valores de Modulo de elasticidad de ensayo de tensión.

Fuente: El autor

Al igual que los demás ensayos, este se tiene que tener en cuenta su contenido de humedad, una parte se realizó con nudos y otra sin nudos, estos cortadas en probetas como indica la NTC5525 para obtener resultados confiables.

Tabla 11. Valores promedio de resistencia en los 3 cantones. **Fuente:** El autor

	<b>JIPIJAPA</b>	<b>PAJÁN</b>	<b>PUERTO LÓPEZ</b>
<b>RESISTENCIA</b>	90.50(Mpa)	170.62(Mpa)	132.82(Mpa)

En la tabla 11 se puede ver que la resistencia de Jipijapa es de 90.50(Mpa) es inferior a lo que establece la NEC-SE-GUADUA un mínimo de 117(Mpa), y los cantones Paján y Puerto López están en óptimas condiciones constructivas.

Tabla 12. Valores promedios de Módulo de elasticidad de los 3 cantones. **Fuente:** El autor

	<b>JIPIJAPA</b>	<b>PAJÁN</b>	<b>PUERTO LÓPEZ</b>
<b>Módulo de elasticidad</b>	9.135(Mpa)	15.151(Mpa)	11.204(Mpa)

Y respecto a su módulo de elasticidad como nos indica la NEC-SE-GUADUA su rango mínimo es 4.0 (Mpa), donde todas cumplen estas especificaciones.

### 3.2.4 Análisis Comparativo de ensayo a flexión en los tres cantones muestra

Este ensayo está regido por el control de deflexión admisible donde se tomó en cuenta su resistencia máxima, su fuerza, la variación de tiempo, su área de sección del aplastamiento, este ensayo se realizó con la Maquina Universal Pórtico ubicado en el laboratorio de la facultad de ingeniería ULEAM.

Cada ensayo fue sometida a una carga concentrada como indica la tabla 13, esta fue aplicada sobre un nudo para evitar fallas en su aplastamiento en el punto de contacto.

Tabla 13. Valores y datos del ensayo a flexión. Fuente: El autor

<i>N</i>	<i>Resistencia Máxima</i>	<i>Fuerza</i>	<i>Ø ext</i>	<i>Ø int</i>	<i>Área de Sección</i>	<i>t de Δx</i>	<i>Δx</i>
<b>PUERTO LÓPEZ</b>	12,51 Mpa	3840,24 Mpa	10,34 cm	8,09 cm	0,003257	64,00 seg	11,90 cm
<b>PAJÁN</b>	12,86 Mpa	2601,07 Mpa	11,62 cm	8,49 cm	0,004944	47,00 seg	13,10 cm
<b>JIPIJAPA</b>	10,27 Mpa	3766,13 Mpa	9,84 cm	7,88 cm	0,002728	43,00 seg	12,40 cm

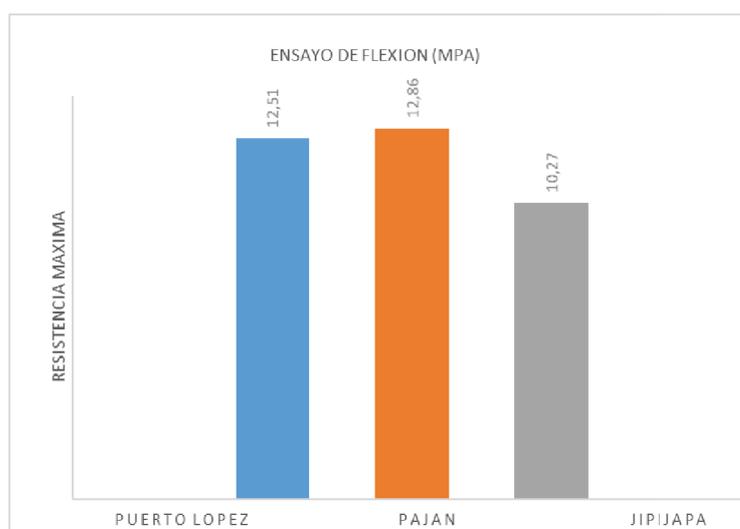


Gráfico 10. Valores de resistencia máxima en los tres cantones Fuente: El autor

El valor de resistencia máxima mayor se da en el cantón Paján con 12.86 (Mpa) con una fuerza aplicada de 2601.07 Mpa en un intervalo de tiempo de 47.0 seg, siendo Jipijapa con la menor resistencia a flexión con 10.27 Mpa en un tiempo de 43.0 seg. Como se puede observar en el gráfico 11 las curvas de deformación de los tres cantones, su punto de ruptura y desplazamiento.

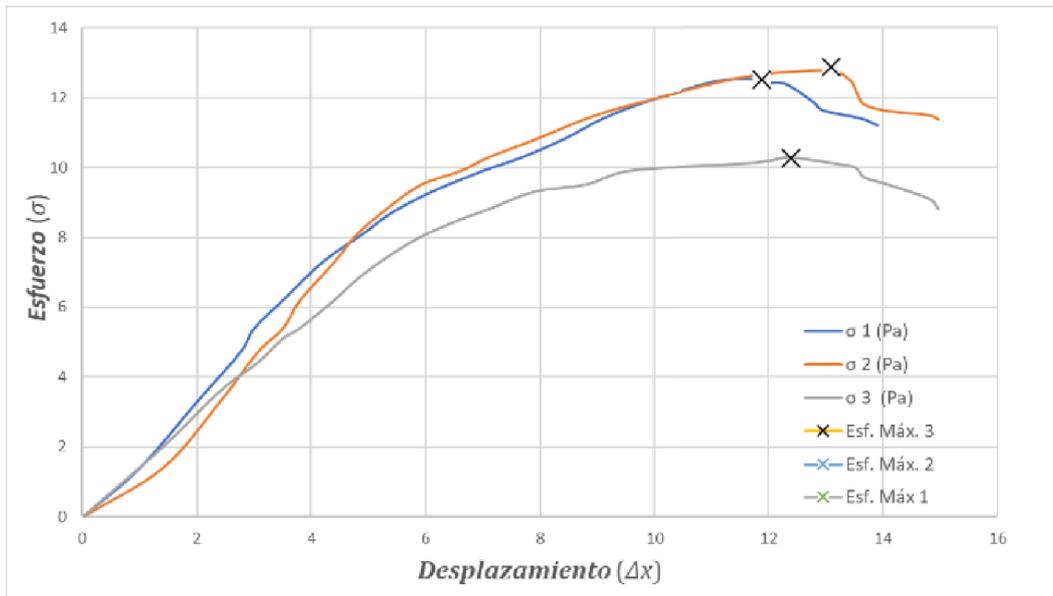


Gráfico 11. Curvas de deformación y punto de ruptura  
Fuente: El autor

Tabla 14 Resumen de Tabla **Fuente:** El autor

<b>UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI</b>									
<i>Facultad de Ingeniería</i>									
RESUMEN DE VALORES INFERIORES									
	módulo de elasticidad compresión	RESISTENCIA (Mpa)	CONTENIDO DE HUMEDAD (g)	HUMEDAS	SECAS	TENSIÓN (Mpa)		CORTE (Mpa)	
				CONTRACCIÓN (g)		resistencia	M elasticidad	CON NUDOS	SIN NUDOS
<b>JIPIJAPA</b>	7,380	25,67	1,88 %	191,85	153,06	49,17	3,266	13,089	13,037
PAJAN	19,14 2	38,20	1,59 %	383,31	335,39	184,31	14,440	18,347	21,645
<b>PUERTO LOPEZ</b>	23,97 0	30,93	1,49 %	409,85	304,32	112,80	7,312	16,960	14,619
RESUMEN DE VALORES MEDIOS									
	módulo de elasticidad compresión	RESISTENCIA (Mpa)	CONTENIDO DE HUMEDAD (g)	HUMEDAS	SECAS	TENSIÓN (Mpa)		CORTE (Mpa)	
				CONTRACCIÓN (g)		resistencia	M elasticidad	CON NUDOS	SIN NUDOS
<b>JIPIJAPA</b>	4,44 6	29,66	1,50 %	159,83	127,72	134,19	14,314	16,977	13,504

PAJAN	29,74 7	40,64	1,39 %	266,65	207,73	153,67	15,992	15,465	14,096
PUERTO LOPEZ	5,473	38,18	0,83 %	224,35	164,21	153,86	14,797	42,283	13,880
RESUMEN DE VALORES SUPERIOR									
	módulo de elasticidad compresión	RESISTENCIA (Mpa)	CONTENIDO DE HUMEDAD (g)	HUMEDAS	SECAS	TENSIÓN (Mpa)		CORTE (Mpa)	
				CONTRACCIÓN (g)		resistencia	M elasticidad	CON NUDOS	SIN NUDOS
JIPIJAPA	6,167	28,10	1,25 %	128,41	78,53	88,15	9,826	12,102	14,394
PAJAN	4,52 4	55,44	0,98 %	138,66	117,75	173,86	15,023	23,250	24,617
PUERTO LOPEZ	12,62 5	58,84	1,12 %	186,15	122,51	131,81	11,503	18,664	24,502

## CONCLUSIONES

- Se estableció que las propiedades físico- mecánicas de la caña guadua son el contenido de humedad, ensayo de contracción, corte a la resistencia, ensayos de compresión, torsión y flexión, donde se tomó muestras de Jipijapa, Paján y Puerto López, conociendo valores reales obtenidos en el laboratorio de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Se analizó todos los ensayos de las propiedades físicas- mecánica de la caña guadua en las maquinas universales del laboratorio de suelos Bolívar Ortiz de la U.L.E.A.M, mediante las normas NTC5525 Y NET-SE-GUADUA, para que esta investigación sea confiable y datos que permitan conocer sobre su resistencia.
- A continuación, comparaciones de los resultados de cada uno de los ensayos de la caña guadua:
  - Se determinó que, en los ensayos de contenido de humedad, la sección inferior es la de mayor contenido de agua en los tres cantones muestra, con 4.63% Jipijapa es el cantón con mayor porcentaje y el de menor es Puerto López que posee 3.45% de muestra promedio. De acuerdo a la NEC-SE-GUADUA nos indica que los culmos deben tener igual o inferior a la humedad de la zona de construcción, donde Jipijapa tiene una humedad del 18%, Paján 13% y Puerto López 12% es decir todas están dentro de lo permitido.
  - Otra de las propiedades físicas es el ensayo de contracción a la resistencia, el cual se realizó en los tres cantones muestra, donde las probetas se midieron y pesaron antes de ser sometidas al horno eléctrico a una temperatura de 103 grados C, dando como resultado que Jipijapa se comprimió 40.262g, Paján 47.027g y Puerto López 83.102g siendo este el de mayor porcentaje. También se analizó su altura antes y después de ser secada como resultado Jipijapa se redujo menos con 1.42mm, Paján 2.39mm y Puerto López 2.37mm.

- Se realizó los respectivos ensayos mecánicos, como el de compresión hacia los tres cantones, obteniendo como resultado la mayor resistencia al cantón Paján con un promedio de 44.76Mpa, seguido por Puerto López con 42.65Mpa y con Jipijapa el menor valor de 27.81Mpa, donde de acuerdo a la NEC-SE-GUADUA el valor mínimo de esfuerzo admisible es de 37Mpa. También se calculó su módulo de elasticidad dando valores como Jipijapa 5.998Mpa, Paján 17.804Mpa y Puerto López con 14.023Mpa, todos los valores cumplen, ya que están en el rango de acuerdo la NEC-SE-GUAGUA que es de 4.0Mpa mínimo.
  
- Analizando los ensayos de resistencia a corte se determinó que el cantón con menor resistencia es Jipijapa con 14.056Mpa, luego Pajan con 19.021 Mpa y con mayor valor Puerto López con 25.969Mpa, los cuales nos indica la NEC-SE-GUADUA que para el esfuerzo mínimo es de 7Mpa. En este ensayo se tomó la mitad de la muestra sin nudos, donde se notó una variación de esfuerzos en la parte superior de los tres cantones, como resultados promedios tenemos Jipijapa 13.645 Mpa, Paján 20.119Mpa y Puerto López 17.667Mpa.
  
- Para el ensayo de tensión el cantón que tiene mejor resistencia es Paján con 170.62 Mpa y su módulo de elasticidad es de 15.151Mpa, comparando los valores con la NEC-SE-GUADUA, estos resultados están dentro del rango, ya que este nos indica como valor mínimo de resistencia 117 Mpa y 4.0 de Modulo de elasticidad.
  
- Para el ensayo a flexión nos indica que la muestra del cantón Paján tiene una resistencia máxima de 12.86 Mpa con un intervalo de tiempo de 0.47seg, y una fuerza aplicada de 2.601.07Mpa.
  
- Se analizó la resistencia y módulo de elasticidad de la GaK cambian de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas, es decir la composición del suelo, clima, topografía, precipitación y temperatura.

## RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta los diámetros de los culmos ya que estos varían mucho a través de su longitud, para aprovechar el material lo que más se pueda.
- Se debería analizar este tipo de ensayos durante todo el año, ya que este proyecto se realizó durante los meses de verano.
- Restructurar la NET-SE-GUADUA con valores reales de resistencia y módulo de elasticidad, ya que no se cuenta con mucha información, y es un material renovable que se debe explotar.
- Realizar un calendario para fecha de corte, ya que la caña tiene un periodo para este proceso y se ha de volver reproducir.
- Tener el laboratorio de ensayos a una temperatura igual todo el periodo del proyecto, para que este no afecte a las probetas que se van a ensayar.
- Definir la variación de resistencia según la sección estudiada de la caña, así como definir parámetros sobre las características físicas de cada material de estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, R. (2012). *Universidad del Pacifico* . Obtenido de Guadua Angustifolia :  
<http://www.upacifico.edu.ec/web/images/revista-caracter/CARACTER-1/1-6-CANA-GUADUA-Rafael-Castillo.pdf>
- Chura, R. J. (2017). *Manual Tecnico para productores d Bambu*. Obtenido de  
<https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/09/Manual%20Tecnico%20del%20Bambu%20para%20Productores.pdf>
- Espinel, J. M. (2014). *Universidad de Azuay*. Obtenido de La caña guadua en su espacio interior:  
<file:///C:/Users/Usuario4/Downloads/10521.pdf>
- Figueroa, C. (2015). *Bambu.com.ec*. Obtenido de <https://bambu.com.ec/bambu/taxonomia-ecologia-y-silvicultura-del-bambu-con-enfasis-en-guadua-angustifolia/>
- Franco, M. y. (Enero de 2015). *Estudio de factlidad para la produccion de caña guadua en el recinto Rio Chico,Canton Pajan de la Provincia de Manabi y la propuesta de plan de exportacion para el mercado chileno*.
- García, S. M. (2015). *BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL*. Valencia: Licencia Creative Commons. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55983/MARTINEZ%20-%20Bamb%C3%BA%20como%20material%20estructural%3A%20Generalidades%2C%20aplicaciones%20y%20modelizaci%C3%B3n%20de%20una%20est....pdf?sequence=1>
- Guanokuiza, C. (octubre de 2012). *Proyecto de comercializacion de pisos de bambu en la ciudad de Quito*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4040/1/UPS-QT03255.pdf>
- Herrera, G. (2015). *El Bambu Colombiano*. Obtenido de  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06\\_ESD\\_Cos\\_pp\\_35\\_81.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf?sequence=6&isAllowed=y)
- Jorge A, M. U. (01 de 2009). *Construir con Guadua*. Obtenido de  
<https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2009-construir-con-guadua-manual-de-construccic3b3n.pdf>
- M. I. Víctor Rubén Ordóñez Candelaria, Dra. Ma. Teresa Mejía Saulés. (2010). *Conafor*. Obtenido de Manual para la construcción sustentable con bambú:  
[https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL\\_PARA\\_LA\\_CONSTRUCCION\\_SUSTENTABLE\\_CON\\_BAMBU.PDF](https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_SUSTENTABLE_CON_BAMBU.PDF)
- Martinez. (2015). *Bambu como material estructural*. Obtenido de  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55983/MARTINEZ%20-%20Bamb%C3%BA%20como%20material%20estructural%3A%20Generalidades%2C%20aplicaciones%20y%20modelizaci%C3%B3n%20de%20una%20est....pdf?sequence=1>
- MIDUVI, M. D. (AGOSTO de 2016). *NE-SE-GUADUA*. Obtenido de  
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>

- Noboa, J. (2014). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO*. Obtenido de Evaluación de varios tipos de sustratos en la reproducción de plántulas de Caña guadua (*Guadua angustifolia*) en la: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/725/1/T-UTB-FACIAG-AGR-000130.pdf>
- Nolivos, J. C. (mayo de 2010). *Estudio entre conexiones esctructurales de caña guadua, sometida a carga axial*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario4/Downloads/CD-3334.pdf
- NTC 55-25. (2007). *Norma Tecnica Colombia 55-25 (MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH)*. Obtenido de [https://www.academia.edu/15652059/NORMA\\_T%C3%89CNICA\\_NTC\\_COLOMBIANA\\_5525\\_M%C3%89TODOS\\_DE\\_ENSAYO\\_PARA\\_DETERMINAR\\_LAS\\_PROPIEDADES\\_F%C3%89SICAS\\_Y\\_MEC%C3%81NICAS\\_DE\\_LA\\_GUADUA\\_ANGUSTIFOLIA\\_KUNTH\\_E\\_TEST\\_METHODS\\_FOR\\_THE\\_DETERMINATION\\_OF\\_PHYSICAL\\_AND\\_MECHANICAL\\_P](https://www.academia.edu/15652059/NORMA_T%C3%89CNICA_NTC_COLOMBIANA_5525_M%C3%89TODOS_DE_ENSAYO_PARA_DETERMINAR_LAS_PROPIEDADES_F%C3%89SICAS_Y_MEC%C3%81NICAS_DE_LA_GUADUA_ANGUSTIFOLIA_KUNTH_E_TEST_METHODS_FOR_THE_DETERMINATION_OF_PHYSICAL_AND_MECHANICAL_P)
- Pereiro, J. d. (2003). *Ministerio de agricultura y desarrollo rural*. Obtenido de [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3967/2/2006718144553\\_Manual%20de%20guadua.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3967/2/2006718144553_Manual%20de%20guadua.pdf)
- Ubidia, J. M. (2015). *Manual de Construcción con Bambu . Contruir con bambu , 5*.
- Velez, S. (2004). *ACTUALIDAD Y FUTURO DE LA ARQUITECTURA DE BAMBU EN COLOMBIA*. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06\\_ESD\\_Cos\\_pp\\_35\\_81.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf)
- Zamora, J. A. (2018). *“Anteproyecto Arquitectónico de tres modelos de vivienda de descanso a base de Bambú, en el archipiélago de Solentiname Municipio de San Carlos, Rio San Juan.”*. Managua: UNIVERSIDAD DE UNAN - MANAGUA. Recuperado el 11 de 14 de 2019, de <http://repositorio.unan.edu.ni/8282/1/98114.pdf>
- Zea, I. P. (2013). *Percepcion sobre la evidencia cientifca de la relacion bambu y el agua de Bucay*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3237/1/Tesis.pdf>

## ANEXOS



*Medición de los culmos en el cantón Pajan*



*Proceso de corte en la zona de Jipijapa*



*Proceso de secado del cantón Jipijapa*



*Tomando datos del lugar de corte*



*Cortado de los culmos en el cantón Puerto López*



*Traslado de los culmos hacia la escuela de artesanía*



*Proceso de secado al natural después de corte*



*Corte de probetas para sus respectivos ensayos*



*Corte de probetas en los Bajos Montecristi*



*Traslado de las probetas al laboratorio de la universidad.*



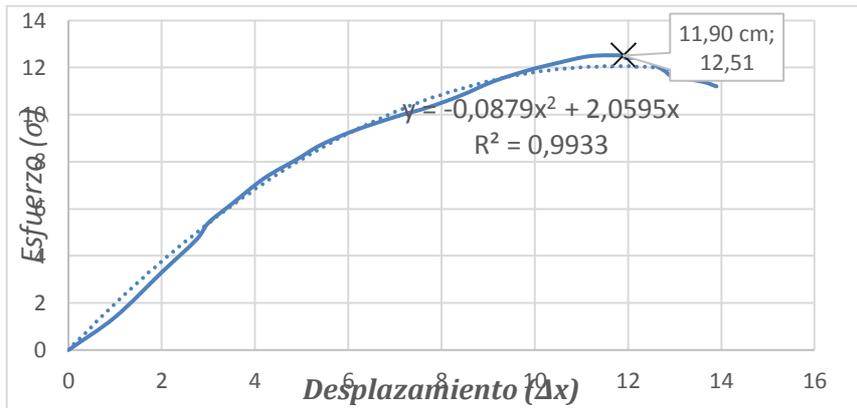
*En la escuela de artesanía en los cortes de culmos*



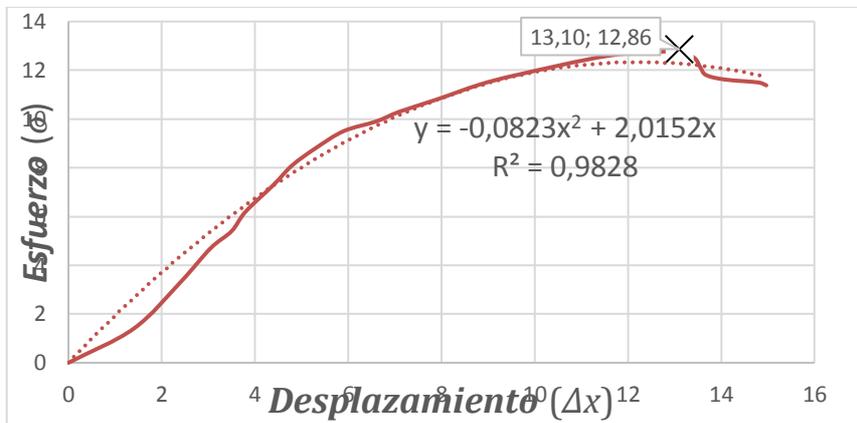
*Toma de datos para sus respectivos ensayos*

## Ensayos de flexion

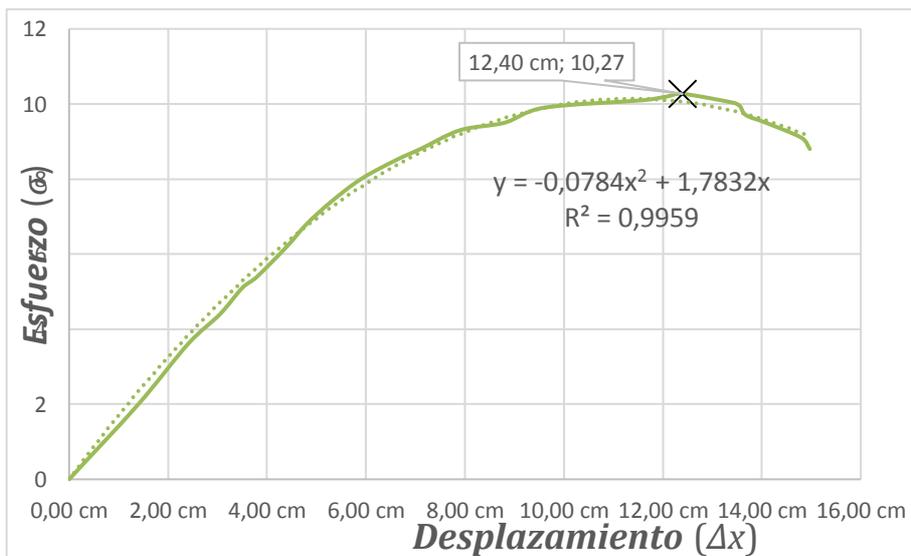
### Esfuerzo Deformacion (PUERTO LOPEZ)



### Esfuerzo Deformacion (PAJAN)



### Esfuerzo Deformacion (Jipijapa)



PUERTO LÓPEZ COMPRESIÓN

inferior

No	código	Diámetro Externo (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	PTicom-1	118,00	16,00	240,00	6,40	5,20	0,01	0,01	145,68	28,41	30,93	18,48	3,69	23,9700
2	PTicom-2	105,00	15,00	200,00	5,20	4,62	0,01		125,23	29,53		36,84	1,60	
3	PTicom-3	103,00	13,00	200,00	4,30	3,96	0,00		123,30	33,54		50,49	1,33	
4	PTicom-4	120,00	19,00	240,00	6,45	5,12	0,01		168,41	27,94		16,51	4,06	
5	PTicom-5	103,00	14,00	202,00	6,20	4,15	0,02		118,82	30,36		16,85	3,64	
6	PTicom-6	113,00	11,00	240,00	5,90	4,20	0,02		130,37	36,98		8,18	10,85	
7	PTicom-7	114,00	13,00	240,00	5,60	4,00	0,02		142,16	34,46		48,16	1,72	
8	PTicom	101,00	15,00	200,00	6,30	4,98	0,01		131,35	32,41		22,23	2,92	

	-8													
9	PTicom-9	105,00	13,00	192,00	6,20	5,12	0,01		119,45	31,79		0,22	281,38	
10	PTicom-10	106,00	15,00	201,00	6,70	4,50	0,02		108,02	25,19		25,66	1,97	
11	PTicom-11	118,00	14,00	240,00	7,15	6,10	0,01		144,07	31,50		14,14	5,35	
12	PTicom-12	117,00	16,00	240,00	5,90	4,20	0,02		153,08	29,57		23,40	3,03	
13	PTicom-13	116,00	17,00	238,00	5,95	4,30	0,02		156,39	29,58		2,04	34,46	
14	PTicom-14	112,00	13,00	239,00	7,12	5,12	0,02		143,29	35,85		35,62	2,41	
15	PTicom-15	120,00	18,00	240,00	6,82	4,20	0,03		154,88	26,85		56,52	1,14	
media														
No	código	Diámetro Externo	Espesor	Altura	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
		mm	mm	mm										
1	PTmcom	103,00	9,00	200,00	3,50	2,96	0,5%		82,7831	31,1474		12,833	4,8543	

	-1												
2	PTmco m-2	108,00	11,00	230,00	3,20	2,85	0,4%		123,219	36,7589		4,21135	20,0756
3	PTmco m-3	107,00	14,00	200,00	4,60	3,62	1,0%		118,036	28,8571		22,1248	2,6086
4	PTmco m-4	105,00	10,00	190,00	4,30	3,70	0,6%	0,83%	94,1768	31,5552	38,18	52,1149	1,1504
5	PTmco m-5	106,00	14,00	195,00	4,40	3,95	0,5%		123,712	30,5735		20,1747	2,9551
6	PTmco m-6	108,00	10,00	202,00	3,70	3,00	0,7%		94,9166	30,8295		13,4853	4,6180
7	PTmco m-7	103,00	10,00	185,00	5,10	4,02	1,1%		103,273	35,3471		51,1772	1,2778
8	PTmco m-8	100,00	8,00	200,00	5,15	4,16	1,0%		104,349	45,1295		6,06521	14,8814
9	PTmco m-9	103,50	10,00	188,00	4,75	4,00	0,8%		115,281	39,2462		11,3196	6,5182
10	PTmcom -10	105,00	10,00	202,00	4,80	3,85	1,0%		118,318	39,644		17,487	4,5795
11	PTmcom -11	103,00	10,00	199,00	4,50	2,95	1,6%		105,781	36,2054		9,89159	7,2838

12	PTmcom -12	100,00	10,00	198,00	4,50	3,45	1,1%	89,651	31,7075	42,7493	1,4686
13	PTmcom -13	85,00	7,00	191,00	3,90	3,10	0,8%	87,985	51,294	51,3308	1,9086
14	PTmcom -14	108,00	11,00	195,00	4,70	3,87	0,8%	126,436	37,7187	30,0404	2,4484
15	PTmcom -15	84,00	7,00	203,00	3,50	2,70	0,8%	112,81	66,6207	61,6972	2,1920

superior

No	código	Diámetro Externo	Espesor	Altura	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1,00	PTscom-1	87,00	7,00	198,00	3,20	2,45	0,8%		71,5241	44,1303		6,22296	14,0412	
2,00	PTscom-2	78,00	10,00	195,00	3,90	2,62	1,3%		83,094	13,04		2,4864	10,2246	
3,00	PTscom-3	90,00	8,00	200,00	3,85	2,50	1,4%		74,2145	36,011		17,4958	4,1165	
4,00	PTscom-4	79,00	9,00	200,00	2,98	2,10	0,9%		70,0019	35,3687		4,07791	17,3465	
5,00	PTscom-5	90,00	8,50	200,00	4,05	2,95	1,1%	1,12%	89,5548	41,1493	58,84105238	27,70503	2,9705	12,6254

6,00	PTsco m-6	94,00	8,00	193,00	4,15	3,20	1,0%	64,7151	29,9411	17,5986	3,2836
7,00	PTsco m-7	89,00	9,00	195,00	4,12	3,02	1,1%	77,1409	34,1038	27,0503	2,4585
8,00	PTsco m-8	87,00	7,00	200,00	3,85	2,15	1,7%	75,7034	43,0306	35,1373	2,4493
9,00	PTsco m-9	95,00	95,00	199,00	3,80	3,05	0,8%	96,8977	50,0706	53,377	1,8667
10,00	PTscom- 10	75,00	6,00	197,00	4,25	3,12	1,1%	70,8004	54,4359	54,0783	1,9830

PAJAN COMPRESION															
inferior															
No	codigo	Diametro Externo (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO		DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Plcom-1	105,00	10,00	204,00	6,30	5,12	1,2%	1,59%	107,6	36,0529	38,20	3,5233	7,18753	10,2327	19,1418
2	Plcom-2	202,00	11,00	209,00	6,20	4,90	1,3%		10,425	35,8113		5,9601	12,4566	6,0085	
3	Plcom-3	110,00	12,00	210,00	4,95	4,05	0,9%		101,631	31,7793		16,701	35,0719	1,9028	
4	Plcom-4	202,00	15,00	207,00	5,98	3,20	2,8%		113,624	37,6451		25,156	52,0719	1,4965	
5	Plcom-5	106,00	11,00	205,00	5,26	3,98	1,3%		107,208	35,2321		2,5476	5,22248	13,8298	
6	Plcom-6	103,00	13,00	207,00	6,85	4,80	2,1%		120,902	40,3058		0,2249	0,465631	179,1827	
7	Plcom-7	128,00	14,00	214,00	7,12	4,50	2,6%		189,27	49,2596		4,8913	10,4673	10,0709	
8	Plcom-8	104,50	15,00	204,00	5,63	4,02	1,6%		113,037	36,6497		7,6253	15,5556	4,8063	
9	Plcom-9	105,00	10,00	210,00	4,60	5,00	-0,4%		109,769	36,7794		12,134	25,4804	3,0312	
10	Plcom-10	102,50	13,00	203,00	4,90	3,86	1,0%		113,27	37,9663		6,9304	14,0687	5,4782	
11	Plcom-11	105,00	12,00	204,00	6,12	4,52	1,6%		111,168	36,5949		13,268	27,0675	2,7581	
12	Plcom-12	105,00	13,00	210,00	6,00	4,10	1,9%		109,441	35,7145		1,0955	2,3006	32,6004	
13	Plcom-13	103,00	13,00	210,00	5,90	4,23	1,7%		118,429	39,4812		5,5579	11,6715	7,1037	
14	Plcom-14	120,00	11,00	240,00	4,80	2,95	1,9%		159,044	45,0036		8,1076	19,4582	5,5508	
15	Plcom-15	127,00	14,00	250,00	5,60	3,18	2,4%		179,066	38,7923		12,621	31,5519	3,0737	
media															
No	codigo	Diametro Externo	Espesor	Altura	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO		DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
		mm	mm	mm											
1	PMcom-1	107,00	12,00	200,00	4,10	3,12	1,0%	1,39%	199,366	38,4817	40,64	8,2111	16,4221	4,6866	29,7471
2	PMcom-2	108,00	9,00	208,00	5,12	2,98	2,1%		106,191	37,9366		4,4114	9,1757	8,5997	
3	PMcom-3	94,00	8,00	198,00	4,82	3,20	1,6%		99,8058	46,1761		0,2601	0,514984	177,5369	
4	PMcom-4	108,00	11,00	192,00	5,05	4,00	1,1%		118,749	38,2275		0,327	0,627836	116,9044	
5	PMcom-5	110,00	11,00	202,00	3,90	2,80	1,1%		119,193	37,6021		6,0568	12,2347	6,2083	
6	PMcom-6	108,00	9,00	199,00	3,86	3,00	0,9%		125,198	44,727		2,0341	4,0478	21,9889	
7	PMcom-7	107,00	12,00	198,00	4,55	3,15	1,4%		113,982	36,7461		24,868	49,2378	1,4777	
8	PMcom-8	105,00	11,00	196,00	5,22	3,36	1,9%		64,3939	21,3849		8,839	17,3245	2,4194	
9	PMcom-9	105,00	11,00	189,00	3,96	2,90	1,1%		104,665	34,7588		14,478	27,3631	2,4008	
10	PMcom-10	102,30	9,00	198,00	4,45	3,20	1,3%		123,751	39,4304		28,732	56,8903	1,3723	
11	PMcom-11	107,00	9,00	196,00	4,12	3,00	1,1%		124,99	45,1084		0,7619	1,4933	59,2061	
12	PMcom-12	110,00	8,00	199,00	3,80	2,10	1,7%		119,054	46,4413		15,157	30,162	3,0641	
13	PMcom-13	106,00	7,50	198,00	4,60	2,65	2,0%		113,461	48,8876		25,171	49,8378	1,9422	
14	PMcom-14	103,00	8,50	197,00	4,12	2,12	2,0%		123,253	48,8423		5,6449	11,1205	8,6524	
15	PMcom-15	102,00	9,00	186,00	3,50	2,70	0,8%		118,072	44,9026		21,228	39,4849	2,1152	
superior															
No	codigo	Diametro Externo	Espesor	Altura	PESO HUMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO		DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1,00	Pscom-1	75,00	181,00	181,00	4,20	3,95	0,3%	0,98%	97,3045	74,814	55,44	10,139	18,3524	7,3785	4,5237
2,00	Pscom-2	72,00	180,00	180,00	5,05	2,96	2,1%		82,1491	51,072		11,149	20,0688	4,5807	
3,00	Pscom-3	85,00	180,00	180,00	3,90	2,50	1,4%		86,2842	57,9433		29,711	53,4793	1,9502	
4,00	Pscom-4	88,00	178,00	178,00	3,85	2,62	1,2%		87,3631	49,045		29,199	51,9745	1,6797	
5,00	Pscom-5	85,00	184,00	184,00	4,21	3,90	0,3%		87,2455	50,8629		24,663	45,3796	2,0623	
6,00	Pscom-6	80,00	172,00	172,00	4,60	4,00	0,6%		85,8704	53,49		36,222	62,3024	1,4767	
7,00	Pscom-7	82,00	180,00	180,00	3,85	3,50	0,4%		105,863	64,185		8,3819	15,0875	7,6575	
8,00	Pscom-8	81,00	168,00	168,00	3,96	3,20	0,8%		96,9175	59,5556		17,844	29,9777	3,3376	
9,00	Pscom-9	98,00	177,00	177,00	4,02	3,25	0,8%		119,21	49,8793		30,356	53,7303	1,6431	
10,00	Pscom-10	92,00	179,00	179,00	5,12	4,10	1,0%		114,903	61,4699		41,074	73,5222	1,4966	
11,00	Pscom-11	88,00	178,00	178,00	5,20	3,98	1,2%		96,1632	50,6993		15,405	27,4205	3,2911	
12,00	Pscom-12	85,00	177,00	177,00	3,89	2,90	1,0%		94,9681	52,0074		33,32	58,9769	1,5608	
13,00	Pscom-13	98,00	181,00	181,00	3,99	3,05	0,9%		131,32	58,056		7,9508	14,391	7,3019	
14,00	Pscom-14	83,00	168,00	168,00	4,62	3,50	1,1%		93,0612	49,3705		3,3653	5,65378	14,6703	
15,00	Pscom-15	86,00	182,00	182,00	5,70	4,02	1,7%		90,7918	49,0869		6,3193	11,5012	7,7677	

JIPIJAPA COMPRESIÓN

inferior

No	código	Diámetro Externo (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Jlcom-1	115,00	11,00	190,00	5,90	3,84	0,02	0,02	77,16	23,18	25,67	8,18	5,39	7,38
2	Jlcom-2	115,00	10,00	216,00	6,20	4,52	0,02		99,96	30,30		18,05	3,63	
3	Jlcom-3	124,00	12,00	194,00	5,60	3,96	0,02		102,37	28,07		7,98	6,83	
4	Jlcom-4	118,00	12,00	173,00	7,13	4,59	0,03		63,82	18,48		0,81	39,70	
5	Jlcom-5	113,00	10,00	170,00	5,20	4,01	0,01		31,98	9,88		7,12	2,36	
6	Jlcom-6	112,00	9,00	193,00	5,90	4,87	0,01		86,57	29,73		33,94	1,69	
7	Jlcom-7	115,00	10,00	192,00	5,40	3,90	0,02		79,70	24,16		9,08	5,11	
8	Jlcom-8	115,00	10,00	235,00	5,50	3,95	0,02		92,85	28,15		42,28	1,56	
9	Jlcom-9	116,00	10,00	215,00	6,70	5,12	0,02		87,88	26,39		23,53	2,41	
10	Jlcom-10	120,00	12,00	212,00	4,96	3,20	0,02		102,16	29,04		24,55	2,51	
11	Jlcom-11	118,00	11,00	160,00	6,20	4,10	0,02		91,27	26,66		2,19	19,47	
12	Jlcom-12	114,00	11,00	244,00	4,90	2,20	0,03		106,17	32,20		16,85	4,66	
13	Jlcom-13	128,00	13,00	184,00	5,83	3,10	0,03		110,38	28,98		5,95	8,96	
14	Jlcom-14	120,00	11,00	208,00	4,70	2,90	0,02		95,92	27,51		13,04	4,39	

15	Jlcom-15	120,00	12,00	190,00	5,42	3,15	0,02		78,53	22,32		20,80	2,04	
media														
No	código	Diámetro Externo	Espesor	Altura	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Kg.cm)	PROMEDIO
		mm	mm	mm										
1	JMcom-1	110,00	8,00	220,00	5,20	3,63	1,6%	1,5%	95,20	37,14	29,66	3,55	23,04	4,4455
2	JMcom-2	100,00	8,00	215,00	4,15	2,19	2,0%		68,74	29,73		28,24	2,26	
3	JMcom-3	104,00	8,00	199,00	4,80	2,62	2,2%		51,69	21,42		31,85	1,34	
4	JMcom-4	100,00	7,00	202,00	5,20	3,15	2,1%		81,87	40,03		13,04	6,20	
5	JMcom-5	103,50	7,50	212,00	4,63	2,96	1,7%		83,77	37,90		16,22	4,95	
6	JMcom-6	102,00	8,00	202,00	3,85	2,10	1,8%		89,54	37,90		34,97	2,19	
7	JMcom-7	108,00	8,00	224,00	4,25	3,25	1,0%		71,50	28,45		43,97	1,45	

	7													
8	JMcom-8	105,00	8,50	214,00	4,02	3,10	0,9%		80,14	31,10		9,09	7,32	
9	JMcom-9	107,00	8,00	202,00	4,96	3,19	1,8%		29,94	12,03		18,66	1,30	
10	JMcom-10	110,00	9,00	212,00	5,10	4,02	1,1%		77,46	27,13		16,44	3,50	
11	JMcom-11	115,00	9,00	226,00	4,10	2,96	1,1%		70,70	23,59		19,27	2,77	
12	JMcom-12	110,00	8,00	215,00	3,25	2,50	0,8%		67,95	26,51		14,58	3,91	
13	JMcom-13	114,00	10,00	205,00	4,50	2,79	1,7%		75,81	23,20		15,71	3,03	
14	JMcom-14	102,00	8,50	216,00	5,21	3,36	1,9%		83,60	33,48		39,56	1,83	
15	JMcom-15	97,00	7,50	203,00	3,98	2,85	1,1%		74,49	35,32		45,02	1,59	
superior														
No	código	Diámetro Externo	Espesor	Altura	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Kg.cm)	PROMEDIO

1	JScom-1	100,00	10,00	198,00	3,80	2,10	1,7%		53,3564	18,871		21,0311	1,7766	
2	JScom-2	98,00	7,00	198,00	4,60	2,65	2,0%		53,8888	26,9283		4,1923	12,7182	
3	JScom-3	91,00	7,00	180,00	3,30	2,12	1,2%		65,1631	35,2756		20,4283	3,1082	
4	JScom-4	102,00	7,00	200,00	3,30	2,70	0,6%		41,5799	19,9027		8,0845	4,9237	
5	JScom-5	83,00	7,00	180,00	4,40	2,80	1,6%		51,6949	30,9304		30,7949	1,8079	
6	JScom-6	105,00	7,00	183,00	4,35	3,50	0,9%		59,2876	27,5099		29,7550	1,6919	
7	JScom-7	99,00	8,00	199,00	4,22	3,00	1,2%		51,6533	22,5848		19,4625	2,3092	
8	JScom-8	101,00	8,00	196,00	3,55	2,50	1,1%	1,25%	51,9052	22,2069	28,10	40,7216	1,0689	6,1675

PUERTO LÓPEZ CORTE														
Inferior/corte sin nudo														
No	Código	Diámetro exter. (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Picorte-1/sinnudo	103,00	15,00	195,00	5,65	4,87	0,78%	1,44%	59,49	14,35	14,62	18,34	1,53	2,7789
2	Picorte-2/sinnudo	101,00	11,00	211,00	5,98	4,10	1,88%		54,54	17,54		3,50	10,57	
3	Picorte-3/sinnudo	103,00	11,00	200,00	6,10	3,54	2,56%		57,72	18,15		14,70	2,47	
4	Picorte-4/sinnudo	98,50	13,00	199,00	5,13	3,44	1,69%		54,01	15,47		20,45	1,51	
5	Picorte-5/sinnudo	104,00	14,00	199,00	5,10	3,98	1,12%		49,51	12,51		12,98	1,92	
6	Picorte-6/sinnudo	98,00	18,00	201,00	5,24	4,10	1,14%		42,27	9,34		30,45	0,62	

Inferior/corte con nudo														
No	Código	Diámetro exter.(mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTEN CIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZA MIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICID AD (Mpa)	PROMEDIO
1	Picorte- 1/connud o	100,0 0	12,00	202,0 0	5,60	4,18	1,42%		54,19	16,33		13,35	2,47	
2	Picorte- 2/connud o	98,50	11,50	200,0 0	6,10	4,90	1,20%	1,11%	55,20	17,56	16,96	4,14	8,48	3,8819
3	Picorte- 3/connud o	105,0 0	17,00	201,0 0	4,90	4,00	0,90%		80,83	17,20		9,88	3,50	
4	Picorte- 4/connud o	105,0 0	16,00	202,0 0	5,97	4,90	1,07%		57,38	12,83		3,70	7,00	
5	Picorte- 5/connud o	106,0 0	15,00	195,0 0	5,64	4,78	0,86%		72,91	17,00		23,78	1,39	
6	Picorte- 6/connud o	104,0 0	15,00	189,0 0	5,20	4,15	1,05%		71,11	16,95		33,39	0,96	
7	Picorte- 7/connud o	101,0 0	11,00	213,0 0	5,25	3,97	1,28%		64,83	20,84		13,17	3,37	

Medio/corte con nudo														
No	Código	Diámetro exter.(mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTE NCIA (Mpa)	PROMEDI O	DESPLAZA MIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICI DAD (Mpa)	PROME DIO
1	Pmcorte- 1/connud o	108,0 0	9,00	200,0 0	5,05	3,98	1,07%		43,46	16,3 5		7,23	4,52	
2	Pmcorte- 2/connud o	102,0 0	9,00	200,0 0	4,20	3,55	0,65%	1,04%	47,40	18,0 3	42,28	10,09	3,57	6,9955
3	Pmcorte- 3/connud o	103,0 0	8,00	210,0 0	4,16	3,40	0,76%		49,49	20,7 3		7,79	5,59	
4	Pmcorte- 4/connud o	101,0 0	9,00	198,0 0	4,33	3,20	1,13%		41,21	15,8 4		14,51	2,16	
5	Pmcorte- 5/connud o	111,0 0	10,00	200,0 0	4,55	3,15	1,40%		65,28	188, 90		13,24	28,53	
6	Pmcorte- 6/connud o	105,0 0	8,50	197,0 0	3,98	2,80	1,18%		45,01	17,4 7		14,68	2,34	

Medio/corte sin nudo														
No	Código	Diámetro exter.( mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Pmcorte- 1/sinnudo	107,50	10,00	198,00	3,50	2,85	0,65%	1,13%	26,960	8,80	13,880	10,39	1,68	2,4845
2	Pmcorte- 2/sinnudo	106,00	8,50	200,00	4,78	3,62	1,16%		48,139	18,49		12,36	2,99	
3	Pmcorte- 3/sinnudo	104,00	8,50	198,00	4,90	3,41	1,49%		36,512	14,32		7,00	4,05	
4	Pmcorte- 4/sinnudo	107,00	10,00	199,00	4,85	3,51	1,34%		37,128	12,18		11,54	2,10	
5	Pmcorte- 5/sinnudo	109,00	10,00	196,00	4,95	3,66	1,29%		38,960	11,50		16,41	1,37	
6	Pmcorte- 6/sinnudo	103,00	9,00	200,00	4,95	3,98	0,97%		43,819	16,49		14,04	2,35	
7	Pmcorte- 7/sinnudo	110,00	10,00	207,00	4,78	3,80	0,98%		48,359	15,39		11,18	2,85	

Superior/corte con nudo														
No	Código	Diámetro exter.(m m)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚME DO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDA D	PROMEDI O	FUERZ A (KN)	RESIST ENCIA (Mpa)	PROMED IO	DESPLAZ AMIENTO (mm)	MODUL O DE ELASTIC IDAD (Mpa)	PROMED IO
1	Pscorte- 1/connud o	81,00	7,00	177,0 0	3,45	2,88	0,57%	1,11%	29,23 67	17,96 56	18,663 65714	23,62	1,35	10,215 3
2	Pscorte- 2/connud o	90,50	7,00	178,0 0	3,98	2,95	1,03%		32,56 26	17,73 31		0,51	61,41	
3	Pscorte- 3/connud o	89,00	7,00	175,0 0	3,65	2,65	1,00%		27,75 02	15,38 88		19,30	1,40	
4	Pscorte- 4/connud o	75,00	7,00	178,0 0	3,75	2,43	1,32%		26,96 08	17,84 86		21,65	1,47	
5	Pscorte- 5/connud o	67,00	7,00	180,0 0	3,55	2,20	1,35%		27,12 13	20,55 47		17,88	2,07	
6	Pscorte- 6/connud o	83,00	7,00	179,0 0	4,12	3,10	1,02%		36,40 83	21,78 4		17,24	2,26	

7	Pscorte- 7/connudo	75,00	7,00	179,00	4,51	3,02	1,49%		28,8196	19,3708		22,23	1,56
---	-----------------------	-------	------	--------	------	------	-------	--	---------	---------	--	-------	------

Superior/corte sin nudo														
No	Código	Diámetro exter.( mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Pscorte- 1/sinnudo	64,00	7,00	200,00	3,66	2,80	0,86%		33,59	26,79		5,75	9,32	
2	Pscorte- 2/sinnudo	91,00	7,50	203,00	4,33	2,90	1,43%	0,68%	43,63	22,17	24,50	10,92	4,12	3,3713
3	Pscorte- 3/sinnudo	85,00	7,00	201,00	4,30	3,95	0,35%		48,71	36,92		24,81	2,99	
4	Pscorte- 4/sinnudo	67,00	7,00	191,90	3,15	2,88	0,27%		43,22	22,33		37,82	1,13	

**PAJAN CORTE**

Inferior/corte sin nudo

No	Código	Diámetro exter.( mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMI EDAD	PROME DIO	FUER ZA (KN)	RESISTE NCIA (Mpa)	PROME DIO	DESPLAZ AMIENTO (mm)	MODU LO DE ELAST ICIDA D (Mpa)	PROM EDIO
1	Picorte- 1/sinnudo	133,00	15,00	227,00	5,95	4,70	1,25 %	1,25%	86,10	25,47	21,64	19,62	2,95	2,665
2	Picorte- 2/sinnudo	129,00	16,00	240,00	6,15	4,51	1,64 %		90,65	22,99		21,34	2,59	
3	Picorte- 3/sinnudo	127,00	16,00	232,00	5,20	4,20	1,00 %		98,96	25,53		26,54	2,23	
4	Picorte- 4/sinnudo	125,00	11,00	235,00	6,10	5,23	0,87 %		53,88	14,78		27,43	1,27	
5	Picorte- 5/sinnudo	128,00	14,00	237,00	6,00	4,50	1,50 %		78,80	20,51		25,61	1,90	
6	Picorte- 6/sinnudo	126,00	13,00	237,00	4,65	3,10	1,55 %		95,44	25,49		14,29	4,23	

Inferior/corte con nudo														
No	Código	Diámetro exter.( mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMI EDAD	PROME DIO	FUER ZA (KN)	RESISTE NCIA (Mpa)	PROME DIO	DESPLAZ AMIENTO (mm)	MODU LO DE ELAST ICIDA D (Mpa)	PROM EDIO
1	Picorte- 1/connu do	124,0 0	11,00 0	234,0 0	6,23	5,35	0,88 %	1,19%	59,31	16,41	18,35	17,12	2,24	5,694 9
2	Picorte- 2/connu do	125,0 0	15,00 0	233,0 0	7,25	5,55	1,70 %		84,48	22,37		11,13	4,68	
3	Picorte- 3/connu do	128,0 0	14,00 0	249,8 0	6,17	5,23	0,94 %		66,10	17,51		5,67	7,72	
4	Picorte- 4/connu do	122,0 0	11,00 0	240,0 0	6,10	5,65	0,45 %		62,56	17,62		19,98	2,12	
5	Picorte- 5/connu do	125,0 0	10,00 0	240,0 0	6,25	5,10	1,15 %		69,33	18,20		4,45	9,81	

	o												
6	Picorte- 6/connud o	121,0 0	11,00 0	237,0 0	5,68	4,10	1,58 %		59,54	16,92		15,31	2,62
7	Picorte- 7/connud o	128,5 0	13,00 0	229,0 0	5,65	4,01	1,64 %		74,20	19,40		4,16	10,6 7

Medio/corte con nudo														
No	Código	Diámetro exter.( mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROM EDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Pmcorte- 1/connud o	95,00	8,00	196,0 0	4,20	3,22	0,98 %		36,63	16,75		13,49	2,43	
2	Pmcorte- 2/connud o	107,0 0	8,50	211,0 0	3,50	2,14	1,36 %	1,28%	44,24	16,82	15,47	4,04	8,79	3,048 7

3	Pm corte-3/connudo	97,00	9,00	218,00	4,30	3,40	0,90%	28,76	11,56	18,78	1,34
4	Pm corte-4/connudo	103,00	9,00	217,00	4,60	3,15	1,45%	42,28	15,91	12,51	2,76
5	Pm corte-5/connudo	103,00	10,00	217,00	3,60	3,00	0,60%	28,44	9,74	15,43	1,37
6	Pm corte-6/connudo	103,00	9,00	214,00	5,10	3,10	2,00%	60,31	22,69	40,68	1,19
7	Pm corte-7/connudo	113,00	8,00	220,00	4,55	2,90	1,65%	39,04	14,79	9,42	3,46

Medio/corte sin nudo

No	Código	Diámetro exter. (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD	PROMEDIO

													D (Mpa)		
1	Pmcorte- 1/sinnudo	103,00	8,50	218,00	4,50	3,20	1,30%	1,21%	33,51	13,28	14,10	19,01	1,52	2,394	
2	Pmcorte- 2/sinnudo	104,00	10,00	198,00	4,55	3,44	1,11%		56,11	19,00		26,84	1,40		
3	Pmcorte- 3/sinnudo	107,00	10,00	216,00	3,44	2,62	0,82%		40,22	13,20		5,58	5,11		1
4	Pmcorte- 4/sinnudo	94,00	8,50	196,00	3,99	2,91	1,08%		40,06	17,55		11,64	2,95		
5	Pmcorte- 5/sinnudo	102,00	9,00	217,00	4,70	3,12	1,58%		34,83	13,25		9,43	3,05		
6	Pmcorte- 6/sinnudo	201,00	8,00	197,00	5,22	3,14	2,08%		27,84	11,78		16,79	1,38		
7	Pmcorte- 7/sinnudo	107,00	10,00	217,00	3,43	2,92	0,51%		32,36	10,62		17,19	1,34		

Superior/corte con nudo														
No	Código	Diámetro exter.(r	Espesor (mm)	Altura	PESOHÚMIDO	PESOSECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA	RESISTENCIA	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO	MODULO DE ELASTICIDAD	PROMEDIO

		(mm)		(mm)	(gr)				(KN)	(Mpa)		(mm)	ICIDA D (Mpa)	
1	Pscorte- 1/connud o	94,00	7,50	180, 00	3,51	2,55	0,96 %		46,01	22,58		11,67	3,48	
2	Pscorte- 2/connud o	68,00	6,00	173, 00	4,15	3,10	1,05 %	1,10%	38,85	33,25	23,25	22,98	2,50	3,037 5
3	Pscorte- 3/connud o	93,00	8,00	179, 00	2,95	2,01	0,94 %		33,49	15,68		5,08	5,52	
4	Pscorte- 4/connud o	91,00	8,00	175, 00	3,90	2,03	1,87 %		46,89	22,48		17,27	2,28	
5	Pscorte- 5/connud o	90,00	8,00	187, 00	3,15	2,40	0,75 %		46,54	22,58		13,05	3,24	
6	Pscorte- 6/connud o	83,00	7,00	184, 00	4,50	3,21	1,29 %		43,48	26,02		26,25	1,82	

7	Pscorte- 7/connudo	94,00	7,50	182,00	3,85	2,98	0,87%		41,10	20,17		15,18	2,42	
---	-----------------------	-------	------	--------	------	------	-------	--	-------	-------	--	-------	------	--

Superior/corte sin nudo														
No	Código	Diámetro exter. (mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Pscorte- 1/sinnudo	76,00	7,00	173,00	3,14	2,15	0,99%	1,06%	37,25	24,55	24,62	28,10	1,51	8,000
2	Pscorte- 2/sinnudo	88,00	8,50	180,00	4,65	2,94	1,71%		44,85	21,13		9,37	4,06	
3	Pscorte- 3/sinnudo	90,00	7,00	178,00	3,90	3,01	0,89%		45,67	25,02		23,19	1,92	
4	Pscorte- 4/sinnudo	95,00	7,50	176,00	3,80	2,85	0,95%		41,20	19,98		24,24	1,45	
5	Pscorte- 5/sinnudo	67,00	7,00	180,00	4,10	3,12	0,98%		44,57	33,78		1,60	37,94	

**JIPIJAPA CORTE**

Inferior/corte sin nudo														
No	Código	Diámetro exter.(mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMED AD	PROMEDIO	FUERZ A (KN)	RESISTE NCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZ AMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICID AD (Mpa)	PROMEDI O
1	Picorte- 1/sinnudo	120,00	10,00	187,0 0	6,10	4,80	1,30%	1,13%	48,24	13,96	13,04	0,21	126,19	31,940 6
2	Picorte- 2/sinnudo	115,00	12,00	190,0 0	5,90	4,20	1,70%		48,62	13,22		9,41	2,67	
3	Picorte- 3/sinnudo	113,00	11,00	227,0 0	4,20	3,90	0,30%		35,67	10,92		0,46	53,41	
4	Picorte- 4/sinnudo	113,00	9,00	215,0 0	6,25	5,10	1,15%		38,27	13,02		3,12	8,96	
5	Picorte- 5/sinnudo	106,00	8,50	224,0 0	4,56	3,90	0,66%		29,21	11,22		8,54	2,94	
6	Picorte- 6/sinnudo	112,00	10,00	230,0 0	6,23	5,20	1,03%		43,80	13,67		1,46	21,54	
7	Picorte- 7/sinnudo	105,00	8,50	237,0 0	5,90	4,15	1,75%		39,32	15,26		4,59	7,88	

Inferior/corte con nudo														
No	Código	Diámetro exter.(mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMED AD	PROMEDIO	FUERZ A (KN)	RESISTE NCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZ AMIENTO	MODULO DE ELASTICID	PROMEDI O

												(mm)	AD (Mpa)	
1	Picorte-1/connudo	114,00	11,00	234,00	6,23	5,40	0,83%	1,31%	34,62	12,29	13,09	19,47	1,48	2,7369
2	Picorte-2/connudo	120,00	15,00	233,00	7,25	5,60	1,65%		40,69	12,97		17,83	1,69	
3	Picorte-3/connudo	105,00	14,00	249,80	6,17	4,90	1,27%		32,89	11,02		15,43	1,78	
4	Picorte-4/connudo	120,00	11,00	240,00	6,10	4,98	1,12%		52,67	15,04		3,46	10,42	
5	Picorte-5/connudo	118,00	10,00	240,00	6,25	5,13	1,12%		34,52	11,20		24,82	1,08	
6	Picorte-6/connudo	123,00	11,00	237,00	5,68	4,12	1,56%		54,83	15,31		25,64	1,41	
7	Picorte-7/connudo	118,00	13,00	229,00	5,65	4,05	1,60%		42,55	13,81		24,68	1,28	

Medio/corte con nudo														
No	Código	Diámetro exter.(mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Pmccorte-1/connudo	86,00	6,00	200,00	5,20	3,95	1,25%		25,41	16,85		2,72	12,37	
2	Pmccorte-	107,00	8,50	180,00	4,85	3,84	1,01%		41,82	15,90		0,47	60,79	

	2/connudo			0				1,42%			16,98			
3	Pmcorte-3/connudo	98,00	8,00	180,00	4,99	3,44	1,55%		40,56	17,93		22,80	1,42	15,297
4	Pmcorte-4/connudo	93,00	7,00	179,00	5,06	3,56	1,50%		31,58	16,70		27,89	1,07	4
5	Pmcorte-5/connudo	88,00	7,00	180,00	5,25	3,10	2,15%		29,21	16,40		2,07	14,23	
6	Pmcorte-6/connudo	99,00	8,00	180,00	4,81	2,98	1,83%		40,47	17,70		2,27	14,06	
7	Pmcorte-7/connudo	95,00	7,50	182,00	3,52	2,87	0,65%		35,80	17,37		10,05	3,15	

Medio/corte sin nudo

No	Código	Diámetro exter.(mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Pmcorte-1/sinnudo	102,00	8,00	178,00	5,24	3,16	2,08%		43,37	18,36		0,46	70,97	
2	Pmcorte-2/sinnudo	102,00	8,50	178,00	4,51	3,05	1,46%	1,32%	39,46	15,80	13,50	10,71	2,63	12,309
3	Pmcorte-3/sinnudo	106,00	8,00	195,00	3,96	2,85	1,11%		38,70	15,71		4,59	6,68	1
4	Pmcorte-4/sinnudo	96,00	7,50	178,00	3,95	2,80	1,15%		28,01	13,43		20,28	1,18	
5	Pmcorte-5/sinnudo	88,00	8,00	178,00	3,84	2,50	1,34%		24,25	10,72		15,46	1,23	
6	Pmcorte-	105,00	9,00	198,00	4,16	3,10	1,06%		29,33	10,81		21,51	0,99	

	6/sinnudo			0									
7	Pmcor-te-7/sinnudo	110,00	9,00	200,00	4,11	3,05	1,06%		27,70	9,70		7,82	2,48

Superior/corte con nudo

No	Código	Diámetro exter.(mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMEDAD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTENCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZAMIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	PROMEDIO
1	Pscorte-1/connudo	105,00	7,50	192,00	3,40	2,90	0,50%	1,02%	27,38	11,92	12,10	1,55	14,73	7,9142
2	Pscorte-2/connudo	98,00	8,00	192,00	4,12	2,98	1,14%		26,65	11,78		0,79	28,58	
3	Pscorte-3/connudo	80,00	7,50	178,00	3,98	2,55	1,43%		16,69	9,77		7,34	2,37	
4	Pscorte-4/connudo	85,00	7,00	180,00	3,65	2,45	1,20%		23,33	13,60		5,54	4,42	
5	Pscorte-5/connudo	85,00	6,00	187,00	2,98	1,98	1,00%		21,99	14,77		12,44	2,22	
6	Pscorte-6/connudo	98,00	7,00	198,00	3,62	2,90	0,72%		21,67	10,83		13,15	1,63	

7	Pscorte- 7/connudo	84,00	7,00	180,0 0	3,84	2,66	1,18%		20,38	12,04		14,90	1,45	
---	-----------------------	-------	------	------------	------	------	-------	--	-------	-------	--	-------	------	--

Superior/corte sin nudo														
No	Código	Diámetro exter.(mm)	Espesor (mm)	Altura (mm)	PESO HÚMED O (gr)	PESO SECO (gr)	% DE HUMED AD	PROMEDIO	FUERZA (KN)	RESISTE NCIA (Mpa)	PROMEDIO	DESPLAZA MIENTO (mm)	MODULO DE ELASTICIDA D (Mpa)	PROMEDIO
1	Pscorte- 1/sinnudo	90,00	6,00	17.8	3,55	2,35	1,20%	0,98%	25,15	15,89	14,39	16,87	1,86	15,484
2	Pscorte- 2/sinnudo	84,00	6,00	20.1	4,51	3,11	1,40%		32,74	22,27		0,48	92,32	
3	Pscorte- 3/sinnudo	86,00	7,50	17.8	4,12	3,05	1,07%		17,36	9,38		12,63	1,34	
4	Pscorte- 4/sinnudo	85,00	7,00	17.8	3,95	2,97	0,98%		20,85	12,15		17,56	1,23	
5	Pscorte- 5/sinnudo	85,00	6,00	18.3	3,85	3,04	0,81%		12,51	8,40		11,21	1,48	
6	Pscorte- 6/sinnudo	88,00	6,00	19.85	3,80	3,10	0,70%		24,04	15,56		3,69	8,38	
7	Pscorte- 7/sinnudo	82,00	7,00	18.4	3,65	2,96	0,69%		28,22	17,11		19,02	1,79	