

RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR Y DETERMINACION DEL  
MODULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL DE LA *Guadua angustifolia* Kunth  
DEL MUNICIPIO DE PITALITO

GUISSELA ALEXANDRA LOPEZ RODRIGUEZ

JHON LEANDRO SALCEDO ROJAS

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA-HUILA

2016

RESISTENCIA A COMPRESIÓN PERPENDICULAR Y DETERMINACION DEL  
MODULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL DE LA *Guadua angustifolia* Kunth  
DEL MUNICIPIO DE PITALITO

GUISSELA ALEXANDRA LOPEZ RODRIGUEZ  
JHON LEANDRO SALCEDO ROJAS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero agrícola

Directores:

M.Sc MAURICIO DUARTE TORO  
M.Sc. CAORI PATRICIA TAKEUCHI TAM

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA-HUILA

2016

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Jurado**

---

**Jurado**

---

**Director**

---

**Director**

**Neiva, Junio de 2016**

## DEDICATORIAS

*Dedico este proyecto a Dios y a mis padres Ricaurte López y Alba Lucia Rodríguez, mis hermanos Edward Iván López, Hugo Andrey López y Jeimy Jimenez, a mi gran amor Sebastian Corral y todas aquellas personas que con sus bendiciones, consejos, colaboración, amor y comprensión en todo momento, fueron mi motor para salir adelante.*

*Guissela Alexandra López Rodríguez*

*Dedico este proyecto a Dios y a mis padres Berta Rojas Barrea y Lin John salcedo Gonzales por haberme colaborado en todo momento en mis necesidades como estudiante, también al esposo de mi mama José Félix Rosero quien también siempre me brindó su apoyo siendo en muchas ocasiones como un segundo padre. Agradezco a mis hermanos y familiares por su cariño, amor y comprensión, gracias por todo. Este trabajo es el fruto de muchos esfuerzos conjuntos.*

*John Leandro Salcedo Rojas*

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Dios nuestro padre, quien fue nuestro guía en todo el proyecto, por sus bendiciones y fortaleza espiritual.

Sus familias por el apoyo emocional y económico que brindaron incondicionalmente.

Los directores del proyecto Caori Patricia Takeuchi T, Mauricio Duarte Toro y al ingeniero Wilson J. Erazo quienes por su orientación, conocimientos, compromiso y comprensión, logramos sacar adelante este proyecto.

Juan Manuel Lizarazo Marriaga director del Instituto de Extensión e Investigación (I.E.I) de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, y a los laboratoristas Jorge Olarte, José Darío Moreno, por su colaboración durante los ensayos.

Los directores de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) en las sedes Neiva y Pitalito, Rey Ariel Borbón y Edisney Silva respectivamente, y a Cesar Penagos.

A los trabajadores de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana quienes nos brindaron su ayuda.

Los amigos y compañeros de estudio, Maria C. Campos, Gloria M. Rojas, Hernan J. Castillo, por todas las experiencias vividas y el apoyo brindado durante el desarrollo de la carrera Universitaria.

## CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN

1. OBJETIVOS.....	21
1.1 Objetivo general.....	21
1.2 Objetivos específicos .....	21
2. ANTECEDENTES.....	22
3. MARCO TEORICO.....	26
3.1 GENERALIDADES DE LA GUADUA.....	26
3.2 LA <i>Guadua angustifolia</i> .....	28
3.3 LA GUADUA COMO MATERIAL PARA LA CONSTRUCCION.....	29
3.4 COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA.....	29
3.5 CONTENIDO DE HUMEDAD (CH).....	31
3.6 VALOR CARACTERISTICO .....	32
3.7 ESFUERZO ADMISIBLE .....	32
3.8 MÓDULO DE ELASTICIDAD .....	32
3.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS .....	33
3.9.1. Variables, Factores y Niveles .....	34
3.9.2. Unidad Experimental.....	34
3.10 DISEÑO FACTORIAL MULTINIVEL.....	34
3.11 ANALISIS DE VARIANZA.....	35
3.12 HIPOTESIS DEL MODELO.....	35
3.12.1 Normalidad de los residuos .....	35
3.12.2 Homocedasticidad .....	36
3.12.3 Independencia de los Residuos.....	36
4. METODOLOGIA .....	37
4.1 LOCALIZACION.....	37
4.2 METODOS .....	38

4.3	NORMAS Y PROTOCOLOS .....	39
4.4	SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO .....	39
4.5	PREPARACION Y CORTE DE CULMOS.....	39
4.6	OBTENCIÓN DE LAS PROBETAS .....	41
4.7	PREPARACION DE LA MÁQUINA.....	42
4.7.1	CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS .....	43
4.8	DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS .....	44
4.8.1	DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA Y MÓDULOS DE ELASTICIDAD.....	44
4.8.2	ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD .....	45
4.9	ANALISIS DE DATOS.....	46
4.9.1	ANALISIS DE VARIANZA MULTIFACTORIAL.....	46
4.9.2	FACTORES, NIVELES DE FACTOR Y VARIABLE DEPENDIENTE ....	46
4.10	ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS.....	47
5.	CALCULOS Y RESULTADOS.....	48
5.1	CARACTERIZACION FISICA DE LOS CULMOS .....	48
5.2	CARACTERIZACION FISICA DE LAS PROBETAS.....	48
5.3	RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA, CONTENIDO DE HUMEDAD Y MODULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL .....	49
5.4	VALORES CARACTERÍSTICOSY ESFUERZOS ADMISIBLES .....	51
6.	ANALISIS DE RESULTADOS .....	54
6.1	ANALISIS EXPLORATORIO.....	54
6.1.1	EXCLUSION DE DATOS ATIPICOS .....	54
6.2	ANALISIS DESCRIPTIVO .....	54
6.3	ANALISIS INFERENCIAL Y COMPARATIVO.....	58
6.4	ANALISIS DE VARIANZA MULTIFACTORIAL.....	58
6.4.1	ANOVA Multifactorial (Resistencia).....	58
6.4.2	Pruebas de múltiples rangos (Efectos principales).....	59
6.4.3	Efecto de las Interacciones .....	61
6.5	CONTRASTE DE HIPOTESIS.....	62
6.6	ANALISIS DESCRIPTIVO Y COMPARATIVO PARA EL MODULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL.....	64

6.7 ANALISIS COMPARATIVO PARA ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESION PERPENDICULAR.....	66
7. CONCLUSIONES .....	67
8. RECOMENDACIONES .....	69
9. BIBLIOGRAFIA.....	70
ANEXOS.....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS

F = Carga máxima a la cual falla la probeta.  
CH = Contenido de humedad.  
R2 = Coeficiente de correlación.  
s = Desviación estándar de los datos.  
 $\sigma_{ult}$  = Esfuerzo último a compresión perpendicular.  
 $\Phi$  prom = Diámetro promedio de la probeta.  
H prom = Longitud promedio de la probeta.  
e prom = espesor promedio de la probeta.  
R = Radio promedio de la probeta.  
A = Área promedio de la sección comprimida (Lxh)  
I = Inercia de la probeta.  
 $E_{\theta}$  = Módulo de Elasticidad circunferencial  
S = Pendiente de la curva carga contra deflexión.  
m = Valor promedio del esfuerzo último.  
COVc = Coeficiente de varianza de Esfuerzos  
Fc = Esfuerzo admisible  
Fcadm = Valor característico del esfuerzo admisible a compresión (MPa)  
FDC = Factor de duración de carga  
FC = Factor de reducción para esfuerzos admisibles  
Fs = Factor de seguridad  
m = Masa de la probeta antes del secado  
mo = Masa de la probeta después del secado  
n = Número de ensayos  
fkc = Valor característico  
f0.05i = Valor correspondiente al percentil 5 de los datos  
Fcm = Esfuerzo admisible modificado por humedad  
Cm = Factor de corrección estipulado por la Norma Sismo Resistente para Esfuerzos Admisibles calculado en probetas con un contenido de humedad mayor o igual al 19%.  
M.E.C. = Módulo de Elasticidad Circunferencial

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación Taxonómica de la Guadua.....	26
Tabla 2. Diferencias entre madera y bambú.....	27
Tabla 3. Localización de las zonas Pitalito.....	39
Tabla 4. Factores y niveles de factor cuyos efectos sobre la resistencia a la compresión fueron evaluados. ....	46
Tabla 5. Clasificación de los datos según el factor y sus niveles correspondientes. ....	47
Tabla 6. Dimensiones promedios de las probetas extraídas de la parte inferior de culmos procedentes de la zona A. ....	48
Tabla 7. Esfuerzo último a Compresión Perpendicular, Contenido de Humedad y Módulo de Elasticidad circunferencial en las probetas de la sección Inferior en culmos de la zona A. ....	50
Tabla 8. Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles para las 4 zonas, probetas Grupo SA (%CH=98,86). ....	52
Tabla 9. Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles para las 4 zonas, probetas Grupo SB (%CH=113,51). ....	53
Tabla 10. Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles para las zonas A, B, C y D, probetas Grupo SA (%CH=98,86). ....	53
Tabla 11. Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles para las zonas A, B, C y D, probetas Grupo SB (%CH=113,51).....	53
Tabla 12. Análisis descriptivo para diámetro de las cuatro zonas.....	55
Tabla 13. Análisis descriptivo para espesor de pared de las cuatro zonas .....	55
Tabla 14. Análisis descriptivo de Contenido de Humedad para las probetas Grupo SA .....	56
Tabla 15. Análisis descriptivo de Contenido de Humedad para las probetas Grupo SB .....	56
Tabla 16. Análisis de varianza multifactorial para resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de la guadua.....	58
Tabla 17. Prueba de múltiples rangos para resistencia a la Compresión Perpendicular por Zona .....	59
Tabla 18. Prueba de múltiples rangos para resistencia a la Compresión por Sección.....	60
Tabla 19. Prueba de múltiples rangos para resistencia a la Compresión por Saturación.....	60
Tabla 20. Análisis descriptivo para el Módulo de Elasticidad por secciones de las Probetas del Grupo SA.....	64
Tabla 21. Análisis descriptivo para el Módulo de Elasticidad Circunferencial por secciones de las Probetas del Grupo SB.....	65
Tabla 22. Resultados de los valores mínimos y promedios del Módulo de Elasticidad Circunferencial de diferentes Autores.....	65
Tabla 23. Resultados obtenidos (siguiendo el reglamento colombiano sismo-resistente NSR-10) del Esfuerzo Admisible a Compresión Perpendicular a la fibra de Guadua para diferentes regiones de Colombia.....	66

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Genealogía de la <i>Guadua angustifolia</i> .....	28
Figura 2. Deformación de las probetas y los contornos de las tensiones circunferenciales que muestran valores máximos en la superficie interior en el eje de la carga aplicada (Punto A) .....	30
Figura 3. Esfuerzo de Compresión Perpendicular en la zona de apoyo de la viga.....	30
Figura 4. Esfuerzo de Compresión Perpendicular en pórticos hechos de guadua.....	31
Figura 5. Curva esfuerzo ( $\sigma$ )-Deformación ( $\delta$ ).....	33
Figura 6. Ubicación geográfica de los sitios de estudio. ....	37
Figura 7. Medición de cepa, basa y sobre-basa .....	40
Figura 8. Medición de diámetro, espesor y longitud de las 3 secciones longitudinales. ....	41
Figura 9. Probetas sumergidas en agua .....	42
Figura 10. AGX 300 KN SHIMADZU .....	43
Figura 11. Control Smart .....	43
Figura 12. Kit de placa de compresión .....	43
Figura 13. Probetas Grupo SA.....	44
Figura 14. Equipo de carga a Compresión Perpendicular a la fibra y módulo de elasticidad en el laboratorio del I.E.I. ....	44
Figura 15. Peso de las láminas para determinar el Contenido de Humedad .....	45
Figura 16. Equipo para el proceso de secado de las láminas de guadua en el laboratorio de materiales y cementos del I.E.I.....	45
Figura 17. Peso de las láminas después de 48 horas de secado en el horno.....	46

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>pág.</b>
Gráfica 1. Resistencia última Ensayo a Compresión Perpendicular vs Contenido de Humedad, Probetas Grupo SA. ....	57
Gráfica 2. Resistencia última ensayo a Compresión Perpendicular vs Contenido de Humedad, Probetas Grupo SB. ....	57
Gráfica 3. Efecto sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de la interacción entre los factores zona y sección.....	61
Gráfica 4. Efecto sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de la interacción entre los factores zona y estado de saturación .....	62
Gráfica 5. Efecto sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de la interacción entre los factores sección y estado de saturación.....	62
Gráfica 6. Probabilidad Normal para residuos. ....	63
Gráfica 7. Residuos frente a predichos para resistencia a la compresión en MPa .....	63
Gráfica 8. Residuos frente a número de fila para resistencia a la compresión en Mpa. ....	64

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
ANEXO 1. Caracterización física de culmos del Predio A. Longitud de entrenudos (cm) .	75
ANEXO 2. Caracterización física de culmos del Predio B. Longitud de entrenudos (cm)..	76
ANEXO 3. Caracterización física de culmos del Predio C. Longitud de entrenudos (cm)..	77
ANEXO 4. Caracterización física de culmos del Predio D. Longitud de entrenudos (cm) .	78
ANEXO 5. Caracterización de la <i>Guadua angustifolia</i> del Predio A. La Dalia .....	80
ANEXO 6. Caracterización de la <i>Guadua angustifolia</i> del Predio B. San Francisco .....	81
ANEXO 7. Caracterización de la <i>Guadua angustifolia</i> del Predio C. Zanjones.....	82
ANEXO 8. Caracterización de la <i>Guadua angustifolia</i> del Predio D. Yamboro .....	83
ANEXO 9. Caracterización física de probetas de <i>Guadua angustifolia</i> . .....	85
ANEXO 10. Resultados del Predio A. La Dalia .....	91
ANEXO 11. Resultados del Predio B. San Francisco .....	91
ANEXO 12. Resultados del Predio C. Zanjones .....	92
ANEXO 13. Resultados del Predio D. Yamboro .....	92
ANEXO 14. Datos Atípicos para probetas Grupo SA de la sección inferior .....	93
ANEXO 15. Datos Atípicos para probetas Grupo SA de la sección medio .....	93
ANEXO 16. Datos Atípicos para probetas Grupo SA de la sección superior.....	93
ANEXO 17. Datos Atípicos para probetas Grupo SB sección inferior.....	94
ANEXO 18. Datos Atípicos para probetas Grupo SB sección media .....	95
ANEXO 19. Datos Atípicos para probetas Grupo SB sección superior.....	96

## GLOSARIO

Los siguientes términos y definiciones fueron tomados de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes del 2010 (NSR-10) en el título G “Estructuras de madera y estructuras de guadua”; y las Normas Técnicas Colombianas NTC 5300, NTC5301 y NTC 5525 y la Norma Unificada para el Manejo y Aprovechamiento de la guadua.

**Anisotropía:** Propiedad de ciertos materiales que como la madera, presentan características diferentes según la dirección que se considere.

**Basa:** Segundo segmento del culmo de guadua, a continuación de la cepa, con longitud entre 4 y 6m.

**Capacidad (de un elemento o componente estructural)**<sup>1</sup>: Es la máxima fuerza axial, fuerza cortante o momento flector que es capaz de resistir un elemento o componente estructural.

**Cepa:** Primer segmento basal del culmo de guadua con longitudes que fluctúan entre 3 a 4m; es la parte de la guadua que presenta el mayor diámetro y el mayor espesor de pared.

**Coefficiente de modificación:** Son los coeficientes por los cuales se afecta a los esfuerzos admisibles y a los módulos admisibles de elasticidad, para tener en cuenta las condiciones de uso particular de un elemento o componente estructural y así obtener los valores modificados que pueden ser usados en el diseño estructural.

**Condición de uso:** Se refiere a la condición de exposición al medio ambiente, a la forma de uso y al tipo de cargas que solicitarán al elemento durante su etapa de servicio.

**Culmo:** Eje aéreo segmentado de los bambúes, formado por nudos y entrenudos, que emerge del rizoma. Equivalente al tallo de un árbol.

**Entrenudo:** Porción del culmo comprendida entre dos nudos; conocida también como canuto o cañuto. Su longitud varía a lo largo del culmo.

**Esfuerzos admisibles:** Son los esfuerzos de diseño de compresión paralela y perpendicular, corte paralelo, flexión, tracción paralela y perpendicular, de los elementos estructurales de la Guadua.

**Esfuerzos admisibles modificados para diseño:** Es el esfuerzo resultante de multiplicar el esfuerzo admisible de referencia por los coeficientes de modificación aplicables. Es el esfuerzo que debe ser usado para realizar el diseño estructural y para revisar los diseños de aceptación.

**Fibra:** Célula alargada con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas.

**Culmos:** Presenta color verde-blanquecino, con presencia abundante de manchas de líquenes y musgos en los entrenudos y sobre los nudos, sin que haya pubescencia sobre el culmo ni presencia de hojas caulinares en la base.

**Probeta:** Segmento o pieza de guadua con medidas específicas que se usa para ensayos o pruebas de laboratorio.

**Rodal:** Conjunto de culmos que pueblan un terreno diferenciándolo de los colindantes.

**Secado:** Proceso natural o mecánico mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la guadua.

**Sección transversal:** Sección que resulta de cortar una guadua en sentido perpendicular a las fibras.

**Sobrebasa:** Tercer segmento del culmo de guadua, localizado a continuación de la basa con longitudes hasta de 4m.

**Socola:** Labor silvicultural que consiste en la eliminación de vegetación herbácea, bejucos, lianas, enredaderas y otros brinzales con el fin de facilitar la circulación dentro del rodal.

**Solicitud:** Fuerza interna (axial, cortante, momento flector o tracción) que actúa en una sección determinada de un elemento o componente estructural. También se entenderá, como los esfuerzos asociados a cada una de las fuerzas internas que actúen en una sección determinada de un elemento o componente estructural y que se calculan a partir de la teoría de elasticidad.

**Viga:** Elemento principal, cuyo trabajo es principalmente a flexión.

## RESUMEN

Se evaluó el comportamiento de la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de probetas de guadua a través de un análisis de varianza multifactorial (ANOVA). Las muestras objeto de estudios eran procedentes de cuatro zonas ubicadas en el municipio de Pitalito al sur del departamento del Huila. Estas se ensayaron en el Instituto de Extensión e Investigación (IEI) de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Las 112 probetas ensayadas a compresión perpendicular a la fibra obtuvieron un contenido de humedad promedio en las probetas del Grupo SA de 98,86% y en las probetas del Grupo SB de 113,51% con desviaciones estándar de 14,98% y 27,21 % respectivamente. El análisis de varianza multifactorial de la *Guadua angustifolia* en relación a 3 factores (Área, Sección guadua, Saturación) a través de un diseño experimental, permitió identificar que los 3 factores y sus interacciones de primer y segundo orden no tienen efectos significativos sobre la resistencia a compresión perpendicular con un valor-p mayor a 0,05.

También se halló el esfuerzo admisible a Compresión Perpendicular según el procedimiento descrito en la norma sismo resistente colombiana (NSR-10) encontrándose que para las probetas del Grupo SA este esfuerzo es de mayor magnitud al descrito en la norma. Por último se hallaron los Módulos de Elasticidad Circunferencial según el procedimiento descrito por L.A. Torres.

**Palabras clave:** *Guadua Angustifolia*; Compresión Perpendicular a la fibra; Diseño Experimental; Esfuerzo Admisible.

## ABSTRACT

The behavior of compressive strength perpendicular to the fiber of bamboo specimen was evaluated through a multifactorial analysis of variance (ANOVA). The samples of the study were taken from four zones located in the municipality of Pitalito in the south of Huila department. These samples were tested in the Instituto de Extensión e Investigación (IEI) of the Universidad Nacional de Colombia in Bogotá. The 112 specimens tested under in Compression Perpendicular to the fiber solicitation had an average moisture content in rings group SA of 98.86% and 113.51% in rings group SB with standard deviations of 14.98% and 27.21% respectively. Multivariate variance analysis of *Guadua angustifolia* in relation to 3 factors (Area, Section, Saturation condition), through an experimental design, allowed identifying that the 3 factors and their interactions of first and second order have no significant effect on the compressive strength perpendicular with a p-value greater than 0.05.

The allowable compressive stress perpendicular was also found according to the procedure described in Colombian earthquake resistant standard (NSR-10) finding that the rings group SA this effort is of greater magnitude to that described in the standard. Finally Circumferential Elasticity Modules were found according to the method described by L.A. Torres.

**Keywords:** *Guadua angustifolia*; Compression Perpendicular to the fiber; Experimental design; llowable stress.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente a pesar del avance en investigación sobre la guadua en el municipio de Pitalito-Huila, esta información sigue siendo muy poca en comparación de otras regiones del país como el eje cafetero. Esto evidencia desconocimiento de las características y potencialidades del bambú-gadua en este departamento, situación que no debe presentarse, considerando que el sur del Huila cuenta con grandes extensiones de bosques y presenta características óptimas desde el punto de vista agroforestal para el crecimiento y desarrollo adecuado de esta planta.

La carencia de iniciativas ante las oportunidades existentes, es un factor que se debe tener en cuenta al momento de impulsar la importancia que le correspondería a la guadua en el sur del Huila. Al desconocer el valor comercial e industrial y además su beneficio ambiental y social, la comunidad desperdicia este recurso y atenta contra él en algunas ocasiones, dando lugar a la pérdida de cobertura forestal, con consecuencia a corto, mediano y largo plazo, relacionadas con la degradación de los suelos y el daño a los ecosistemas. También cabe resaltar el papel fundamental que ha jugado la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM que en los últimos años y en contravía de sus objetivos principales de reforestación y preservación ha impuesto junto con el Gobierno Nacional una serie de leyes reglamentadas a conveniencia según facultades del Artículo 62, Decreto 1791-1996, que lo único que han generado en el campesino es un temor para cultivar la guadua. Además que para la utilización y transporte de este material constructivo, se requiere de una serie de pagos y salvoconductos que hacen que la comercialización de la guadua sea costosa no por sus características si no por sus trámites; esta situación es percibida por el campesino como un obstáculo ya que termina ganando muy poco dinero cultivando y produciendo guadua a precios no competitivos frente a los precios de otros materiales constructivos.

Atendiendo las consideraciones previas, el interrogante principal en torno a la temática de las construcciones que motiva a la presente iniciativa de investigación y a sus predecesoras, es el siguiente: ¿Es posible aprovechar la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito para la construcción de estructuras sismo-resistentes, de acuerdo con los requerimientos para el diseño estructural establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)? En vista de que ya se ha determinado que el esfuerzo admisible a compresión paralela es superior al establecido por la Norma (Capera y Erazo, 2012), y que el esfuerzo a tensión por el contrario es inferior (Alarcón y Olarte, 2013), se espera resolver la pregunta ¿Es apta la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito ante las solicitaciones de esfuerzo a Compresión Perpendicular a la fibra? Conviene insistir, en que precisamente el desconocimiento de esta característica y otras que faltan por investigar son las que generan una incertidumbre en el conocimiento.

Se pretendió con este estudio determinar el Contenido de Humedad y las propiedades físicas, en conjunto con la resistencia a Compresión Perpendicular y Módulos de Elasticidad

Circunferencial. Propiedades mecánicas analizadas con el propósito de asegurar la calidad de la guadua en su implementación de apoyos de vigas y demás estructuras sometidas a Compresión Perpendicular. Esto dará mayor confianza y validez a la guadua en su comercialización como material de construcción.

## JUSTIFICACIÓN

La guadua considerada por arquitectos y constructores como el “Acero Vegetal” es uno de los materiales más empleados en Colombia. Es un material de gran uso por su versatilidad, disponibilidad y excelentes propiedades físicas y mecánicas. Además juega un papel fundamental como cultivo agroforestal en los ecosistemas como protectores y reguladores de los regímenes hídricos de cuencas y microcuencas, aportando biodiversidad. A pesar de la importancia de este elemento natural, son pocas las investigaciones que se han adelantado a nivel nacional y se destacan algunas investigaciones realizadas por diferentes entidades investigativas y universidades procedentes de los departamentos de Quindío, Risaralda, Caldas, Cundinamarca y Valle del Cauca que han contribuido para la elaboración del capítulo G.12 para estructuras de guadua de las Normas Sismo Resistentes de 2010.

En el departamento del Huila predomina su uso en el sur occidente área de influencia del macizo colombiano, especialmente en el municipio de Pitalito, debido a que en esta zona se presentan condiciones climáticas y edáficas muy favorables para su desarrollo vegetativo, de ahí la importancia de realizar estudios correspondientes para la validación de este elemento natural como material apto para la construcción según lo establecido la Norma. Se pretende con este proyecto determinar la resistencia a la Compresión Perpendicular y el Módulo de Elasticidad Circunferencial en muestras de *Guadua angustifolia*.

Comparando los valores de esfuerzos admisibles a compresión y tracción paralela a la fibra con los obtenidos por Capera y Erazo (2012) (15.83Mpa), y Alarcón y Olarte (2013) (16,56Mpa) respectivamente, sobre guadua del municipio de Pitalito departamento del Huila, se observan diferencias seguramente ocasionadas por el cambio en la ubicación geográfica, las condiciones de clima, suelo y relieve, según lo manifestado por García (2004). Para corroborar esta idea y continuar con la caracterización de la guadua del municipio de Pitalito, se propone determinar los esfuerzos máximos y admisibles a Compresión Perpendicular a la fibra, para compararlos luego con la norma.

También es importante fortalecer el estudio científico en el Municipio de Pitalito, debido a la falta de iniciativas en proyectos de investigación. la información insuficiente sobre las características de este material en la zona, la escasa divulgación de los beneficios de la guadua y los efectos de la deforestación, y el bajo costo de la madera son algunas de las falencias que se pretenden aminorar con el presente proyecto.

Conociendo las características y beneficios de la guadua, el bajo costo posiblemente deje de ser un problema a largo plazo. El costo actual no es más que el reflejo de la subvaloración que se le ha dado a la guadua y es una de las razones por las que se sigue ampliando la frontera agrícola en Pitalito. Conociendo el comportamiento a Compresión Perpendicular, sumados a la información generada previamente en cuanto a comportamientos a compresión paralela y tracción, la población dejara de pensar en la guadua como un rastrojal más y comenzarán a visualizar las posibilidades económicas que les brinda.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo general

Determinar la resistencia a la Compresión Perpendicular y el Módulo de Elasticidad Circunferencial de la *Guadua angustifolia* Kunth del municipio de Pitalito-Huila.

### 1.2 Objetivos específicos

- Determinar la resistencia a la Compresión Perpendicular la fibra y el Módulo de Elasticidad Circunferencial de probetas de *Guadua angustifolia* con diferente grado de saturación de la parte inferior, media y superior de culmos de diferentes procedencias en el municipio de Pitalito.
- Determinar el Contenido de Humedad de probetas de *Guadua angustifolia* de la parte inferior, media y superior de culmos de diferentes procedencias del municipio de Pitalito.
- Comparar los resultados obtenidos con estudios realizados en otras universidades y lo establecido en el reglamento Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes (NSR-10).
- Comparar los resultados de resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de probetas de *Guadua angustifolia* de diferentes procedencias, partes del culmo y saturación mediante análisis estadístico.

## 2. ANTECEDENTES

La guadua fue descubierta por los amerindios que vivían en América antes de la llegada de los españoles. A esta planta la llamaban “guaúda”, “guafa”, y era utilizada para la fabricación de viviendas, puentes, balsas, herramientas, etc. En el año de 1806, fue descrita por Alexander von Humboldt y Amadeo Bonpland quienes vieron esta planta en Colombia y la llamaron *Bambusa guadua*. Sin embargo, años más tarde, en 1822, el botánico alemán Karl Sigismund Kunth después de un detallado estudio, encontró que este bambú americano era único y diferente y creó el género *Guadua* y la especie *Angustifolia* Kunth (Moran Ubidia, Jorge A. 2002).

Para la idiosincrasia antioqueña, la *Guadua* ocupó un papel importante en su colonización con una técnica constructiva indígena llamada bahareque y que al presente integra columnas y vigas de este material, con marcos de madera y entramados en *Guadua* recubiertos con esterilla, malla y mortero y que hoy se le conoce como Bahareque encementado (Prieto A, Raúl. 2004), la seguridad de este sistema estructural hizo que en el año 1998 se aprobara el uso de la *Guadua angustifolia* Kunth como material estructural en Bahareque encementado en el capítulo E-7 de la Norma Colombiana de Construcción Sismoresistente NSR-98, el cual contempla el uso de la *guadua* como parte esencial para la conformación de muros de bahareque encementado pero no establece parámetros de diseño de estructuras usando *guadua* rolliza como material estructural; en el año 2004 la norma ISO 22156 (ISO, 2004) estableció una metodología para el diseño de estructuras en bambú por esfuerzos admisibles, sin embargo, no especifica valores admisibles; en el año 2006 el ICONTEC publica la Norma Técnica Colombiana NTC5407 (ICONTEC, 2006) en la cual se hace una descripción cualitativa de las diferentes uniones que pueden ser usadas para la conformación de estructuras en *guadua*. Solo hasta el año de 2010 la *guadua* fue reconocida como material estructural en Colombia, siendo incluida en el nuevo Reglamento de Diseño Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo G.12, estableciendo los requisitos de diseño estructural para edificaciones que usan *Guadua angustifolia* Kunth como material principal limitando su uso a estructuras de vivienda, comercio, industria y educación con altura máxima de dos pisos (AIS, 2010) partiendo de este reglamento y las Normas Técnicas Colombianas como soporte metodológico y técnico, diferentes investigadores del país se han tomado la tarea de encontrar información de las características físicas y mecánicas con el fin de actualizar el reglamento y mejorar la confiabilidad de la construcción en *guadua*.

La *Guadua* es conocida por su anisotropía distinguiendo dos direcciones principales: paralela y perpendicular a la fibra, respectivamente (Osorio S.,JA, 2009). En este orden de ideas son aceptadas por la NSR-10, las siguientes especificaciones estructurales de la *Guadua* además del módulo de elasticidad: la resistencia a la compresión paralela y perpendicular a la fibra, la resistencia a la tensión paralela a la fibra, la resistencia a la flexión perpendicular a la fibra, y la resistencia al corte (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

El diámetro del tallo en la *Guadua angustifolia*, en general disminuye desde la base que sobresale del suelo hacia arriba (en el sentido de crecimiento). El diámetro externo varía entre 114 mm para cepa y 54mm para sobrebasa. Se presenta la misma característica para el espesor; el grosor de la pared se reduce en dirección al crecimiento. El espesor varía entre 170 mm para cepa y 98 mm para sobrebasa, (Ver numeral 1.2 Estructura de la guadua).

Para el estudio de las propiedades físico-mecánicas y el comportamiento de la *Guadua angustifolia* se han realizado diferentes investigaciones. Hidalgo (1978) desarrolló en el centro de investigación del bambú, CIBAM, de la Universidad Nacional de Colombia, el estudio “Nuevas técnicas de construcción en guadua. Martin y Mateuos (1981), presentaron valores para la resistencia de la guadua sometida a compresión paralela a la fibra de esfuerzos de rotura mínimo y máximos de 26,46 MPa y 53,9 MPa respectivamente. Cheatle y López (2002) basados en la norma del INBAR, fallaron elementos a compresión axial, encontrando un valor del esfuerzo último de 28 MPa y recomendaron utilizar valores de esfuerzos admisibles para diseño de 14 MPa. James y Torres (1984) en su trabajo de grado “Vivienda típica prefabricada en concreto reforzado con bambú” realizaron estudios para determinar las propiedades de la guadua.

López, L. y Trujillo (2002), presentaron una conferencia sobre el diseño de uniones y elementos en estructuras de esta clase, donde se presentaron valores para las propiedades físico-mecánicas de la guadua, obtenidas en el estudio del AIS FOREC. Martínez Cáceres (1992) presentó en el Congreso Mundial del Bambú y la guadua, una ponencia sobre los valores de la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, donde encontró valores de esfuerzos últimos en *Guadua* biotipo Macana de apenas 23 kg/cm<sup>2</sup>.

En las investigaciones sobre el comportamiento de los elementos solicitados a compresión, considerando el aplastamiento y el pandeo como criterio de estudio, se establecieron valores de referencia para la resistencia a estas solicitaciones, por ejemplo Uribe y Durán (2002) y Parada y Zambrano (2003). Jaramillo y Sanclemente (2003), estudiaron el efecto de la inclinación de los elementos estructurales que convergen a una conexión de armadura, identificando mecanismos de falla para cada conexión (Lamus B. Fabian. 2008).

Dentro de las investigaciones realizadas se encuentra la “Resistencia a tracción perpendicular a la fibra de la *Guadua angustifolia*” de Alejandra Pacheco en el 2006 de la Universidad Nacional de Colombia. Dicha investigación utilizó material proveniente de Armenia (Quindío), Sylvania (Cundinamarca) y Venadillo (Tolima) en el cual se obtuvo esfuerzos admisibles promedio de 0.968 MPa, 1.008 MPa y 1.074 MPa respectivamente. También se encuentra los ensayos realizados para determinar los valores característicos de resistencia para la *Guadua angustifolia* encontrados en la Universidad Nacional de Colombia para diferentes solicitaciones: flexión, compresión, corte y tensión paralela a la fibra, torsión y compresión perpendicular a la fibra con material proveniente de tres departamentos de Colombia: Quindío, Cundinamarca y Valle del Cauca.

En el departamento de Nariño se han adelantado por parte de los estudiantes de la Universidad de Nariño investigaciones para determinar las propiedades físico- mecánicas de

la guadua, proveniente de los municipios de Buesaco y Chachagüi, municipios ubicados al norte del departamento (Ayala E. Fernando, Cadena A. Jorge. 2011)

Debido a que la mayoría de investigaciones se han realizado en otras partes, se inició una investigación para determinar las características físicas y químicas que presenta la *Guadua angustifolia* Kunth en el Huila

Sobre el comportamiento de la guadua ante sollicitaciones de Compresión Perpendicular, según Ardila 2013 el esfuerzo admisible a Compresión Perpendicular a la fibra en el departamento del Tolima es de 1, 07 MPa, y en estudios realizados en 2010 Proyecto MADRC en el Valle del Cauca de 0,6 MPa, Cundinamarca de 0,61 MPa y Quindío de 1,38 MPa. También según Gonzales Luis, Giraldo Camilo y Torres Janeth en estudios realizados con guadua de Palmira, se obtuvo una resistencia a la Compresión Perpendicular de 0,27 MPa. En cuanto a los esfuerzos admisibles a compresión perpendicular se puede observar claramente la manera como estos cambian dependiendo de la región, de ahí que sea necesario hacer este ensayo en el municipio de Pitalito-Huila, para determinar este esfuerzo debido a que no hay estudio alguno sobre este ensayo en esta región.

Con respecto a regiones del país en Palmira se realizó una evaluación de la resistencia última a la compresión paralela y perpendicular a la fibra, en canutos de *Guadua angustifolia* kunth rellenos con diferentes morteros; para tal fin se elaboraron tres morteros diferentes: Cemento-Arena (tomado como mortero patrón y denominado Mezcla 1), Cemento-Ceniza de bagazo de Caña-Arena (denominado Mezcla 2), y Cemento-Polvo de ladrillo de arcilla cocida (denominado Mezcla 3). Los canutos de guadua fueron obtenidos de culmos cortados y secados hasta obtener un contenido de humedad anhidro y por almacenamiento a ambiente protegido a la humedad a estado seco, como es estipulado en la NSR-10 hasta del 12% (Gonzales Luis, Giraldo Camilo, Torres Janneth, 2014) . En este estudio se obtuvieron los resultados promedios a compresión paralela y perpendicular de 54,38 y 0,27 MPa respectivamente. También los resultados mostraron que para todos los casos de compresión perpendicular a la fibra los morteros usados como rellenos hacen una contribución importante de resistencia en el canuto, entre 9800% y 15600%. Finalmente se concluye que el segundo mortero empleado otorga mayores resistencias a la compresión en ambas direcciones, con respecto al mortero patrón y al tercer mortero

También se determinó la resistencia de la guadua a Compresión Perpendicular en el departamento del Tolima en la investigación “Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento del Tolima, Colombia” realizada por Ardila Cesar en el 2013, donde se obtuvieron valores promedios de resistencia para la guadua a Compresión Perpendicular de 4.80, 4.08 y 4.57 MPa para las secciones Inferior, Media y Superior a un %CH promedio de 83,6.

En el proyecto “Validación de la *guadua angustifolia* como material estructural para diseño, por el método de esfuerzos admisible” Universidad Nacional sede Bogotá, se realizó el ensayo a Compresión Perpendicular a la fibra y determinación del Módulo de Elasticidad circunferencial. Este ensayo comprendió tres zonas a investigar A: Departamento del Quindío, B: Departamento de Cundinamarca, C: Departamento del valle del Cauca. En este

proyecto el valor característico a Compresión Perpendicular varía a lo largo de la longitud de la guadua, pero no presenta el mismo comportamiento en las tres zonas (Lozano Jorge, 2010). El Contenido de Humedad para las probetas ensayadas en este proyecto fue de 81,47%.

En cuanto al Módulo de Elasticidad Circunferencial se obtuvo un valor promedio para las tres zonas de 564,06 MPa. Y este valor promedio varía a lo largo de la longitud de la guadua.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 GENERALIDADES DE LA GUADUA

La guadua constituye el género de bambú más importante de la América tropical (Londoño, 1998), es habitual de América con aproximadamente 30 especies distribuidas desde México hasta la Argentina y pueden encontrarse en un rango de latitud que va de 0 m.s.n.m. hasta los 2200 m.s.n.m. Es quizás la especie en el género con mayor potencial económico (Londoño, 2000), por su rápido crecimiento, condiciones magníficas de sostenibilidad, gran versatilidad, liviandad, resistencia, flexibilidad, oquedad, fácil manejo y calidez visual.

A partir de estudios botánicos para determinar la clasificación de la guadua el Código Internacional de Nomenclatura Botánica establece 14 rangos taxonómicos (Camacho R. Victor y Paez R. Humberto. 2002) como se observa en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Clasificación Taxonómica de la Guadua

Rangos taxonómicos de la guadua	
1. REINO	- Vegetal
2. DIVISIÓN	- Espermatofitas
3. SUBDIVISIÓN	- Angiospermas
4. ORDEN	- Glumiflorales
5. CLASE	- Monocotiledónea
6. FAMILIA	- Poaceae-Graminea
7. SUBFAMILIA	- Bambusoideae
8. SUPERTRIBU	- Bambusodae
9. TRIBU	- Bumbuseae
10. SUBTRIBU	- Guadinae
11. GENERO	- Guadua
12. ESPECIE	- Angustifolia Kunt
13. FORMA	- Castilla, Cebolla, Macana, Cotuda y rayada
14. NOMBRE CIENTIFICO	- Guadua Angustifolia Kunt

Fuente: Camacho R. Victor y Paez R. Humberto. 2002

La *Guadua angustifolia* Kunth, corresponde a una de las 1200 especies de Bambú conocidas en el mundo; es nativa de América, cuyo habitat natural se extiende desde las zonas tropicales de México hasta el sur de Argentina, exceptuando Chile y las islas Caribe. En Colombia, la Guadua se ubica en las orillas de los ríos, en bosques húmedos y en plantaciones (rodales) (Ayala E. Fernando, Cadena A. Jorge. 2011).

En Colombia la guadua se encuentra distribuida a lo largo de la cordillera central y la zona céntrica del país, en los departamentos de Antioquia, Cauca, Caldas, Cundinamarca, Huila,

Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca (Martínez et al 2005), en donde se encuentran cuatro especies existentes:

- Angustifolia: Se encuentra distribuida en gran parte de la región central Andina
- Amplexifolia: Se localiza en los llanos orientales, parte norte de la Orinoquia y la costa Atlántica.
- Superba y weberbaueri: Ubicadas en la Amazonia y corredor chocoano del pacífico.

Las dos variedades de *Guadua angustifolia* más representativas en nuestro país son: *angustifolia-bicolor* y *angustifolia-angustifolia*, las cuales presentan formas o biotipos denominados vulgarmente como macana, cebolla, cotuda, rayada y castilla (Pantoja T. Nelson, 2005).

Su estructura es cilíndrica ahuecada, con fibras dispuestas de forma paralela a lo largo del tallo formando un tubo, lo que provee a este material de excelentes propiedades estructurales:

- Relación área/resistencia
- Alta capacidad para absorber energía y permitir mejor flexión
- Gran tamaño y alto contenido de fibra

Aunque se ha comparado con madera, técnicamente se trata de un material con otras características que definen las diferencias del bambú con la madera, expresadas en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Diferencias entre madera y bambú

Nº	Madera	Bambú
1	Árbol, no es autorreproducible, ej. Cedro, guayacán, caoba, teca, pino	Gramínea, es autorreproducible ej. Caña de azúcar, arroz, trigo, guadua
2	Tallo sólido no segmentado	Culmo cilíndrico y hueco en su gran mayoría
3	Tiene corteza	No tiene corteza
4	La parte más dura es la medula y el duramen y está en el centro visto en una sección transversal al tallo.	La parte más dura es la zona de la periferia o parte extrema.
5	El tallo crece en diámetro con la edad	El culmo no incrementa en diámetro con la edad. Nace con el diámetro establecido
6	Crece lentamente en altura y diámetro	Crece extremadamente rápido (20-30 m en 6 meses), más rápida en el mundo.
7	Crece como un individuo independiente y su aprovechamiento no afecta a la colectividad	Crece en forma asociada, formando una red de rizomas, en donde un individuo depende del otro y su aprovechamiento afecta al resto de la colectividad.
8	Cada día es más escasa y difícil de conseguir. Es un recurso maderable no renovable y no sostenible	Cada día hay más interés a nivel mundial por este recurso no maderable, renovable y sostenible

Fuente: LONDOÑO, Ximena. Botánica morfología-2008.

### 3.2 LA *Guadua angustifolia*

Es importante conocer la genealogía de la *Guadua angustifolia*, para comprender algunas características físicas y mecánicas de la misma (Pacheco Alejandra, 2006), la cual se observa en la figura 1:

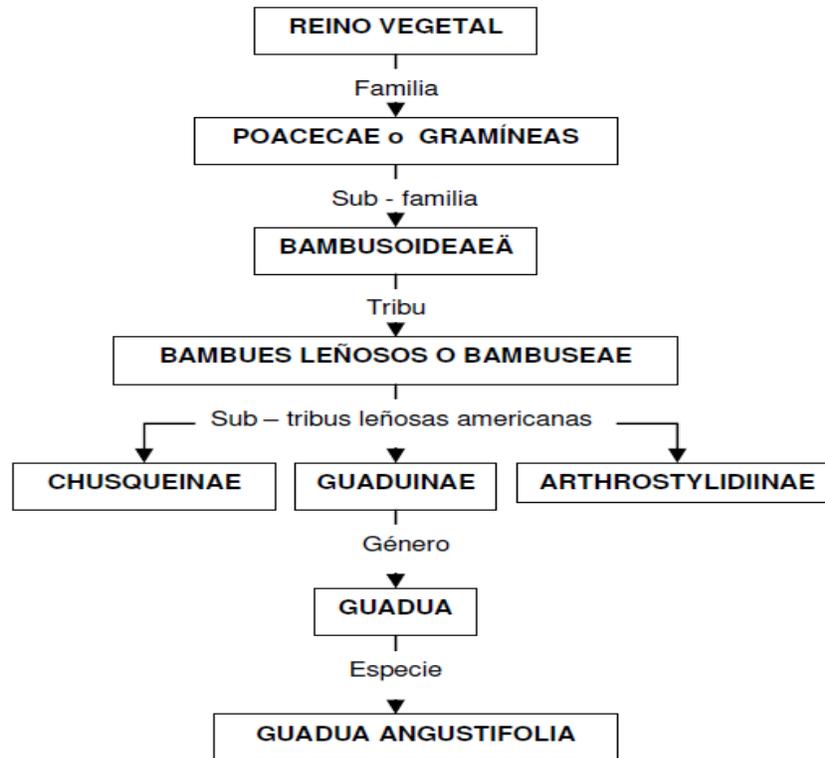


Figura 1. Genealogía de la *Guadua angustifolia*

La importancia ambiental de la guadua comienza con su sistema entretrejido de rizomas y raíces que actúan de manera eficiente como muros biológicos de contención, esto permite controlar la socavación lateral y previene la erosión de los suelos, además la especie actúa como una bomba de almacenamiento de agua, debido a que el sistema rizomático y culmo pueden almacenar grandes volúmenes de agua (Salas, 2006). Según Pacheco (2006), la guadua contribuye también a la conservación y mejoramiento de la calidad del aire por la cantidad de oxígeno que se produce dentro de un guadual, que es superior a cualquier sistema forestal sobre un mismo terreno.

La edad apropiada para el corte es entre los dos (2) y los seis (6) años, es la edad promedio de vida del culmo, de esta edad en adelante la planta pierde resistencia. Las rajaduras o aberturas que suceden cuando no se corta en el estado adecuado, o generadas por agujeros o astillas, constituyen otro punto importante a tener en cuenta (Salas 2006).

### 3.3 LA GUADUA COMO MATERIAL PARA LA CONSTRUCCION

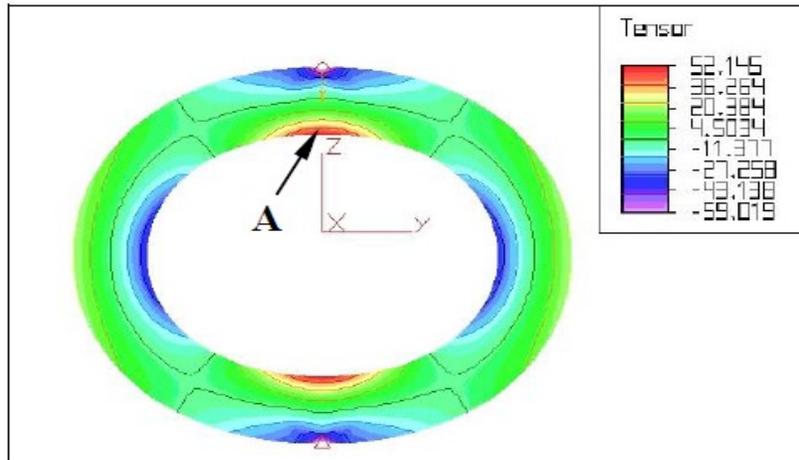
La guadua por su esbeltez (debido a que en su crecimiento es sometida a fuertes cargas de viento), los tabiques de entrenado producen rigidez y elasticidad, que evitan su ruptura al curvarse lo cual la hace un material ideal para construcciones sismorresistentes. Pero su crecimiento cónico constituye una desventaja, ya que se obtienen secciones de diámetros variables (Salas E. 2006). Es ideal para la construcción por su alto porcentaje de fibras, peso específico de 0.5 a 0.6 gr/cm<sup>3</sup> y excelentes propiedades como una alta resistencia en relación con su peso y una alta capacidad de absorción de energía y excelente flexibilidad (LONDOÑO et al, 2002). La guadua como material para la construcción ha sido empleado en: Edificios, estructuras, acabados, cerramientos, canales, escaleras, barandas etc. Es importante también decir el papel que jugó la guadua como material de construcción en el proceso poblacional del viejo Caldas, conocido como el periodo de la colonización antioqueña (Salas E. 2006), puesto que debido a su característica de alta resistencia en comparación con su bajo peso, la guadua fue un material idóneo para la construcción en los asentamientos humanos, los cuales establecieron geográficamente ciudades como : Medellín, Pereira, Manizales, Armenia y Cali que hoy constituyen un orgullo para Colombia.

El lamentable sismo registrado en 1999 (eje cafetero), fue la demostración y validación de este material que demostró que si se maneja adecuadamente es muy resistente a estos eventos. Es así como este material fue utilizado luego para la reconstrucción del eje cafetero. En la actualidad, la especie *Guadua angustifolia* Kunth, es considerada como una de las especies de bambú de mayor demanda y mejor aceptación en el sector productivo por su facilidad en la propagación, rápido crecimiento, tradición para trabajar sus productos y características benéficas para el medio ambiente (Martínez et al, 2005). Con el paso del tiempo, se ha comprobado la importancia de la guadua como alternativa para resolver las necesidades de vivienda. Sus propiedades antisísmicas han despertado admiración y han captado la atención de investigadores, como resultado, se evidencia hasta la fecha el establecimiento de normas y procedimientos -los cuales se encuentran en continua revisión-, y el progreso en la industria de los laminados; incluso se ha llegado a comprobar que los recursos energéticos necesarios para la construcción de una vivienda, son menores con guadua que con concreto (Villegas, 2005).

### 3.4 COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA

La anisotropía de bambú se caracteriza por altas propiedades mecánicas en la dirección axial (Compresión y tensión paralela a la fibra), que contiene un refuerzo de fibra, en comparación con las propiedades mecánicas bajas en las direcciones transversales (Compresión y tensión perpendicular), sin refuerzo de fibras (L.A. Torres, k. Ghavami y J. J. García, 2007).

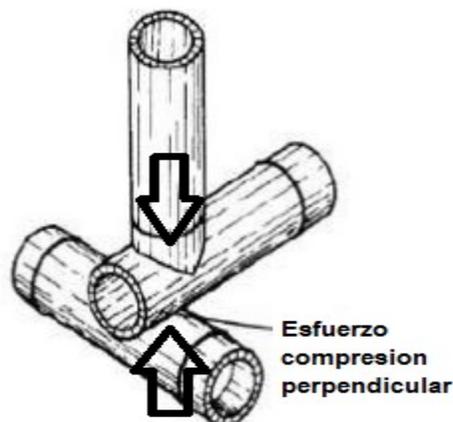
Un modelo de elementos finitos planteado por L.A. Torres, k. Ghavami y J. J. García realizado en el 2007 mostró que independientemente de las proporciones geométricas (Espesor y radio) de las probetas de la guadua en el ensayo a compresión perpendicular, estas tienen el esfuerzo de tensión máximo normal en la dirección circunferencial que se encuentra siempre en la superficie interior, justo debajo de la fuerza de compresión aplicada (punto A en la **Figura 2.** ), que es donde aparecen con frecuencia las fisuras iniciales en los ensayos.



**Figura 2.** Deformación de las probetas y los contornos de las tensiones circunferenciales que muestran valores máximos en la superficie interior en el eje de la carga aplicada (Punto A)

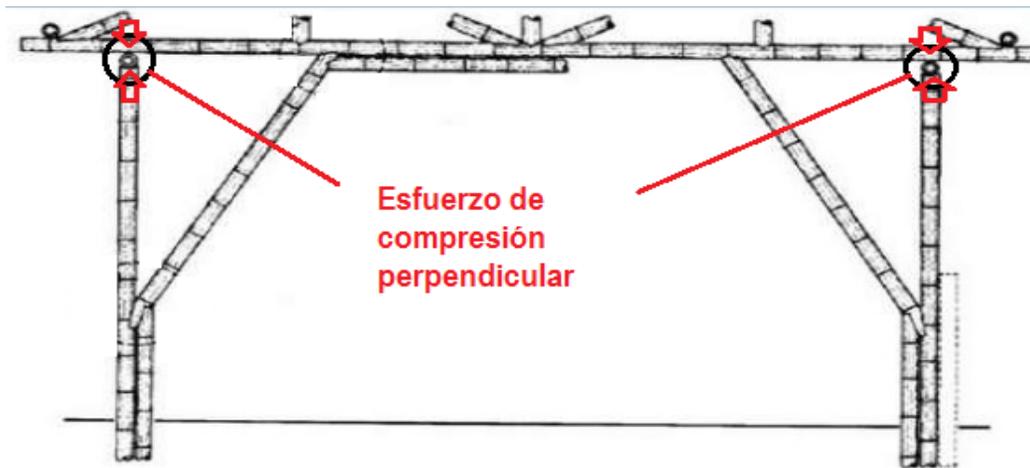
Fuente: L.A.Torres, K. Ghavami y J.J. García

Este tipo de esfuerzo es característico en las zonas de apoyo de las vigas, donde se concentra toda la carga en pequeñas superficies que deben ser capaces de transmitir la reacción sin sufrir deformaciones importantes o aplastamiento (**Figura 3**).



**Figura 3.** Esfuerzo de Compresión Perpendicular en la zona de apoyo de la viga

El esfuerzo de Compresión Perpendicular se debe tener en cuenta en la construcción de pórticos hechos en Guadua (Figura 4), debido a que un aplastamiento de la viga en la zona de apoyo puede traer dificultades para el sostenimiento de la estructura.



**Figura 4.** Esfuerzo de Compresión Perpendicular en pórticos hechos de guadua.

Con la introducción del Capítulo G.12 “Estructuras de guadua” en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se presentaron los esfuerzos admisibles para el diseño de elementos solicitados a flexión (15MPa), tracción (18MPa), compresión paralela (14MPa), compresión perpendicular (1.4MPa) y corte (1.2MPa).

### 3.5 CONTENIDO DE HUMEDAD (CH)

La guadua como cualquier otro material de origen orgánico presenta condiciones particulares dependiendo de su contenido de humedad, empezando por la diferencia de resistencia a las diferentes sollicitaciones mecánicas que puede llegar a experimentar a lo largo de su vida útil en una estructura. (Ardila P. Cesar, 2013)

La determinación del contenido de humedad (CH) de la *Guadua angustifolia* Kunth como material de construcción es fundamental antes de su utilización en cualquier proyecto, ya que de allí depende uno de los principales parámetros normativos para el diseño; se trata de los coeficientes de modificación por contenido de humedad que pueden afectar los esfuerzos admisibles y el módulo de elasticidad, dependiendo del tipo de sollicitación que se encuentra sometido un miembro. (AIS, 2010)

El contenido de humedad (CH) de cada probeta se calcula como la pérdida de masa, expresada como porcentaje de la masa seca en horno con una exactitud de 0.01 g, usando la siguiente ecuación:

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

En donde:

m: es la masa de la probeta antes del secado

m<sub>o</sub>: es la masa de la probeta después del secado

### **3.6 VALOR CARACTERISTICO**

El valor característico de resistencia es su valor de referencia a partir del cual se calcula el esfuerzo admisible. Se calcula mediante criterios estadísticos, considerando un valor correspondiente a una determinada probabilidad de no ser superado durante un período de referencia, que tiene en cuenta la vida útil de la estructura y la duración de la acción (Ministerio de fomento, 2012).

### **3.7 ESFUERZO ADMISIBLE**

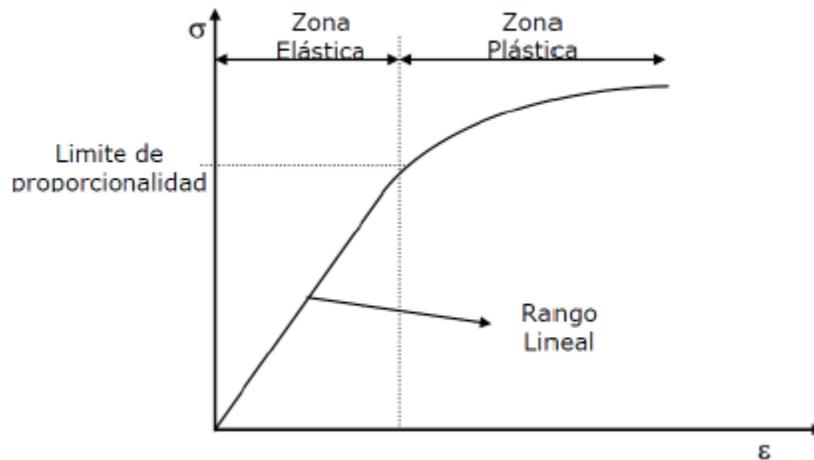
El esfuerzo admisible, es el máximo al que puede ser sometido el material, con un cierto grado de seguridad en la estructura o elemento que se considere. En un diseño real, el esfuerzo admisible  $\sigma_{adm}$  ha de ser inferior al límite de proporcionalidad, con objeto de que pueda aplicarse en todo momento la relación lineal entre esfuerzos y deformaciones que establece la ley de Hooke (Pytel y Singer, 1994).

### **3.8 MÓDULO DE ELASTICIDAD**

Es la propiedad de los cuerpos sólidos de deformarse bajo la acción de una fuerza y regresar a la forma original, cuando aquella deja de aplicarse. Este comportamiento se mantiene hasta cierto límite, por encima del cual la deformación total no es recuperable, es decir, se produce una deformación permanente en la muestra. Si continua aplicándose una carga creciente se llega a la falla de la muestra (Seely, F.B. 1954).

El esfuerzo ( $\sigma$ ) se expresa como la fuerza que se distribuye uniformemente sobre un área de sección transversal por unidad de área, siempre y cuando la fuerza axial (P) actúe en el centroide del área de la sección transversal. La deformación ( $\delta$ ), se produce cuando un cuerpo está sometido a una carga, como resultado se presentan cambios en su longitud. La deformación unitaria ( $\epsilon$ ) en un elemento solicitado a carga axial se calcula al dividir la deformación por la longitud inicial del sólido a evaluar.

Para la determinación del Módulo de Elasticidad, se establece la curva esfuerzo vs deformación unitaria (figura 5). Los puntos que reflejan proporcionalidad se ajustan a una línea recta por regresión lineal. En el rango lineal, el material debería recuperar sus dimensiones iniciales al retirar lentamente la carga. El Módulo de Elasticidad se determina a partir de la pendiente calculada.



**Figura 5.** Curva esfuerzo ( $\sigma$ )-Deformación ( $\delta$ ).

Fuente: Seely, F.B. 1954

### 3.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS

El diseño de experimentos es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso. El diseño de experimentos consiste en planear un conjunto de pruebas experimentales de tal manera que los datos generados puedan analizarse estadísticamente para obtener conclusiones válidas y objetivas acerca del sistema o proceso (Ramos R. 2008).

Los métodos estadísticos aplicados a experimentos son fundamentales para su interpretación y validación. En el diseño de experimento se plantea la secuencia completa que permitirá obtener además de información relevante y adecuada, conclusiones válidas y objetivas que den solución al problema de investigación. El investigador en un experimento diseñado realiza cambios deliberados o intencionados en las variables controlables del sistema o proceso, observa los resultados y luego interfiere o decide sobre las variables que son responsables de los cambios observados (Montgomery y Runger, 2003).

Para Mendoza y Bautista (2002), el diseño experimental debe tener algunas características como: simplicidad, grado de precisión, ausencia de error sistemático, rango de validez de las conclusiones y cálculo del grado de incertidumbre.

En términos de error experimental Kuehl (2001) destacó que se podría manejar mediante la aplicación de las acciones de control local que se refieren a continuación:

El investigador puede controlar

- 1) Técnica
- 2) Selección de unidades experimentales
- 3) Bloqueación o aseguramiento de la uniformidad de información en todos los tratamientos

- 4) Selección del diseño experimental
- 5) Medición de covariados

### **3.9.1. Variables, Factores y Niveles**

Es la característica que presentan las unidades o datos que componen una población y es lo que se desea estudiar, se representa en forma simbólica mediante símbolos o letras (Ríos V. Cecilia, 2012). Según los datos recopilados, las variables se clasifican en Cualitativas y Cuantitativas siendo la primera la representación de datos que indican cualidades atributos, características y propiedades. Por otro lado las variables cuantitativas representan datos numéricos, son medibles y con estas variables se pueden hacer operaciones aritméticas.

Factor es aquella variable de interés cuyo posible efecto sobre la respuesta se quiere estudiar; por otro lado, los niveles de un factor son los tipos o grados específicos del factor que se tiene en cuenta en la realización del experimento.

### **3.9.2. Unidad Experimental**

Es el material para evaluar la variable respuesta y al que se le aplican los distintos niveles de los factores de tratamiento para obtener una medición o dato representativo.

La hipótesis de investigación, según consideración de Kuehl (2001), es la que establece un conjunto de circunstancias y sus consecuencias, mientras que Montgomery y Runger (2003), señalan se trata de una declaración acerca de algún aspecto del sistema en el que estamos interesados. Kuehl (2001) define como *tratamientos* al “conjunto de circunstancias creadas para el experimento, en respuesta a la hipótesis de investigación y son el centro de la misma.

El tipo de muestreo más importante es según Díaz (2008) el muestreo aleatorio, en el que todos los elementos de una población finita tienen la misma oportunidad o probabilidad de ser extraídos; aunque esto depende del problema y los objetivos de la investigación.

## **3.10 DISEÑO FACTORIAL MULTINIVEL**

Los diseños que permiten experimentar con todas las combinaciones de variables y niveles son denominados diseños factoriales. Además, este tipo de diseños presenta diversas ventajas, ya que permiten ser utilizados secuencialmente, acercarse al óptimo y estimar interacciones, así como proporcionar estimaciones de los efectos de las variables con una varianza reducida, ya que se calculan con todas las observaciones y son relativamente sencillos de construir y analizar (Prat. 1998)

Según (Ticona, 2014) los mayores beneficios de los diseños factoriales multinivel completos se obtienen cuando se deben estudiar pocas variables. El motivo es que el número de experimentos crece exponencialmente con el número de factores y/o niveles.

### **3.11 ANALISIS DE VARIANZA**

Para localizar a las variables independientes importantes y determinar la forma como éstas influyen sobre la variable respuesta, existe un procedimiento conocido como análisis de varianza; el cual consiste en analizar la variación que hay en un conjunto de respuestas y asignar porciones de esta variación a cada conjunto de variables independientes. (Wackerly, D; Mendenhall III, W & Scheaffer, R; 2002).

Para Vicéns (2005), el análisis de varianza se contempla como un caso especial de la modelización econométrica, en el cual, el conjunto de variables explicativas son variables ficticias y la variable dependiente es de tipo continuo

De acuerdo con Boqué R y Maroto A (2004) la aplicación del ANOVA permite clasificarlo de dos formas, según el objetivo que se persigue:

- a. La comparación de múltiples poblaciones o columnas de datos.
- b. La estimación de los componentes de variación de un proceso.

El análisis de varianza ANOVA requiere del planteamiento de tres hipótesis básicas para su correcta ejecución; de acuerdo con Romero y Zúnica (2005?) estas hipótesis son necesarias para que se verifiquen exactamente los resultados que se han manejado, en particular las distribuciones F que aparecen en la tabla resumen del ANOVA cuando las hipótesis nulas son ciertas y la distribución t manejada en la obtención de intervalos LSD.

Si el diseño es unifactorial, se aplica ANOVA de clasificación simple o de una vía; si el diseño es multifactorial, el ANOVA correspondiente será de dos vías (dos factores), de tres vías (tres factores), entre otros. Si se tiene un factor y una variable de agrupación (diseño de bloques) el ANOVA también es de dos vías. Si se tiene un factor y dos variables de agrupación (diseño de cuadro latino) el ANOVA será de tres vías, esto se generaliza al caso de n-vías de clasificación (EISENHART. 1947).

### **3.12 HIPOTESIS DEL MODELO**

#### **3.12.1 Normalidad de los residuos**

La normalidad de los residuos puede contrastarse gráficamente mediante el gráfico probabilístico normal. En dicho gráfico la diagonal representa la ubicación teórica de los residuos en el caso de que éstos sigan una distribución normal. Desviaciones de estos puntos respecto de la diagonal indican alteraciones de la normalidad de los residuos.

### **3.12.2 Homocedasticidad**

Representan los residuos estudentizados frente a los valores estimados. El análisis de este gráfico puede revelar que no se cumple la hipótesis de homocedasticidad, por ejemplo si se detecta que el tamaño de los residuos aumenta o disminuye de forma sistemática a medida que aumenta Y. Si dicho gráfico no muestra patrón alguno entonces podemos aceptar que se cumple la hipótesis de varianza de los residuos constante. Además de contrastar la homocedasticidad, este gráfico sirve para detectar indicios de falta de adecuación del modelo propuesto a los datos. Si se observan trayectorias de comportamiento no aleatorio, esto es indicio de que el modelo propuesto no describe adecuadamente los datos.

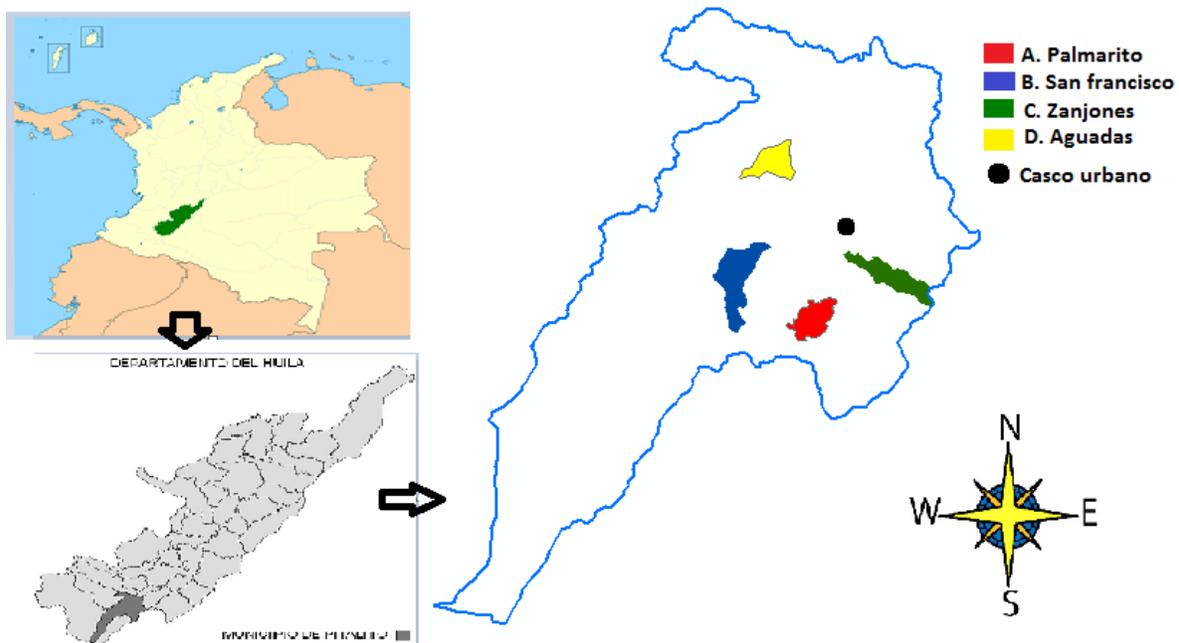
### **3.12.3 Independencia de los Residuos**

La falta de independencia, se produce fundamentalmente cuando se trabaja con variables aleatorias que se observan a lo largo del tiempo, esto es, cuando se trabaja con series temporales. Por ello, una primera medida para tratar de evitar la dependencia de las observaciones consiste en aleatorizar la recogida muestral. El que no se cumpla la hipótesis de independencia afecta gravemente a los resultados del modelo de regresión ya que se obtienen estimadores de los parámetros y predicciones ineficientes y los intervalos de confianza y contrastes que se deducen de la tabla ANOVA no son válidos.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 LOCALIZACION

Las muestras fueron extraídas directamente del municipio de Pitalito ubicado al sur del Huila con una altitud de 1318 msnm, temperatura promedio entre 18 y 21 °C y a 188 km de la ciudad de Neiva, en las veredas Palmarito, San Francisco, Zanjonés y Aguadas como se observa en la figura 6. Los ensayos se realizaron en la Universidad Nacional de Colombia con sede en la ciudad de Bogotá la cual se encuentra a 291 km de la capital de Huila, con una altitud de 2600 msnm y una temperatura promedio de 12 °C.



**Figura 6.** Ubicación geográfica de los sitios de estudio.

Fuente: Los autores. Tomado del Plan de ordenamiento territorial (P.O.T ) Pitalito-Huila

### 4.2 METODOS

Para la ejecución del proyecto se plantearon 5 etapas:

Etapa 1: Revisión Bibliográfica.

- Manejo silvicultural de la *Guadua angustifolia*.
- Propiedades físicas de la *Guadua angustifolia*: Contenidos de Humedad y Densidad.

- Propiedades mecánicas: Resistencia a la Compresión perpendicular a la fibra.
- Normas Técnicas Colombianas (NTC 5525), Normas Sismorresistentes 2010 (NSR-10), ISO/DIS 22157-2 “ Laboratory Manual On testing Methods for determination of Physical an Mechanical Properties of Bambu ” y protocolo para la medición del contenido de humedad de la *Guadua angustifolia* del Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

Etapa 2: Visita y reconocimientos de campo.

- Recolección de información básica de los lugares de donde se extraerá la guadua.
- Selección del material para el corte.

Etapa 3: Transporte y preparación del material:

- Transporte de la guadua desde el Municipio de Pitalito hasta la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.
- Corte y preparación de las probetas en la sección inferior, media y superior del culmo, según protocolo establecido por la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá para ensayos Físicos y Mecánicos.

Etapa 4: Ejecución de Ensayos.

- Calibración de los equipos requeridos para la realización de los ensayos.
- Medición de Contenidos de Humedad de la *Guadua angustifolia* de diferentes procedencias y partes del Culmo.
- Medición de la Resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra y determinación de los Modulo de Elasticidad Circunferencial de la *Guadua angustifolia* de diferentes procedencias y partes del Culmo.

Etapa 5: Análisis Estadístico.

- Determinación del Contenido de Humedad de la *Guadua angustifolia* de las diferentes procedencias y partes del Culmo.
- Determinación de la Resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra y Módulo de Elasticidad Promedio de la *Guadua angustifolia* de las diferentes procedencias y partes del Culmo.
- Comparación de las propiedades Físicas y Mecánicas a evaluar con estudios realizados.

#### **4.3 NORMAS Y PROTOCOLOS**

Para la selección, caracterización física, corte, determinación de resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, módulos de elasticidad circunferencial y contenido de humedad para la *Guadua angustifolia*, se procedió de acuerdo con las siguientes normas y protocolos:

1. Norma unificada para el manejo y aprovechamiento de la guadua.

2. Ley forestal 1021 de 2006.
3. ISO/TC 165N315. “Laboratory manual on testing methods for determination of physical and mechanical properties of bamboo”.
4. ISO/DIS 22157. “Determination of physical and mechanical properties of bamboo”.
5. ISO/DIS 22157-2. “Laboratory manual on testing methods for determination of physical and mechanical properties of bamboo”.
6. NTC5300 “Cosecha y postcosecha del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth”.
7. NTC5301 “Preservación y secado del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth”.
8. NTC5525 “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth”.
9. NSR10 capítulo G.12 “Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistente”.

#### 4.4 SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO

La selección de los sitios de muestreo se realizó siguiendo las coordenadas Magna-Sirgas de Capera y Erazo en el estudio “Resistencia a compresión paralela y módulo de elasticidad de la fibra de la *Guadua angustifolia* kunth del municipio de Pitalito”, como se observa en la Tabla 3.

Por razones prácticas se asignó para cada predio o rodal una letra que los identificaran y diferenciaran, se referirá a cada uno de ellos como zona A, B, C y D.

**Tabla 3.** Localización de las zonas Pitalito

COORDENADAS MAGNA-SIRGAS				
Predio	Vereda	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m.s.n.m.)
A: La dalia	Palmarito	1°47'13.80"	76°04'03.40"	1294
B: La esperanza	San francisco	1°50'06.00"	76°06'57.40"	1313
C: Villa maría	Zanjones	1°50'26.11"	76°01'58.31"	1279
D: Yamboro	Aguadas	1°53'36.00"	76°05'25.10"	1331

#### 4.5 PREPARACION Y CORTE DE CULMOS

El corte del tallo se realizó aproximadamente a 1 metro por encima del cuello de la guadua. Posterior al corte se siguió con el proceso de sangrado o vinagrado en el guadua (pérdida de humedad), durante aproximadamente 2 semanas. Los permisos de corte y aprovechamiento fueron otorgados por la empresa Agroforestal de la sede de Pitalito-Huila. Una vez finalizado

este proceso, los tallos fueron medidos y marcados en 3 secciones longitudinales: cepa (1,5m), basa (4,5m) y sobre-basa (3,0m) (Figura 7), Posteriormente se realizó la medición de diámetro, espesor y longitud de las tres secciones de cada guadua (Figura 8) y se registró en un formato el nombre del predio, los culmos, longitud y espesor de las secciones como lo indica la norma NTC5525 y la NTC5300.

Para conocer la procedencia de las probetas usadas en los ensayos mecánicos, que debe incluir el lugar de procedencia del culmo, parte de la guadua (cepa, basa o sobrebasa) y número de entrenudo, se estableció un protocolo de corte de culmos y probetas como se muestra a continuación:

A	1	01	I
a.	b.	c.	d.

Donde:

- a. Zona de procedencia (A,B,C y D)
- b. Numero de guadua
- c. Número de entrenudo
- d. Sección de la guadua (I, M y S)



**Figura 7.** Medición de cepa, basa y sobre-basa



**Figura 8.** Medición de diámetro, espesor y longitud de las 3 secciones longitudinales.

#### 4.6 OBTENCIÓN DE LAS PROBETAS

El material fue transportado desde la zona de estudio hasta las instalaciones de la Universidad Surcolombiana, lugar en el que las probetas obtenidas para la realización de los diferentes ensayos mecánicos fueron medidas con una longitud de 17 cm sin nudo y rotuladas debidamente, en donde se indica la zona de procedencia, el tipo y número de ensayo según correspondió, así como la posición relativa y el grado de saturación de la probeta en un culmo, conforme se muestra a continuación:

A	Cp	01	I	(SA)
e	f	g	h	i

Donde:

- e. Zona de procedencia
- f. Propiedad mecánica a ensayar
- g. Número de la probeta
- h. Sección de la guadua
- i. Grado de saturación (Grupo SA, Grupo SB)

Luego se cortaron y rectificaron (con lija) las probetas para evitar errores en los ensayos, posterior a esto, las probetas fueron sumergidas en agua durante dos semanas para evitar su fisuramiento por pérdida de humedad y transportadas hasta las instalaciones del Instituto de Extensión e Investigaciones (IEI) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá como se muestra en la figura 9, donde se pesaron en una balanza electrónica con precisión de 0.1 g, se midieron con un calibrador trabajando con precisión de 0.1 mm, las siguientes dimensiones: 3 longitudes, 3 diámetros externos y 3 internos (no del mismo extremo) y finalmente se ensayaron ante sollicitaciones de Compresión Perpendicular y Módulo de Elasticidad Circunferencial, dividiéndose las probetas en dos grupos:

Grupo SA: Probetas sacadas de inmersión en agua, 24 horas antes del ensayo destructivo.

Grupo SB: Probetas ensayadas inmediatamente después de ser sacadas de la inmersión en agua.

El permiso del salvo conducto fue otorgado por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) sede Pitalito-Huila.



**Figura 9.** Probetas sumergidas en agua

#### **4.7 PREPARACION DE LA MÁQUINA**

La máquina empleada para el ensayo de Compresión Perpendicular a la fibra en probetas de guadua sin nudo; fue la AGX 300 KN SHIMADZU, perteneciente al Instituto de Investigación de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá (Ver fotos 10 y 14); esta máquina tiene parámetros de control de sintonización automática en tiempo real, basado en datos de la fuerza de ensayo y la deformación medida, además cuenta con un sensor de carga  $\pm 0,5\%$  de precisión con un ancho rango garantizada de 1/1 a 1/500 de la capacidad máxima lo cual ayuda a mejorar la eficiencia de las pruebas debido a múltiples pruebas que se pueden realizar sin necesidad de cambiar el sensor de carga y accesorios. Por otra parte, el muestreo de datos de alta velocidad es de hasta 1 ms (1 kHz) lo cual garantiza que no haya cambios de resistencia pérdidas.



**Figura 10.** AGX 300 KN SHIMADZU

#### 4.7.1 CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS

**Controlador Smart:** Realiza la marcha, paro y otras operaciones básicas y con ayuda de la rueda puede ajustar la posición de la plantilla en pequeños incrementos durante la flexión y compresión. Incluso se puede abrir o cerrar los platos neumáticos durante ensayos de tracción y operar el extensómetro automático (ver figura 11).

**Software Trapezium X:** Se registran los parámetros a utilizar en la prueba, se inicia el proceso y automáticamente el software entrega datos a la computadora que pueden ser procesados de acuerdo a diferentes normas, debido a la configuración óptima del asistente. Tiene operaciones ajustables tales como la re-prueba y re-análisis, así como muchas funciones avanzadas.

**Prueba de Compresión:** En la figura 12 se observa el kit de placa de compresión que se conecta a la unidad principal de la máquina para llevar a cabo los ensayos de compresión



**Figura 11.** Control Smart



**Figura 12.** Kit de placa de compresión

Fuente: Shimadzu Precision Universal Tester

## 4.8 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

### 4.8.1 DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA Y MÓDULOS DE ELASTICIDAD

En el Instituto de Ensayos e Investigaciones (IEI), se llevaron a cabo los ensayos para determinar la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra, los Módulos de Elasticidad Circunferencial y el Contenido de Humedad.

Se ensayaron 144 probetas sin nudo a carga máxima para determinar la resistencia última a Compresión Perpendicular a la fibra y Módulo de Elasticidad Circunferencial. De las 144 probetas, 60 fueron del Grupo SA (figura 13) y 84 del Grupo SB. Teniendo en cuenta que las características de las probetas varían de acuerdo a la humedad del ambiente, se tomaron las mediciones y pesos de cada una de ellas unas horas antes de ensayarlas.



**Figura 13.** Probetas Grupo SA



**Figura 14.** Equipo de carga a Compresión Perpendicular a la fibra y módulo de elasticidad en el laboratorio del I.E.I.

#### 4.8.2 ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

Una vez finalizados los ensayos de resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra y Módulo de Elasticidad Circunferencial de las probetas, se determinó su Contenido de Humedad con muestras de láminas de guadua de dimensiones aproximadas de 3 cm de ancho con la longitud respectiva de la probeta previamente marcadas, especificando el nombre del lugar, sección y número. Se pesa y registra el valor de cada muestra en una balanza con precisión de 0.01 gr y se guardan en bolsas sellables especificando la hora de pesado y el día como se muestra en la figura 15, luego son llevadas al horno a una temperatura según lo establecido en la norma (103°C), como se observa en la figura 16. Después de 48 horas se sacan las muestras del horno y se pesan como se indica en la figura 17, se ingresan nuevamente al horno y se hace un seguimiento después de una hora hasta que el peso sea constante. Los resultados de Contenido de Humedad de las probetas se encuentran en el ANEXOS 10, 11, 12 y 13 correspondiente a probetas de la Dalia, San Francisco, Zanjonés y Sena Yamboró respectivamente.



**Figura 15.** Peso de las láminas para determinar el Contenido de Humedad



**Figura 16.** Equipo para el proceso de secado de las láminas de guadua en el laboratorio de materiales y cementos del I.E.I.



**Figura 17.** Peso de las láminas después de 48 horas de secado en el horno

## 4.9 ANALISIS DE DATOS

### 4.9.1 ANALISIS DE VARIANZA MULTIFACTORIAL

En el análisis de varianza multifactorial se evaluaron 112 probetas. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de varianza multifactorial totalmente aleatorio, donde se evaluaron las resistencias a Compresión Perpendicular a la fibra de las probetas ensayadas. El análisis estadístico fue desarrollado por medio del software STATGRAPHICS CENTURION XVI.I; asumiendo como hipótesis la normalidad, homocedasticidad e independencia de los datos.

### 4.9.2 FACTORES, NIVELES DE FACTOR Y VARIABLE DEPENDIENTE

La variable dependiente para el diseño ANOVA multifactorial es la resistencia a la compresión perpendicular a la fibra y los factores que pueden afectarla son: la procedencia de la guadua, la sección del culmo y el grado de saturación en las probetas. Se enumera a continuación en la Tabla 4 cada uno de los factores, niveles del factor y variable dependiente.

**Tabla 4.** Factores y niveles de factor cuyos efectos sobre la resistencia a la compresión fueron evaluados.

FACTOR	NIVELES DE FACTOR	VARIABLE DEPENDIENTE
1. Área	A. La dalia B. La esperanza C. Villa maría D. Yamboró	Resistencia a la compresión perpendicular a la Fibra (Mpa)
2. Sección	1. Inferior 2. Medio 3. Superior	
3. Grado de Saturación	1. Grupo SA 2. Grupo SB	

#### 4.10 ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS

La clasificación de los datos por factores y niveles de factor previo a la ejecución del ANOVA multifactorial se presenta en la Tabla 5. La información fue procesada por el software de forma aleatoria.

**Tabla 5.** Clasificación de los datos según el factor y sus niveles correspondientes.

SECCION	SATURACION	PREDIO			
		A	B	C	D
INFERIOR	Grupo SB	12,95	3,09	10,31	6,81
		9,17	8,32	10,16	10,69
		8,03	8,24	-	*20,45
		5,86	-	-	-
		13,19	-	-	-
	Grupo SA	11,25	7,47	9,09	11,83
		8,22	-	6,32	9,71
		2,10	-	4,25	15,08
		6,82	-	9,49	8,50
		-	-	8,70	8,86
MEDIA	Grupo SB	7,11	4,22	3,95	8,77
		11,65	7,92	5,20	6,34
		7,69	4,02	5,16	6,64
		3,26	7,10	4,10	5,78
		9,90	8,73	9,48	-
		-	5,36	8,47	-
		-	10,31	12,62	-
		-	13,01	9,91	-
	-	*21,84	2,04	-	
	Grupo SA	8,92	7,87	9,81	7,75
		8,32	7,63	4,13	8,37
		6,78	3,32	9,41	10,23
		6,60	-	11,33	9,77
		8,14	-	10,17	8,36
11,95		-	-	8,28	
SUPERIOR	Grupo SB	8,36	1,64	7,89	10,19
		2,17	9,12	5,21	5,95
		4,89	4,35	12,59	8,74
		6,70	3,02	10,19	7,50
		4,80	9,50	6,13	-
	-	-	3,94	-	
	-	-	7,78	-	
	Grupo SA	5,51	10,31	4,27	11,48
		11,04	8,17	6,21	5,71
		11,56	7,93	6,87	12,38
11,21		7,23	5,11	9,52	
-		12,48	-	8,60	

\*Datos atípicos.

## 5. CALCULOS Y RESULTADOS

Los datos correspondientes a la geometría de las probetas obtenidos durante la caracterización física, permitieron calcular a partir de los diámetros y espesores promedios, las áreas de las secciones transversales de cada una de las probetas. Con estos últimos se calcularon, luego de los ensayos a carga última, los esfuerzos últimos a Compresión Perpendicular; se obtuvieron además valores de Contenidos de Humedad para todas las probetas. Los valores característicos y esfuerzos admisibles se calcularon luego del análisis estadístico de los resultados; con relación a los sitios de muestreo, se identificaron de forma general algunos parámetros para la caracterización física.

### 5.1 CARACTERIZACION FISICA DE LOS CULMOS

Los resultados de la caracterización física de los culmos se muestran en los ANEXOS 1, 2, 3 y 4 para los Predios La Dalia, La Esperanza, Villa María y Sena Yamboró respectivamente, los diámetros y espesores de pared correspondientes a las secciones transversales superior e inferior de cada segmento de culmo se presentan en los ANEXOS 5, 6, 7 y 8, así como el número de entrenudos con su respectiva medida de longitud. Se encuentra también señalados los lugares de corte de las probetas con un símbolo (A, B, C y D).

### 5.2 CARACTERIZACION FISICA DE LAS PROBETAS

Los valores que hacen referencia a la geometría de las probetas se presentan en el ANEXO 9 para el Predio La Dalia, La Esperanza, Villa María y Sena Yamboró y en la Tabla 6 se listan algunos valores promedios producto de dichas mediciones.

**Tabla 6.** Dimensiones promedios de las probetas extraídas de la parte inferior de culmos procedentes de la zona A.

Nomenclatura	Saturación	H prom (cm)	$\phi$ Prom (cm)	e Prom (cm)
AC03I	Grupo SA	16,8	8,65	1,425
AC04I	Grupo SA	17,6	9,25	1,325
AC05I	Grupo SA	17	12,35	2,05
AC06I	Grupo SA	17,8	10,875	1,95
AC01I	Grupo SB	15,63	10,75	1,7375
AC07I	Grupo SB	17,75	12,475	2,15
AC10I	Grupo SB	17,4	12,05	1,875
AC11I	Grupo SB	16,5	10,8	1,6625
AC12I	Grupo SB	16,6	10,025	1,5625

### 5.3 RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA, CONTENIDO DE HUMEDAD Y MODULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL

Los valores de esfuerzo último a Compresión Perpendicular y Contenido de Humedad de cada probeta se encuentran en los ANEXOS 10, 11, 12 y 13. La Tabla 7 contiene una muestra de los valores obtenidos para probetas de la sección inferior de culmos de la zona A; los cálculos utilizados para determinar dichos valores se ilustran a continuación.

- Esfuerzo ultimo a Compresión Perpendicular

La ecuación de esfuerzo último a Compresión Perpendicular según la NSR 10 (Ec G.12.8-11) es:

$$\sigma_{ult} = \frac{3xD_e xF}{2xLxt^2}$$

Donde

$\sigma_{ult}$  = Esfuerzo ultimo a Compresion Perpendicular. (Mpa)

$D_e$  = Diámetro externo promedio de la probeta (mm).

$L$  = Longitud promedio (mm).

$F$  = Carga de falla (N).

$t$  = Espesor de pared promedio (mm).

#### Muestra de Calculo

La carga de falla de la probeta AC03I (NS) fue de 663,44 Lb que equivalen a 2957 N, esta probeta tiene un diámetro externo promedio de 8,65 cm que corresponden a 86,5 mm, a su vez cuenta con una longitud de 16,80 cm que corresponden a 168 mm y también con un espesor promedio de pared de 1,425 cm que equivalen a 14,25 mm.

$$\sigma_{ult} = \frac{3x86,5x2957}{2x168x203,06} \frac{N}{mm^2} = 11,25 MPa$$

- Contenido de Humedad

El Contenido de Humedad según lo descrito en la NTC 5525 con la siguiente ecuación:

$$CH\% = \frac{m - m_0}{m_0} x 100$$

Donde

$m$  = Masa de la probeta antes del secado, en gr

$m_0$  = Masa de la probeta después del secado, en gr

### Muestra de cálculo

La muestra extraída de la probeta AC03I (NS) tenía una masa inicial de 119,20 gr y luego del secado al horno una masa final de 61,00 gr, por lo que su Contenido de Humedad fue de:

$$CH\% = \frac{119,20 - 61}{61} \frac{gr}{gr} \times 100 \% = 95,41\%$$

- Módulo de Elasticidad Circunferencial

El Módulo de Elasticidad Circunferencial se calculó con la siguiente ecuación:

$$E_{\theta} = \left[ \frac{\pi \cdot R}{4A} + \frac{R^3}{I} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) \right] \times S$$

Donde=

R = Radio promedio de la probeta (cm).

A= Área promedio de la sección comprimida (Lxh), Siendo L la longitud promedio de la probeta y h el espesor promedio (cm<sup>2</sup>).

I= Inercia de la probeta  $I = \pi \frac{R^4}{4}$  (cm<sup>4</sup>)

S= Pendiente de la curva carga contra deflexión (N) (Valor dado por el Software de la máquina de ensayo).

### Muestra de cálculo

El radio promedio de la probeta AC03I (NS) es de 4,325 cm. Esta probeta tiene una sección comprimida (Lxh) de 23,94 cm<sup>2</sup> y también cuenta con una inercia de 274,81 cm<sup>4</sup>. Finalmente el software de la máquina de ensayo en la prueba de Compresión Perpendicular da un valor de la pendiente curva carga contra deflexión de 1159,54 N.

$$E_{\theta} = \left[ \frac{\pi \times 4,325}{4 \times 23,94} + \frac{4,325^3}{274,81} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \right) \right] \times 1159,54 = 215,31 \text{ Mpa}$$

**Tabla 7.** Esfuerzo último a Compresión Perpendicular, Contenido de Humedad y Módulo de Elasticidad circunferencial en las probetas de la sección Inferior en culmos de la zona A.

Nomenclatura	Saturación	F ult (N)	Esf. último (Mpa)	% CH	M.E.C. (Mpa)
AC03I	Grupo SA	2957	11,25	95,41	215,31
AC04I	Grupo SA	1831	8,22	72,65	238,99
AC05I	Grupo SA	809	2,10	100,75	228,73
AC06I	Grupo SA	2686	6,82	113,06	194
AC01I	Grupo SB	3789	12,95	110,49	356,96
AC07I	Grupo SB	4021	9,17	132,22	256,23
AC10I	Grupo SB	2719	8,03	123,74	198,42
AC11I	Grupo SB	1650	5,86	104,74	252,02
AC12I	Grupo SB	3554	13,19	117,36	350,24

## 5.4 VALORES CARACTERÍSTICOS Y ESFUERZOS ADMISIBLES

Los valores característicos y Esfuerzos Admisibles que se presentan en las Tablas 8 a la 11 fueron calculados con base en la información estadística mostrada por el programa Star graphics Centuriun XV.I. Los datos utilizados para dicho fin son: la resistencia a la compresión promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Los datos de resistencia a la compresión utilizados para la siguiente muestra de cálculo fueron tomados de la totalidad de probetas del Grupo SA procedentes de la parte Inferior de la guadua.

### ✓ Valor característico

Se determina el valor característico en MPa para un número determinado de probetas con la siguiente ecuación (G.12.7.1 - NSR-10):

$$f_{kc} = f_{0.05i} * \left( 1 - \left( \frac{2,7 * \left( \frac{s}{m} \right)}{\sqrt{n}} \right) \right) \text{ Ec. (G.12.7-1- NSR-10)}$$

Donde:

<b>f<sub>0.05i</sub></b>	:	Valor correspondiente al percentil 5 de los datos (MPa)
<b>m</b>	:	Valor promedio de los datos (MPa)
<b>s</b>	:	Desviación estándar de los datos
<b>n</b>	:	Número de ensayos (por lo menos 20)

Para el cálculo del percentil 5 se utiliza la siguiente ecuación (G.A.1 - NSR-10):

$$f_{0,05i} = Fc * (1 - (1,645 * COVc)) \text{ Ec. (G.A.1-NSR-10)}$$

Donde:

<b>Fc</b>	:	Esfuerzo básico promedio (Mpa)
<b>COVc</b>	:	Coefficiente de variación de esfuerzos

### Muestra de Calculo:

La resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra promedio para 15 probetas fue de 8,51 MPa y el coeficiente de variación de los datos 36,16%; con esta información se calcula el valor del percentil 5 de los datos y seguidamente el valor característico considerando la desviación estándar  $s = 3,08$ .

$$f_{0,05i} = 8,51 * (1 - (1,645 * 0,3616)) = 3,45 \text{ Mpa}$$

$$f_{kc} = 3,45 \text{ MPa} * \left( 1 - \left( \frac{2,7 * \left( \frac{3,08}{8,51} \right)}{\sqrt{15}} \right) \right) = 2,58 \text{ MPa}$$

✓ **Esfuerzo admisible**

La ecuación que se muestra a continuación representa el cálculo de esfuerzos admisibles que se calcula luego de obtener el valor característico:

$$F_{c \text{ adm}} = \left( \left( \frac{FC}{FS * FDC} \right) * f_{kc} \right)$$

Donde

- F<sub>cadm</sub>** : Valor característico del esfuerzo admisible a compresión (MPa)
- f<sub>kc</sub>** : Valor característico del esfuerzo a compresión (MPa)
- FC** : Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en las estructuras (1,0 según NSR-10)
- FS** : Factor de seguridad (1,8 según NSR-10)
- FDC** : Factor de duración de carga (1.2 según NSR-10)

**Muestra de cálculo**

El factor de reducción FC para esfuerzos solicitados a compresión es 1,0, el factor de seguridad FS 1,8 y el de duración de carga 1,2, según lo establecido por la NSR-10; con el valor característico previamente calculado se obtiene a continuación el Esfuerzo Admisible F<sub>cadm</sub>.

$$F_{c \text{ adm}} = \left( \left( \frac{1}{1,8 * 1,2} \right) * 2,58 \text{ MPa} \right) = 1,19 \text{ MPa}$$

Luego de registrar las mediciones, la carga última y los pesos inicial y final para el ensayo de humedad, se procede de la siguiente manera para calcular la resistencia a Compresión Perpendicular a la fibra y el Contenido de Humedad natural.

**Tabla 8.** Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles para las 4 zonas, probetas Grupo SA (%CH=98,86).

<b>Datos estadísticos</b>	<b>Inferior</b>	<b>Media</b>	<b>Superior</b>	<b>Total</b>
Numero de datos (N)	15	20	18	53
Promedio (MPa)	8,51	8,36	8,64	8,50
Desviación estándar (s)	3,08	2,10	2,69	2,56
Coeficiente de Variación (%)	36,16	25,17	31,11	30,11
Percentil 5 (MPa)	3,45	4,90	4,22	4,29
Valor Característico (MPa)	2,58	4,16	3,38	3,81
Esfuerzo Admisible (MPa)	1,19	1,93	1,56	1,76

**Tabla 9.** Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles para las 4 zonas, probetas Grupo SB (%CH=113,51).

<b>Datos estadísticos</b>	<b>Inferior</b>	<b>Media</b>	<b>Superior</b>	<b>Total</b>
Numero de datos (N)	12	26	21	59
Promedio (MPa)	8,90	7,26	6,7	7,39
Desviación estándar (s)	2,87	2,94	2,88	2,96
Coefficiente de Variación (%)	32,23	40,44	42,97	40,09
Percentil 5 (MPa)	4,18	2,43	1,96	2,52
Valor Característico (MPa)	3,00	1,91	1,46	2,16
Esfuerzo Admisible (MPa)	1,39	0,88	0,68	1,00

**Tabla 10.** Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles para las zonas A, B, C y D, probetas Grupo SA (%CH=98,86).

<b>Datos estadísticos</b>	<b>Zona A</b>	<b>Zona B</b>	<b>Zona C</b>	<b>Zona D</b>
Numero de datos (N)	14	9	14	16
Promedio (MPa)	8,46	8,05	7,51	9,65
Desviación estándar (s)	2,80	2,46	2,48	2,20
Coefficiente de Variación (%)	33,16	30,56	33,07	22,82
Percentil 5 (MPa)	3,84	4,00	3,42	6,03
Valor Característico (MPa)	2,92	2,90	2,60	5,10
Esfuerzo Admisible (MPa)	1,35	1,34	1,20	2,36

**Tabla 11.** Valores Característicos y Esfuerzos Admisibles para las zonas A, B, C y D, probetas Grupo SB (%CH=113,51).

<b>Datos estadísticos</b>	<b>Zona A</b>	<b>Zona B</b>	<b>Zona C</b>	<b>Zona D</b>
Numero de datos (N)	15	16	18	10
Promedio (MPa)	7,71	6,75	7,51	7,74
Desviación estándar (s)	3,30	3,16	3,16	1,76
Coefficiente de Variación (%)	42,73	46,89	42,09	22,75
Percentil 5 (MPa)	2,29	1,54	2,31	4,84
Valor Característico (MPa)	1,61	1,05	1,69	3,90
Esfuerzo Admisible (MPa)	0,74	0,49	0,78	1,81

## **6. ANALISIS DE RESULTADOS**

### **6.1 ANALISIS EXPLORATORIO**

Los datos de resistencia a la Compresión última, diámetro, espesor de pared, Módulo de Elasticidad Circunferencial y Contenido de Humedad, fueron analizados independientemente y de manera exploratoria en su totalidad, por factores y niveles de factor para determinar si correspondían a una distribución normal. La normalidad se verificó mediante el análisis de los coeficientes de asimetría y curtosis. Los datos atípicos encontrados que afectaban la normalidad de los datos fueron descartados.

El análisis descriptivo para cada una de las variables mencionadas y el análisis de varianza multifactorial para resistencia a la compresión perpendicular se muestran en el presente capítulo.

#### **6.1.1 EXCLUSION DE DATOS ATIPICOS**

Las probetas BC13M (SB) y DC08I (SB) con una resistencia de compresión perpendicular última de 21,84 y 20,45 MPa respectivamente fueron excluidas por tratarse de valores atípicos. Ya sea de casos aislados y poco probables de culmos de guadua de resistencia muy superiores o producto de un posible error durante la aplicación o medición de la carga. La probeta DC13M (SB) con un espesor de pared de 2 cm, un Diámetro de 8,95 cm y con un valor de resistencia a compresión perpendicular de 3 MPa también fue excluida debido a que no correspondía a una muestra representativa por su geometría, puesto que tenía un valor de espesor de pared muy alto para la sección media (Basa), tampoco se descarta un error en la medición en la misma.

Los datos atípicos excluidos para las demás variables se encuentran señalados en los ANEXOS 14, 15 y 16 para la sección inferior, media y superior respectivamente, en probetas Grupo SA y para probetas Grupo SB se encuentran los datos atípicos para la sección inferior, media y superior en los ANEXOS 17, 18 y 19 respectivamente; se encuentra que la variable de contenido de humedad es la más afectadas por este tipo de datos con amplio rango de superioridad con respecto a las demás. El análisis descriptivo que se presenta a continuación para cada una de las variables contiene datos provenientes de una distribución normal.

### **6.2 ANALISIS DESCRIPTIVO**

La información contenida en las tablas que se presentan a continuación permitió caracterizar el conjunto de datos para cada una de las variables a partir de medidas de tendencia central y de variabilidad o dispersión; para el caso de resistencia a la compresión dichas mediciones se presentan con el análisis de varianza en el análisis inferencial de las Tablas 12 a la 15.

El resumen estadístico del diámetro para las secciones inferior, media y superior se presenta en la Tabla 12, del mismo modo en la Tabla 13 se presenta para espesor de pared y en las Tablas 14 y 15 para el Contenido de Humedad del Grupo SA y Grupo SB respectivamente.

**Tabla 12.** Análisis descriptivo para diámetro de las cuatro zonas.

Datos estadísticos	Inferior	Medio	Superior	Total
Recuento	27	46	39	112
Promedio (cm)	10,84	9,6	8,41	9,48
Mediana (cm)	10,87	9,89	8,85	9,84
Desviación estándar (cm)	1,09	1,52	1,77	1,77
Coefficiente de variación (%)	10,02	15,85	21,02	18,69
Mínimo (cm)	8,63	5,3	5,02	5,03
Máximo (cm)	12,65	12,63	11,87	12,65
Rango (cm)	4,03	7,32	6,85	7,63

Se observa una disminución en el diámetro a lo largo de la sección, siendo la parte inferior con mayor diámetro y la parte superior con menor diámetro, situación que se presenta de forma natural en culmos de guadua y se puede apreciar durante su crecimiento y desarrollo; Los menores diámetros se encontraron en las probetas del Predio B (La Esperanza-San Francisco) con diámetros promedios de 9,93cm, 8,42cm, 7,01cm de las sección Inferior, Media y superior respectivamente. También en los trabajos de Capera-Eraza 2012 y Alarcon-Olarte 2013 realizados en Pitalito se encontró que los menores diámetros promedios corresponden al predio de la Esperanza-San Francisco. El Predio C (Villa María-Zanjones) fue la que obtuvo mayores diámetros promedios de 11, 24 cm para la sección inferior, 10,22 cm para la sección media y 9,48 cm para la sección superior. También en el trabajo de Alarcón y Olarte 2013 se encontró que el Predio Villa María- Zanjones Tiene los mayores diámetros promedios.

**Tabla 13.** Análisis descriptivo para espesor de pared de las cuatro zonas

Datos estadísticos	Inferior	Medio	Superior	Total
Recuento	27	46	39	112
Promedio (cm)	1,74	1,2	1,01	1,26
Mediana (cm)	1,76	1,21	1	1,19
Desviación estándar (cm)	0,28	0,18	0,17	0,34
Coefficiente de variación (%)	16,15	14,91	16,54	27,41
Mínimo (cm)	1,05	0,85	0,73	0,73
Máximo (cm)	2,15	1,63	1,43	2,15
Rango (cm)	1,1	0,78	0,7	1,43

De igual forma que en el diámetro se observa una disminución del espesor de pared en las probetas de guadua según la sección. Siendo la sección inferior la de mayor espesor promedio de pared y la sección superior con el menor espesor de pared. Esta misma tendencia también se encontró en los trabajos de Capera-Erazo 2012 y Alarcón-Olarte 2013. El espesor promedio menor fue el de las probetas del Predio B (La Esperanza-San Francisco) con 1,58 cm sección inferior, 1,12 cm sección media y 0,95 cm sección superior. También en el trabajo de Alarcón y Olarte 2013 se encontró que las probetas del Predio la esperanza-San francisco son las de menor espesor. El Predio con mayores espesores promedios fue la de Sena Yamboró (Aguadas) con 1,85 cm sección Inferior, 1,33 cm sección media y 1,07 sección superior.

**Tabla 14.** Análisis descriptivo de Contenido de Humedad para las probetas Grupo SA

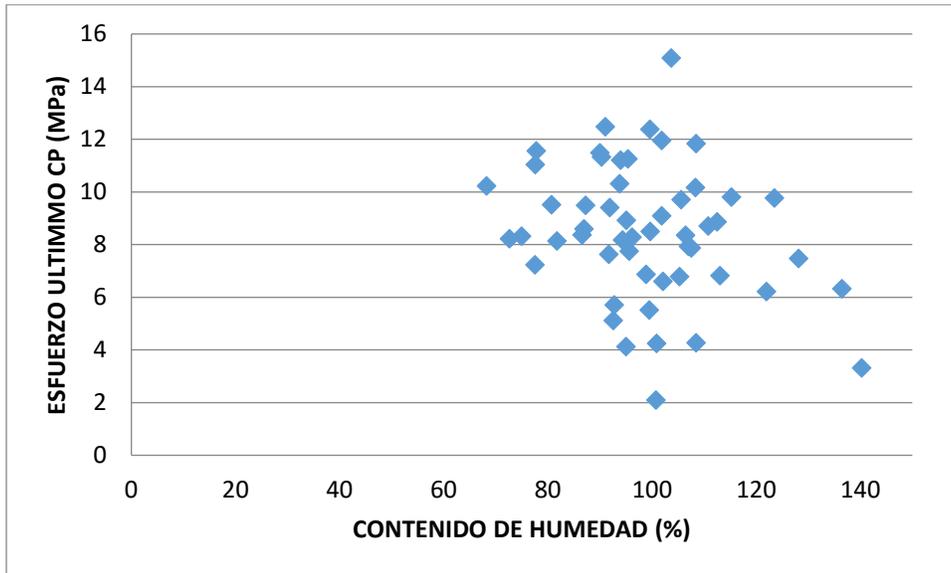
Datos Estadísticos	Total
Recuento	53
Promedio (%)	98,86
Mediana	98,84
Desviación estándar	14,98
Coefficiente de variación	15,15
Mínimo	68.25
Máximo	140.28
Rango	72.03

**Tabla 15.** Análisis descriptivo de Contenido de Humedad para las probetas Grupo SB

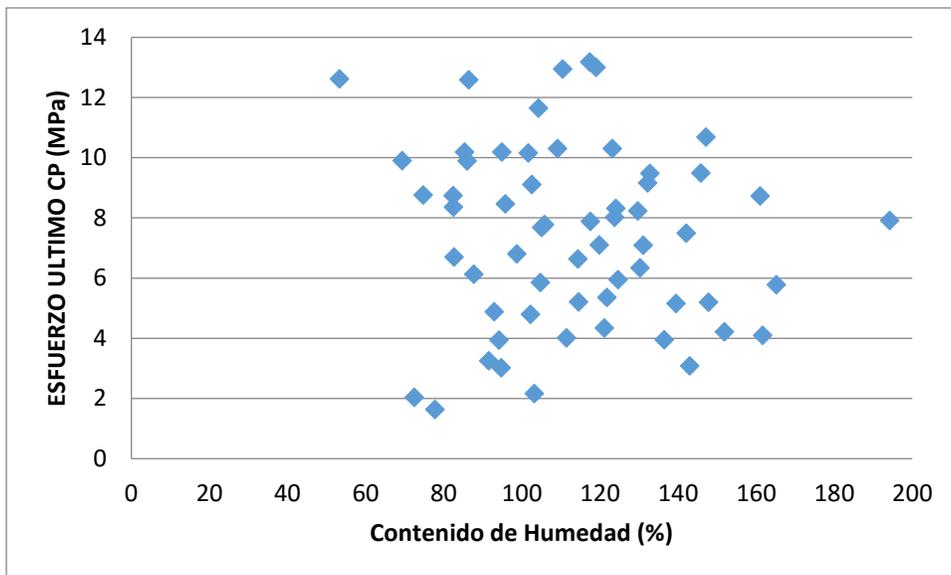
Datos Estadísticos	Total
Recuento	59
Promedio (%)	113,51
Mediana	111,42
Desviación estándar	27,21
Coefficiente de variación	23,97
Mínimo	53,28
Máximo	194,24
Rango	140,96

El Contenido de Humedad de las probetas del Grupo SA y del Grupo SB al momento del ensayo presentó una amplia variación. La razón, el orden en que se fallaron (una a la vez), por lo que la exposición de algunas probetas a la acción del aire durante más tiempo produjo una mayor deshidratación (Capera y Erazo, 2012). El análisis descriptivo para las probetas del Grupo SA (Tabla 14) mostró valores altos de %CH esto debido a que en los días en que se ensayaron las probetas, se presentaron constantes precipitaciones.

**Gráfica 1.** Resistencia última Ensayo a Compresión Perpendicular vs Contenido de Humedad, Probetas Grupo SA.



**Gráfica 2.** Resistencia última ensayo a Compresión Perpendicular vs Contenido de Humedad, Probetas Grupo SB.



Las Gráficas 1 y 2 muestran que no existe relación entre el comportamiento de la resistencia de la guadua a Compresión Perpendicular con los Contenidos de Humedad en un rango determinado.

### 6.3 ANALISIS INFERENCIAL Y COMPARATIVO

Se presenta a continuación el análisis de varianza multifactorial para resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra y pruebas de múltiples rangos. Los resultados alcanzados por otros estudios serán discutidos en forma comparativa.

### 6.4 ANALISIS DE VARIANZA MULTIFACTORIAL

#### 6.4.1 ANOVA Multifactorial (Resistencia)

El análisis de varianza multifactorial presentado en la Tabla 16 permitió identificar que ninguno de los factores afecta la variable de Resistencia a Compresión Perpendicular en la guadua con un nivel de confianza de 95% debido a que los valores de p son superiores a 0,05. Esta es la primera vez que se realiza un análisis de este tipo a la Compresión Perpendicular a la fibra de la guadua, por este motivo no hay referencias para validar esta información. Sin embargo se puede validar el resultado de que el factor sección no afecta la resistencia a Compresión Perpendicular por los resultados obtenidos de (Ardila y Cesar, 2013) en probetas con un %CH promedio de 83,60 del Tolima, puesto que en su resultado y análisis del ensayo a Compresión Perpendicular escribieron: “Los resultados obtenidos muestran que no existe una gran variación de resistencia a la Compresión Perpendicular para cada porción de la guadua, por lo que se infiere que la distribución y concentración de las fibras en el sentido longitudinal no afecta la resistencia a la Compresión Perpendicular”. Este mismo resultado también se encuentra en un artículo de Maderas, Ciencia y tecnología publicado en el 2014 de Patricia Luna, Jorge lozano y Caori Takeuchi con unos porcentajes de CH mayores al 80% en las probetas.

En las interacciones de primer orden se observa que ninguna de estas afecta con significancia la variable de Resistencia a Compresión Perpendicular, sin embargo la interacción segundo orden (ABC) presenta el valor más cercano al p 0,05, lo que significaría que esta interacción es la que más afecta la variable de la resistencia a Compresión Perpendicular.

**Tabla 16.** Análisis de varianza multifactorial para resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de la guadua.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Area	29,3785	3	9,79284	1,33	0,2694
B:Seccion guadua	12,5359	2	6,26796	0,85	0,4300
C:Saturacion	11,0142	1	11,0142	1,50	0,2243
INTERACCIONES					
AB	22,1816	6	3,69693	0,50	0,8049
AC	22,7611	3	7,58704	1,03	0,3827
BC	20,5795	2	10,2898	1,40	0,2523
ABC	92,8504	6	15,4751	2,10	0,0607
RESIDUOS	647,318	88	7,35589		
TOTAL (CORREGIDO)	884,175	111			

## 6.4.2 Pruebas de múltiples rangos (Efectos principales)

Las Tablas 17, 18 y 19 son de comparación múltiple y sirven para determinar y verificar cuáles medias presentaron diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95,0%; los intervalos de confianza al 95,0% indican los límites entre los cuales se encuentra la verdadera media. Se utilizó el método de la menor diferencia significativa (LSD) de Fisher para contrastar igualdad entre medias y detectar homogeneidad entre niveles de factor. Las medidas de variabilidad del análisis descriptivo para resistencia se presentan igualmente en estas tablas.

La comparación múltiple entre los niveles de factor zona que se presentan en la Tabla 17 demuestra que no existen diferencias significativas entre las Zonas A B C D en su resistencia promedio. Se evidencia homogeneidad entre la resistencia de la guadua en las cuatro zonas, lo que significa condiciones similares de sitio. Estas condiciones de sitio se asemejan a las identificadas por García (2004) como condiciones óptimas para las variables de calidad.

**Tabla 17.** Prueba de múltiples rangos para resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra por Zona.

Datos Estadísticos	Zonas				Total
	A	B	C	D	
Casos	29	25	32	26	<b>112</b>
Media (MPa)	8,07	7,21	7,51	8,92	7,92
Desviación Estándar (MPa)	3,04	2,95	2,84	2,22	2,82
Coefficiente de Variación (%)	37,63	40,82	37,82	24,89	35,65
Mínimo (MPa)	2,1	1,64	2,04	5,71	1,64
Máximo (MPa)	13,19	13,01	12,62	15,08	15,08
Límite Inferior (MPa)	6,92	6	6,49	8,02	7,39
Límite superior (MPa)	9,22	8,43	8,53	9,81	8,44

La sección o parte del culmo de la *Guadua angustifolia* (Tabla 18) no es significativa sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de acuerdo con el análisis de varianza. La parte inferior es la más resistente y no difiere significativamente de los valores promedios de las secciones media y superior. Este mismo resultado fue encontrado por Ardila, Cesar en el 2013, donde obtuvo valores promedios de Resistencia de 4.80, 4.08, y 4.57 MPa para las secciones Inferior, Media y Superior de guadua respectivamente.

**Tabla 18.** Prueba de múltiples rangos para resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra por Sección.

Datos Estadísticos	Sección			Total
	Inferior	Media	Superior	
Casos	27	46	39	112
Media (MPa)	8,69	7,74	7,6	7,92
Desviación Estándar (MPa)	2,93	2,64	2,93	2,82
Coefficiente de Variación (%)	33,81	34,1	38,52	35,65
Mínimo (MPa)	2,1	2,04	1,64	1,64
Máximo (MPa)	15,08	13,01	12,59	15,08
Límite Inferior (MPa)	7,52	6,95	6,65	7,39
Límite superior (MPa)	9,85	8,52	8,54	8,44

El grado de saturación con %CH promedios para probetas Grupo SA y Grupo SB de 98,86% y 113,58% respectivamente no afecta de forma significativa la resistencia a Compresión Perpendicular de la *Guadua angustifolia* Kunth del municipio de Pitalito, según lo evidencia la Tabla 19 para sus valores promedios de Resistencia. Por efectos de que esta es la primera vez que se realiza un ensayo a Compresión Perpendicular con diferentes %CH esta información no se puede validar, sin embargo el promedio de esfuerzo a Compresión Perpendicular fue de mayor resistencia en las probetas del Grupo SA, lo cual indica que el Contenido de Humedad es de vital importancia en la resistencia de la guadua. Entre mayor sea su contenido, menor será su resistencia ante cargas solicitadas, y menor será su esfuerzo admisible de acuerdo con la NSR-10 (Alfredo Cely moreno, Geovany Hernandez, Oscar Gutierrez, 2012) También se observa que con respecto a los contenidos de humedad de los Grupos SB y SA solo difieren un 14,65 %, lo cual indica relativamente poca diferencia en su Contenido de humedad y esto se debe a que en los días de ensayo a Compresión Perpendicular de la guadua se presentaron constantes lluvias.

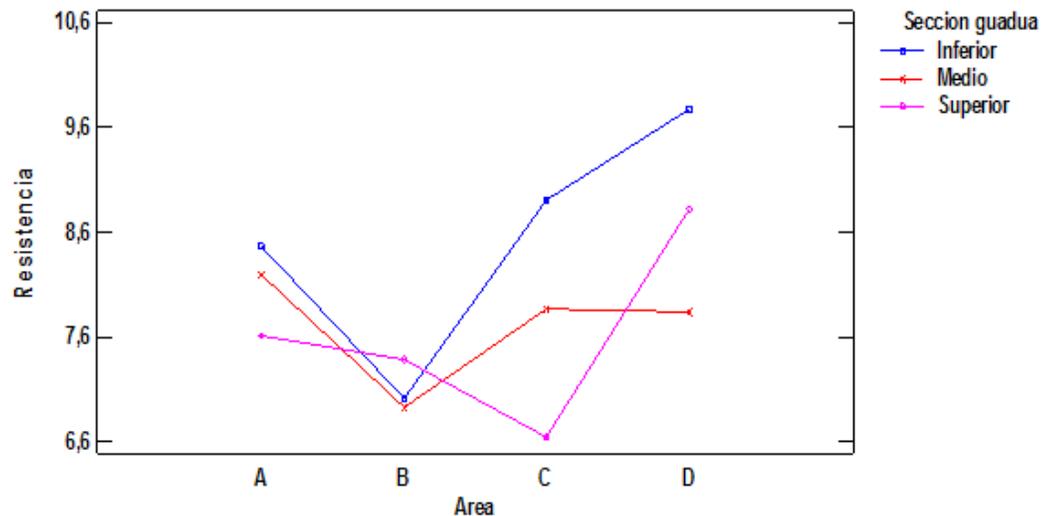
**Tabla 19.** Prueba de múltiples rangos para resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra por Saturación.

Datos Estadísticos	Saturación		Total
	Grupo SB	Grupo SA	
Casos	59	53	112
Media (MPa)	7,39	8,5	7,92
Desviación Estándar (MPa)	2,96	2,56	2,82
Coefficiente de Variación (%)	40,09	30,11	35,65
Mínimo (MPa)	1,64	2,1	1,64
Máximo (MPa)	13,19	15,08	15,08
Límite Inferior (MPa)	6,62	7,79	7,39
Límite superior (MPa)	8,17	9,2	8,44

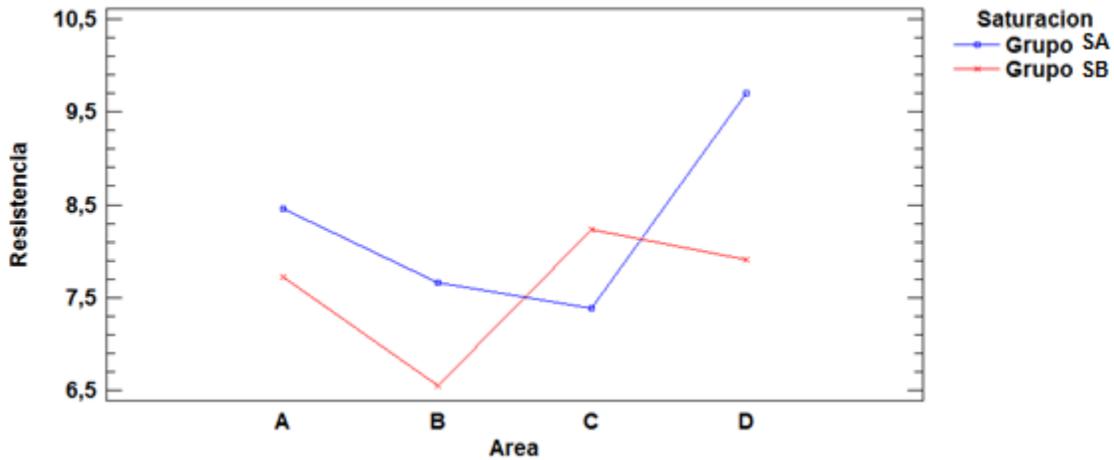
### 6.4.3 Efecto de las Interacciones

Los efectos de las combinaciones de dos factores sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra, a pesar de no ser significativos, producen cambios en la variable respuesta como se observa en los gráficos de interacciones de las gráficas 3, 4 y 5. Para el caso de los culmos de las zonas A, C y D se observa mayor resistencia en la sección Inferior (Grafica 3) tendencia que varía para el caso de las secciones media y superior de las zonas. En la Grafica 4 se evidencia en la mayoría de los casos, mayor resistencia en las probetas del Grupo SA y en la Grafica 5 se observa que para el caso de las probetas del Grupo SA se obtuvieron esfuerzos similares en cada una de las secciones, sin embargo en las probetas del Grupo SB se obtuvo mejor resistencia en la sección Inferior.

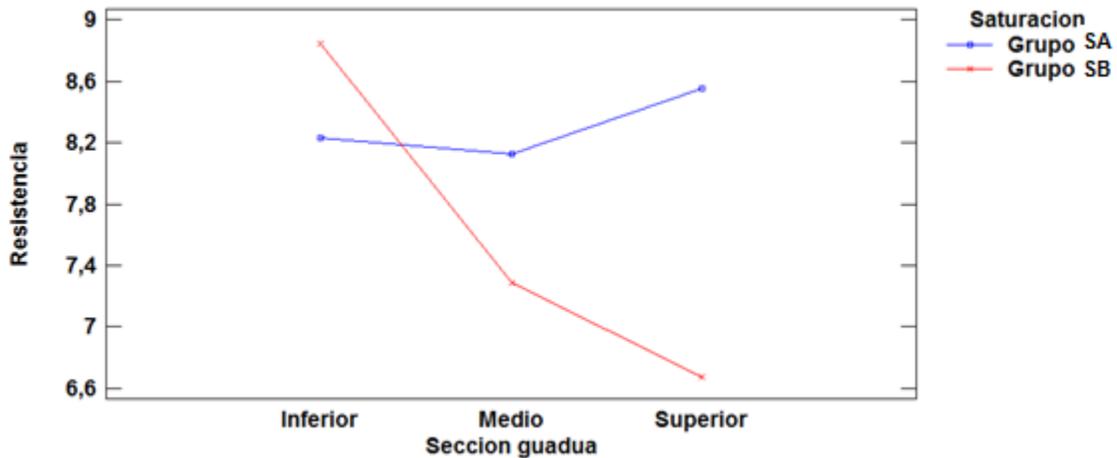
**Gráfica 3.** Efecto sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de la interacción entre los factores zona y sección.



**Gráfica 4.** Efecto sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de la interacción entre los factores zona y estado de saturación



**Gráfica 5.** Efecto sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra de la interacción entre los factores sección y estado de saturación.



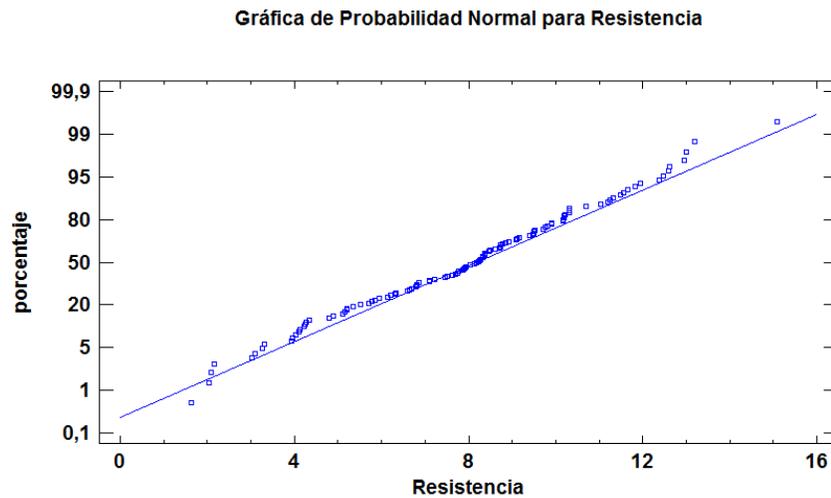
## 6.5 CONTRASTE DE HIPOTESIS

Las hipótesis iniciales de normalidad, homocedasticidad e independencia de los residuos fueron verificadas por los métodos gráficos que se presentan a continuación.

### Normalidad de los residuos

Como prueba para verificar que efectivamente los datos provienen de una distribución normal se presenta el gráfico de probabilidad normal de los residuos (Gráfica 6), en donde se observa que los datos se acomodan a lo largo de la línea de referencia que pasa a través de la mediana (determinada por el rango intercuartilico), lo cual representa efectivamente normalidad entre los datos.

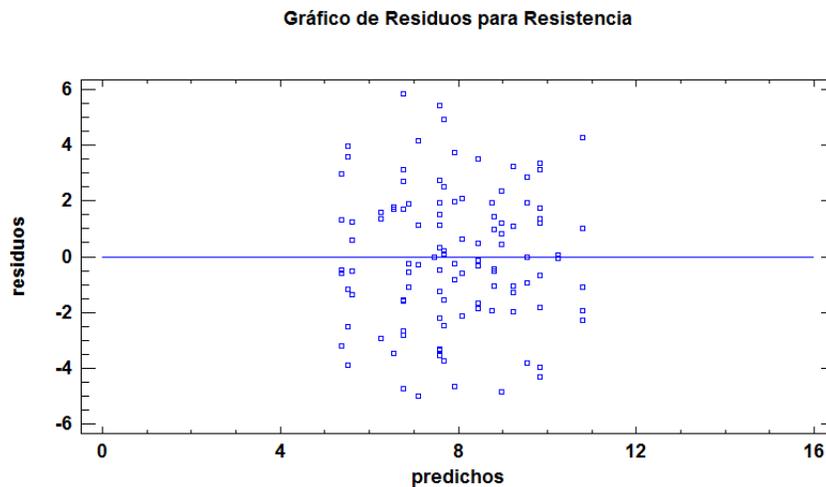
**Gráfica 6.** Probabilidad Normal para residuos.



### Prueba de homocedasticidad

Se verificó la homocedasticidad en el gráfico de residuos frente a valores predichos de resistencia (Gráfica 7), en él se observa que no existe un patrón general en forma de embudo formado por los puntos por lo que no hay indicios de heterocedasticidad.

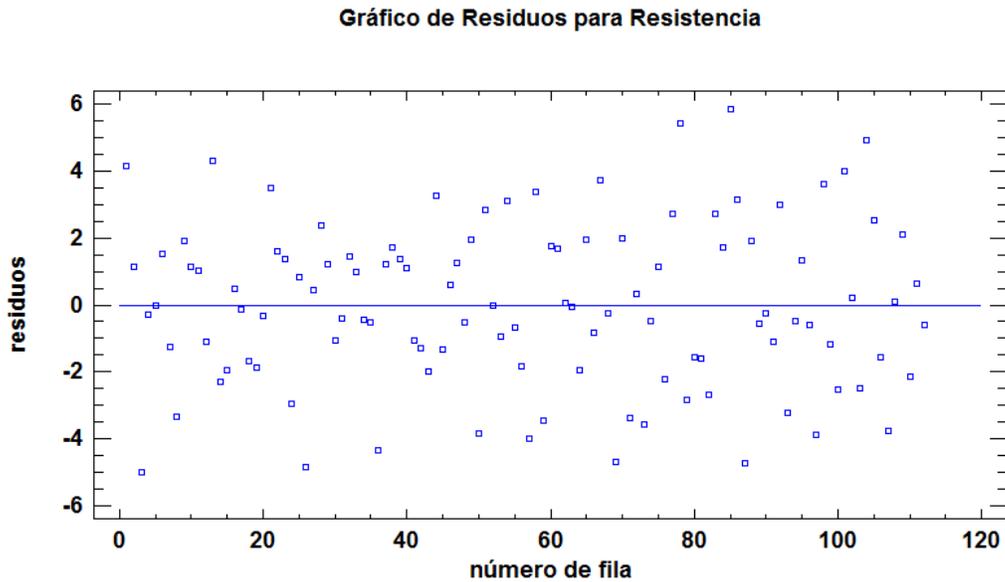
**Gráfica 7.** Residuos frente a predichos para resistencia a la compresión en MPa



### Independencia de los residuos

La aleatoriedad durante la selección de las zonas, culmos y lugares de corte para la extracción de las probetas se comprueba en el gráfico residuos frente número de fila (Gráfica 8); estos procesos estuvieron orientados al cumplimiento de este criterio. La dispersión aleatoria es una prueba de la representatividad de las muestras, se deduce además que no existe ninguna correlación serial entre los datos, dicho de otra forma, no existe dependencia entre las observaciones.

**Gráfica 8.** Residuos frente a número de fila para resistencia a la compresión en MPa.



### 6.6 ANALISIS DESCRIPTIVO Y COMPARATIVO PARA EL MODULO DE ELASTICIDAD CIRCUNFERENCIAL.

El análisis descriptivo para los Módulos de Elasticidad Circunferencial por secciones y total en las 4 zonas de las probetas Grupo SA y SB se encuentra en las Tablas 20 y 21 respectivamente. Los datos analizados para el Módulo de Elasticidad en ambos casos provienen de una distribución normal y los intervalos de confianza son del 95% para la media de Módulo de Elasticidad.

**Tabla 20.** Análisis descriptivo para el Módulo de Elasticidad Circunferencial por secciones de las Probetas del Grupo SA.

<b>Datos estadísticos</b>	<b>Inferior</b>	<b>Media</b>	<b>Superior</b>	<b>Total</b>
Numero de datos	15	20	18	53
Promedio (Mpa)	549,53	608,07	538,82	567,99
Desviación estándar (Mpa)	306,07	453,07	376,04	384,01
Percentil 5 (Mpa)	146,31	120,54	152,65	146,31
E mínimo (Mpa)	146,31	98,54	152,65	98,54
E máximo (Mpa)	872,43	1221,82	1134,75	1221,82

**Tabla 21.** Análisis descriptivo para el Módulo de Elasticidad Circunferencial por secciones de las Probetas del Grupo SB.

Datos estadísticos	Inferior	Media	Superior	Total
Numero de datos	12	26	21	59
Promedio (Mpa)	268,04	203,11	236,25	228,12
Desviación estándar (Mpa)	70,25	65,68	78,94	74,69
Percentil 5 (Mpa)	178,28	83,88	100,67	92,42
E mínimo (MPa)	178,28	81,76	100,07	81,76
E máximo (MPa)	408,25	307,45	416,18	416,18

En la Tabla 20 se observa que con respecto a la sección el Módulo de Elasticidad Circunferencial no varía significativamente en su valor, siendo el de mayor valor el de la sección media y el de menor valor el de la parte superior. Seguidamente en la Tabla 21 se muestra de igual forma que el Módulo no varía significativamente en su valor, siendo el de mayor valor el de la parte inferior y el de menor valor el de la parte Media.

Con respecto al grado de saturación el Valor del Módulo de Elasticidad Circunferencial varía notoriamente siendo el de las probetas Grupo SA el de mayor valor con 567,99 MPa. La diferencia de valores entre el Módulo de Elasticidad promedio de las probetas Grupo SA con respecto a las del Grupo SB es del 60%.

**Tabla 22.** Resultados de los valores mínimos y promedios del Módulo de Elasticidad Circunferencial de diferentes Autores.

Autor	Valor mínimo (Mpa)	Valor promedio (Mpa)	%CH
Lamus	329,78	668,51	Menor a 80%
Torres	-	400	-
Lozano	29,08	564,06	81,47
López y Salcedo	98,54	567,99	98,86
López y Salcedo	81,76	228,12	113,51

Fuente: Lamus Baez, Fabian. 2008. Modificada por los autores.

La Tabla 22 muestra que las probetas Grupo SA (%CH=98,86) obtuvieron un valor promedio y Mínimo de Módulo de Elasticidad Circunferencial menor al de Lamus (668,51MPa) y mayor al de Lozano (564,06 MPa) y Torres (400 MPa). En cambio la probetas Grupo SB (%CH=113,51) obtuvieron el valor promedio menor con respecto a los autores consultados. También de la Tabla 18 se observa que puede existir una relación entre el %CH y el valor del Módulo de Elasticidad Circunferencial debido que el valor promedio mayor del Módulo

de Elasticidad Circunferencial tuvo el menor %CH en el momento de ensayo, en cambio el menor valor promedio tuvo el mayor %CH (Aunque Torres en su estudio no colocó el %CH de sus probetas).

## 6.7 ANALISIS COMPARATIVO PARA ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESION PERPENDICULAR

**Tabla 23.** Resultados obtenidos (siguiendo el reglamento colombiano sismo-resistente NSR-10) del Esfuerzo Admisible a Compresión Perpendicular a la fibra de Guadua para diferentes regiones de Colombia.

Año	Autor	Origen	No de ensayo	F <sub>kc</sub> (MPa)	F <sub>c</sub> (MPa)	%CH	*F <sub>cm</sub> (Mpa)(%CH=12%)
2016	López y Salcedo	Pitalito	59	2,16	1,00	113,51	0,80
2016	López y Salcedo	Pitalito	53	3,81	1,76	98,86	1,41
2013	Ardila	Tolima	69	2,32	1,07	83,60	0,86
2010	NSR-10	N/A	>20	3,04	1,40	12,00	1,40
2010	Proyecto MADRC	Quindío	47	3,01	1,38	78,58	1,10
		C/marca	50	1,33	0,61	73,84	0,49
		V/ Cauca	53	1,31	0,60	93,86	0,48

\*F<sub>cm</sub>: Esfuerzo Admisible modificado por Contenido de Humedad (CH≥19%). El factor de corrección que se utilizó fue C<sub>m</sub>=0,8, que es el que indica el reglamento (NSR-10) en el capítulo 12 (Estructuras de Madera y guadua), Tabla G 12 7-5, para Compresión Perpendicular. Fuente: Ardila Cesar, 2013. Modificado por los autores

En la Tabla 23 se observa que el mayor Esfuerzo Admisible a Compresión Perpendicular es el de las probetas del Grupo SA (CH=98,86%) de Pitalito (Huila). Este Esfuerzo Admisible se encuentra a tan solo 0,7% (0,01Mpa) de diferencia con respecto a la NSR-10, lo que indica prácticamente una igualdad entre este valor y el descrito en la Norma Sismo resistente colombiana. Los demás esfuerzos admisibles se encuentran por debajo de la Norma Sismo Resistente-2010.

## 7. CONCLUSIONES

El diámetro de la sección transversal en los culmos disminuye con la altura. El promedio para las cuatro zonas para la sección inferior fue de 10,84 cm, para la sección medio 9,60 cm y 8,41cm para la sección superior. Se presentaron menores diámetros en culmos en el Predio B (La Esperanza-San Francisco) y mayores en culmos el en Predio C (Villa María-Zanjones) en las tres secciones.

El espesor de pared al igual que el diámetro, también disminuye con la altura de la guadua. Se presentó el valor menor promedio del espesor para las probetas del Predio B (La esperanza-San francisco). El Predio con mayores espesores promedios fue la de (Sena Yamboró-Aguadas). Los promedios para las cuatro zonas para la sección inferior, media y superior fueron de 1,74cm, 1,20cm y 1,01cm respectivamente.

El valor promedio de Contenido de Humedad para las probetas del Grupo SA de las cuatro zonas fue de 98,86%, con un valor mínimo y máximo de 68,25% y 140,28% respectivamente, y una desviación estándar de 14,98%. El valor promedio de Contenido de Humedad para las del Grupo SB de las cuatro zonas fue de 113,51%, con un valor mínimo y máximo de 53,28% y 194,24% respectivamente, y una desviación estándar de 27,21%.

La variación entre niveles de factor para el factor zona no es significativa sobre la variable resistencia a la Compresión Perpendicular, con un valor-p de 0,2694.

La sección del culmo no es un factor determinante sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular con valor-p de 0,4300. La parte inferior es la más resistente y no difiere significativamente de los valores promedios de las secciones media y superior.

La presencia de estado de saturación en las probetas con % de CH promedio de 98,86 y 113,51 no produce efectos estadísticamente significativos sobre la resistencia a la Compresión Perpendicular a la fibra con un valor-p de 0,2243. El valor promedio del esfuerzo a Compresión Perpendicular para probetas de Grupo SB y Grupo SA fue 7,39 y 8,5 MPa respectivamente.

Los efectos de las interacciones entre factores no son significativos. El valor-p para la interacción entre Área y sección fue de 0,8049, para los factores sección y saturación de 0,2523 y para Área y Saturación de 0,3827. El valor p para la interacción entre Área, Sección y Saturación (ABC) fue de 0,0607 siendo el valor más cercano al  $p=0,05$ .

El contraste de hipótesis valido la normalidad de los residuos, la homocedasticidad y la independencia de los residuos para el análisis de varianza multifactorial (ANOVA) de resistencia a Compresión Perpendicular.

El valor característico a Compresión Perpendicular para las cuatro zonas de Probetas Grupo SB y Grupo SA fue de 2,16 MPa y 3,81 MPa. El valor característico de las probetas Grupo

SA de 3,81 MPa fue superior al encontrado por Lozano et al (2010), Ardila Cesar (2013) y la Norma Sismo Resistente Colombiana.

El Esfuerzo Admisible modificado (%CH=12%) a Compresión Perpendicular para las cuatro zonas de las Probetas del Grupo SB y Grupo SA fue de 0,80 MPa y 1,41 MPa. El Esfuerzo Admisible modificado de las probetas Grupo SA de 1,41 MPa fue superior al encontrado por Lozano et al (2010), Ardila Cesar (2013) y la Norma Sismo Resistente Colombiana.

El Módulo de Elasticidad Circunferencial (M.E.C.) para las cuatro zonas de Probetas del Grupo SB y Grupo SA fue de 228,12 MPa y 567,99 MPa. Las probetas del Grupo SA obtuvieron un valor promedio de M.E.C. menor al de Lamus (2008) y mayor al de Lozano et al (2010) y Torres (2007). En cambio las probetas del Grupo SB obtuvieron un valor promedio de M.E.C. menor al de Lamus (2008). Lozano et al (2010) y Torres (2007).

## 8. RECOMENDACIONES

La selección de las unidades experimentales, en este caso los culmos de *Guadua angustifolia*, deben ser obtenidos de forma aleatoria para garantizar la representatividad y la autenticidad de la información obtenida.

La precisión de las herramientas es de suma importancia para hacer una buena caracterización física de la guadua y sus probetas.

Para futuras investigaciones de Análisis de Varianza multifactorial (ANOVA) para la resistencia a Compresión Perpendicular se sugiere añadir el factor nudo y un grado de saturación (%CH) de mayor diferencia para identificar y comparar su incidencia sobre la resistencia.

Se podría estudiar la influencia de los tres factores (Área-sección-Saturación) sobre el Módulo de Elasticidad Circunferencial a través de un ANOVA.

## 9. BIBLIOGRAFIA

AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (1998). Normas Colombianas de Diseño Sismo Resistente. (NSR-98). Bogotá.

AIS, A. C. NSR-10. Citado por: LUNA, Patricia, et al. Metodología de diseño de estructuras en *Guadua angustifolia* como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. 2011. Revista Educación en Ingeniería (11), 66-75

ALARCÓN, J., OLARTE, J., 2013. Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito -Huila. Proyecto de grado. Neiva: Universidad Surcolombiana. 149p.

ARDILA CESAR, 2013. Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *Guadua angustifolia* Kunth del departamento de Tolima, Colombia- Universidad Nacional de Colombia, Sede; Bogota. Pag 78

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGIENERIA SISMICA, AIS. Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Titulo G- Estructuras de madera y estructuras de guadua. Marzo de 2010.

AYALA E. FERNANDO, CADENA A. JORGE. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* de los municipios de Chachagüi y Buesaco ubicados en la zona norte del departamento de Nariño. Nariño: Universidad de Nariño, 2011.

BOQUÉ, Ricard y MAROTO, Alicia. El análisis de la varianza (ANOVA). 1. Comparación de múltiples poblaciones. Grupo de Quimiometría y Cualimetría. Universitat Rovira i Virgili. p 1, 2004.

CAMACHO R, VICTOR. PAEZ R. HUMBERTO. Estudio de conexiones en guadua solicitadas a momento flector. Bogota: Universidad de Colombia, 2002.

CHEATLE, D y LÓPEZ, L. Diseño de uniones y elementos en estructuras de Guadua. Seminario - Taller Avances en la investigación sobre Guadua. Pereira, 2002.

CAPERA, A., ERAZO, W., 2012. Resistencia a la compresión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito -Huila. Proyecto de grado. Neiva: Universidad Surcolombiana. 145p.

DIAZ, Francisca, et al. Bioestadística: métodos y aplicaciones. Universidad de Málaga. 2008. Disponible en: <http://www.bioestadistica.uma.es/baron/bioestadistica.pdf>. Consultado: Abril 2016.

EISENHART. Citado por Pacheco, Pedro Nel. Unidad 3: Diseños completamente aleatorizados. Principios del análisis de varianza. Curso virtual diseño experimental para posgrados. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Estadística, 1947.

GARCÍA, J., 2004. Definición de áreas óptimas de calidad de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), orientada a satisfacer las necesidades del mercado. Tesis de maestría. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial. 118p.

GONZALES LUIS, GIRALDO CAMILO, TORRES JANNETH, Evaluación de la resistencia a la compresión en canutos de guadua, rellenos con morteros. Publicado en revista colombiana de materiales No 5. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 32p. 2014

HIDALGO, OSCAR. Bamboo: The Gift of the Gods. Bogota. ISBN 958-33-4298-X. 2003.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS, ICONTEC (2006). Uniones de estructuras con *Guadua angustifolia* Kunth. (NTC5407). Bogotá

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION, ISO (2004). Bamboo structural design. (ISO 22156).

JAIMES, MIGUEL y TORRES CHACÓN. Vivienda típica prefabricada en concreto reforzado con bambú, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería, 1984.

KUEHL, Robert. Diseño de experimentos: Principio estadístico de diseño y análisis de investigación. Segunda edición. International Thomson Editores, Inc. México, 2001.

L.A. TORRES, K. GHAVAMI y J. J. GARCÍA, 2007. A transversely isotropic law for the determination of the circumferencial Young modulus bamboo with diametric compression test. Publicado en Latin American Applied Research.

LAMUS. B, FABIAN. Calificación de una conexión viga-columna resistente a momento en *Guadua angustifolia*. Universidad Nacional de Colombia. 2008

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

LONDOÑO, XIMENA. Documento 'La guadua: un gigante dormido' Pag 4 y 5. Publicado en las memorias "Seminario guadua en la reconstrucción" Armenia Quindío Febrero 10, 11 y 12 del 2000.

LONDOÑO, Ximena. Botánica morfología. 2008

LOPEZ, I., TRUJILLO, D. Diseño de uniones y elementos en estructuras de guadua. Seminario- Taller, Avances en la investigación sobre guadua. 2002, Pereira, Colombia.

MARTINEZ CACERES, E. Puentes en do mayor. Congreso Mundial de Bambu/Guadua, 1992.

MARTÍNEZ, H., PINZÓN, N., ESPINOSA, D., 2005. La cadena de la guadua en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. 26p.

MARTÍN J. Y MATEUS L. Resistencia a la comprensión paralela a la fibra de la Guadua castilla (Tesis Ingeniero Agrícola). Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 70-75, 1981.

MENDOZA, Henry y BAUTISTA, Gloria. Diseño Experimental. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2002.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR10”, Santafé de Bogotá, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010.

MINISTERIO DE FOMENTO, gobierno de España. (n.d). Consultado en abril de 2016. Disponible en: [http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/7E6874BB-AF3B-4B35-B676F9F6A1930B5C/37457/CAPITULOIII borde.pdf](http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/7E6874BB-AF3B-4B35-B676F9F6A1930B5C/37457/CAPITULOIII%20borde.pdf)

MONTGOMERY, Douglas y RUNGER, George. Applied statistics and probability for engineers. Third edition. John Wiley & Sons, Inc. United States of America. 2003.

MORAN UBIDIA, JORGE. Origen de la palabra “Bambú”. 2002  
Osorio S., J.A., et al., “Evaluación de las propiedades mecánicas de la estructura interna de la Guadua con un modelo matemático”, Dyna, Vol. 76, No. 160, 169-178, 2009.

PACHECO PUENTES Cari Alejandra. resistencia a la traccion perpendicular a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá 2006 Pag 13-14

PANTOJA T. NELSON, ACUÑA J. DIEGO. Resistencia al corte paralelo a la fibra de la *Guadua angustifolia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2005 p 70.

PRAT, Albert, *et al.* Control y Mejora de la Calidad. Edicions UPC, 1998. p 132-133

PRIETP A. RAUL. Optimización de unión en guadua ante sollicitación de fuerza sísmica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas, 2004).

RAMOS RAUL. Diseño de Experimentos Capitulo 1 2 y 3. Bucaramanga: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), 2008.

RÍOS V. CECILIA. Estadística y Diseño de Experimentos. Peru: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.

SALAS, E. Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia. PhD thesis, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona (ETSAB), Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Barcelona, Spain, 2006. Pag 36,53

SEELY, F.B. Resistencia de materiales. Editorial Hispanoamericana. México. 1954.

TICONA, Julio, *et al.* Diseño Factorial Multinivel. [Diapositivas]. 2014. Diapositiva 29, Color

VILLEGAS, F., 2005. Comparación consumo de recursos energéticos en la construcción de vivienda social: Guadua vs Concreto. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. 114p.

VICÉNS, José, *et al.* Análisis de la varianza (ANOVA). 2005. p 4.

WACKERLY, Dennis; MENDENHALL III, William & SCHEAFFER, Richard. Estadística matemática con aplicaciones [online]. Sexta edición. Thomson Editores. Disponible en: [http://books.google.com.co/books?id=0omi4yHIId3UC&pg=PA628&hl=es&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.co/books?id=0omi4yHIId3UC&pg=PA628&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false). Consultado: Abril 2016

# ANEXOS

**ANEXO 1. Caracterización física de culmos del Predio A. Longitud de entrenudos (cm)**

culmos entrenudos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13
1	12,4	11,8	11	10,1	12,6	14,8	13,8	11,3	10,5	12,8	14	17,2	15,2
2	13,5	14,2	11,9	11	12,5	14,5	15,5	13,5	11	15,5	15,2	18,1	14,3
3	15,2	14,7	13	12,6	14,3	17,2	16,4	15,6	13,2	16,9	17,1	18,2	15,8
4	15,8	16,9	13,5	14,2	15,4	17,5	18,5	16,9	16,7	18,1	17,5	18,9	16,5
5	17,5	16,5	15,4	15,5	16,2	18,4	18,5	18,6	18,2	18,8	19	19	17,2
6	17,4	16,8	15	17,1	17,7	19,2	20,6	19,6	20,1	20,1	19,1	20,5	17,8
7	17,9	17,2	16,6	18,5	19,5	20,3	21,2	21,2	21,1	20,5	20,2	21	18,5
8	17,9	17,8	16,5	18,9	21	21	23,2	21,1	23,1	20,9	20,5	22,7	19,4
9	18,8	18,1	17,8	20	22,9	22	23,5	22,9	25	20,7	21	23,1	20,3
10	18,4	19,8	17,8	20	24,1	22,9	25,1	22,1	26,4	22,8	21,2	24,5	21,5
11	19,3	21,5	19,2	21,5	25,2	22,5	25	23,5	26,5	22,9	23	24,9	22,5
12	19,5	22,8	20	21,4	24,8	25	26,6	22,8	27	22,1	23,5	27	24,3
13	19,4	23,5	21,1	21,6	25,5	25,2	26,7	25,1	27,1	23,8	24,5	26,6	24,2
14	20,5	23,4	21,3	21	27,4	26,7	28,2	24	27,1	22,9	24,2	27,7	25,8
15	22,2	26,4	23,8	21,1	26,2	27	28,1	26,5	27,2	25	26,9	28,9	26,2
16	24	25,8	22,8	19,7	26,5	26,9	29,8	26,2	26,8	25,9	26,3	30,6	27,4
17	24,3	28	23,9	21,8	28,9	26,5	30,1	27,4	27,9	26,1	28,3	31,3	28,5
18	25,9	28,9	24	22,9	27	28,2	32	27,9	28,5	25,6	27,4	32	28,9
19	28,8	29,1	25	25,9	30	28,4	32,6	28,2	28,1	25	29,3	32,1	30,5
20	29,9	30,7	25,4	27,9	31,8	30,2	34	27,8	29	26,4	29	32,3	31
21	31	30	26,8	30,8	32,5	29,1	34,5	30,2	29,5	29	30,4	31,3	32,6
22	32,1	33	27,5	31,4	33,3	30,5	36	31,6	28,7	28,9	30	31,9	32,9
23	32,2	32,1	28,1	32,5	35,3	30,5	35,9	34,5	29	28,8	30,3	31,8	33,5
24	34,9	35	28,2	31,2	36,7	32,1	37,4	34	29	28,3	30,3	32,8	32,4
25	34,9	33,4	27,5	32,1	38	32,3	37,1	36,2	30,1	28,2	30,6	33,6	33,3
26	33,9	35,2	28,2	31	37,2	33,4	36,3	36,1	30,3	28	29,1	31,5	32,5
27	35,8	35,9	29	31,3	38,9	32,4	36,4	37,7	30,2	28,8	30,1	33,1	33
28	35	36,4	28,1	30,2	39,3	34,1	36,5	36,1	31	31,2	29,8	34,3	31,7
29	35,1	34,8	28	30,6	38,2	33,6	35,6	37	30,5	32,9	29,2	34,1	31,1
30	34,9	36,6	27,5	30,2	38,1	35,4	36,6	36,9	30,1	32,5	30	34,8	32,2
31	34,4	36,5	28,1	30,1	38	33,6	35,5	39,4	32,1	33	31	33,9	33,4
32	34	37,6	27,9	29,7	37,3	34,9	35,4	37,6	33	37,5	31,8	33,9	32,4
33	34,2	35,9	27,1	32	37,2	32	34,2	37,8	33,2	37,4	31,8	33,8	32,8
34	33	37	25,9	31,1		31,1		34,2	35	38,6	31,8	35,1	32,8
35	33,4	33,3	24,9	32		31			34,7	40	33,2		34,6
36	32,2		28	32,3					32,8	40,9	33,8		
37			28,6	33,8									
38			31,1										
39			32,5										
40			33,8										

**ANEXO 2.** Caracterización física de culmos del Predio B. Longitud de entrenudos (cm)

culmos entrenudos	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15
1	7	9	9	10,2	7	9	9,6	8	9,4	11,4	10	11,2	8,4	10,4	12,4
2	9,1	10,2	8	9	8,3	10,4	9,6	6,8	9,7	12,2	10,8	12	10	11	12,5
3	8,1	10,9	9,1	10	9,3	9	10	9	9,4	12,8	9,8	12,8	10,4	10,5	12
4	9,2	11	9	10,2	11,2	9	10,8	7	10,2	13	11,2	12,5	10,8	10,9	13,4
5	9,1	11	9,3	13,1	10,9	9	11,4	8	11,8	14,2	12	12,8	10,8	11	13,4
6	11	11,9	9,6	13,2	11,9	9,6	11,6	7,4	11	13,6	15	13,4	11,5	13	14,5
7	11,3	11	11,2	14,2	12,1	11,6	11,11	8,8	11,8	14,8	14	14,1	11,8	13,4	14
8	13	10,9	12	15	14	13	11,6	9	12	14,5	17	13,8	12,3	14,3	14,8
9	11	11	13,6	16	14	13	12	12	11,8	16,5	15,5	13,8	12	15,6	14,2
10	10,1	13,1	12,1	16,2	16,2	15	13	12,6	11	15,2	17,4	13	12,4	17	15
11	9	15,2	13,6	17,9	16	13	12,5	13,8	12,2	16,5	16,5	14,6	12,2	17,8	13,2
12	9,1	16,8	13,8	18,1	18,3	13	13,3	12,4	13	18	18,4	15,9	12,8		13,5
13	7,9	18	15	19,4	18,1	11,2	14	13	14,4	17,8	18	16,4	12,6	18,8	12,8
14	9,3	18,1	15,6	18,3	21,9	11,6	15	12	18	20,2	19,4	16,4	15,2	20	12,9
15	15	18,3	16,8	17,1	21,2	9,2	15,6	14,2	20	19,8	17,8	18,2	14	20,4	13,8
16	18,4	18	16,4	18,3	23	8,6	16	15,6	22	22,4	19,4	20	13,8	22,2	16,6
17	20	17,8	17,2	21	23	8	15,4	19,8	21,8	21,5	17,3	21,8	10,7	23	17,2
18	22	22,1	19	24,1	25	11,6	14,4	19,4	21,8	25,5	17	22,7	9,8	24	20
19	23	24,2	20,8	25,1	25,2	16,4	14	21,4	22	25,8	12,2	22,6	8,4	24,4	20,6
20	22,3	25	21,2	26,2	26,4	18,8	15,2	19	23,2	28	13,3	22,1	11,4	23,5	23,1
21	22,3	24,8	22,2	27,2	26	20	15,2	19,8	24,9	27	17	20,4	16,8	23,5	22,6
22	23,2	23,5	22,2	28,2	27	22	12,8	18	26,4	29,2	21,3	18,6	18,4	22,8	23,6
23	25,5	24,8	23,8	28,1	26,4	22	20,8	18	27	28,8	31,5	18,6	20,4	22	23,2
24	27,1	27	23,4	29,1	27,2	20,6	23	15,5	25,2	29,5	24	19,1	23,5	23	24
25	27,1	28	23	30,2	27,2	18,8	23,8	16,5	24,8	28,8	25,6	19,1	26,3	22	23
26	27,3	28,3	23,8	32	26,2	16	26,2	16,8	25	27,5	27,8	20,5	26,8	24	25
27	29	31	23,8	32,1	22	16,8	28	19	24	23	28	25	27,8	24,6	23,5
28	32	31,2	23,6	33	16,1	21,1	28,4	14	27,1	23	29	27	27,8	26,4	25,2
29	31	31,2	23,8	33,9	11,7	22,4	28,8	11	28,4	23,8	27,5	28,8	27,8	25,4	24
30	26,1	32	23,4	35	12,4	23	30,4	6,8	28	25	31,4	28,5	27	23,2	25
31	24,4	33,1	24	35,2	12	23,8	30,8	5	27,8	22,2	31	29,1	27	25,4	24
32	27	34,9	24	34,9	8,2	24,1	32	7,3	27,6	23,8	30,8	30,8	25,8	24,8	25,6
33	29	35,5	24	34,9	10	24,2	34	13,8	28,8	23,5	24,4	31,2	23,8	28,8	23
34	31	35,5	24,4	34,4	10,3	25,8	34,2	15,3	30	26,6	31,8	30,5	28,4	24,3	24,2
35	33,3	35,2	24,4	34,9	14,1	25,4	35	19	28,3	27	36	37,4	30	29,6	23,2
36	36	33,6	23,8	34,9	16	25,8	35	20	25,2	27,5	36,2	29,2	30,2	30	24,8
37	37	31,4	22,8	34	16,3	27,6	35,2	21,8	18,2	25,8	36,2	32	33,4	30,8	24,8
38	39	30	22		17,2	29,6	35,6	23,8	14,9	24,1	39	32,6	34,8	32	27
39	39	28,2	21		16,3	29,4	35	22,8	12	20,8	39	36	35,6	31	27,2
40	37,2	27	21,4		14,3	31	35	26	14,4	20	42,7	37,4	37,2	30,9	29,8

41	35	27	23		13	33	35	29,8	22,4	20,8	43,5	48	38,8	31	28,8
42	33		25		17,3	35	33	32,4	24,8	16,8		39,8	40,5		30,8
43	32,1		26		17,4	36,6	33	37	28,6	17,4			41,4		30,8
44			28		16	38,2		37,8	32,4				44		30,2
45			28,2		13,1	39,3		41,2	33,2						31
46			29		15,5	34,2		42							
47					19,2			46							
48					20,2			47,4							
49					22,3			48,5							
50					21,2										
51					23										
52					23										

### ANEXO 3. Caracterización física de culmos del Predio C. Longitud de entrenudos (cm)

culmos entrenudos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
1	15,2	14	13	13,1	13,7	15,5	15,9	12,9	14,5	14	13,9	14,5	12,2	11,2	14
2	15,5	15,5	14,4	14,5	15,6	16,2	15,6	13,4	16,6	15,4	13,2	14,6	14,5	13,2	15,2
3	15	16,6	17	15,6	15,2	15,5	17	13,4	17,4	15,5	15,8	15,4	15,3	13,1	16
4	16,2	17,2	16,9	17	15,8	16,3	16,2	13,8	18,3	17,1	15,9	15,7	15,4	14,3	17,1
5	15,6	16,9	18,1	17,5	15,2	18,1	17,2	13,4	18,4	17,6	16,8	17	16,5	14,2	18,5
6	17,1	17,2	18,3	18,6	17	18,4	17	13,6	19,2	18,1	17	17,3	16,6	13,3	18,8
7	16,5	18,3	19,3	18,9	18	18,2	17,5	13,7	18,3	17,9	17,1	18,1	19,2	14,7	19,3
8	18,6	19,2	18,6	19,2	18,9	19,6	17,5	14,4	19,6	16,5	17,9	18,2	17,8	16,8	18,8
9	17,7	20,3	20,2	20	19,9	21	17,1	14,6	19,8	11,5	18,8	19,7	19	16,4	20
10	18,9	20,8	19,5	19,5	19,5	19,6	19,5	15,7	19,7	15,2	18,7	19,2	18,5	18	19,7
11	18,9	21,2	21	21	20,1	20,9	18,9	15,5	20,5	18,9	20	20,6	20,1	18,1	21,3
12	21,1	20,4	19,8	20,8	22,1	20,3	20,7	17,2	20,3	21,5	21,2	20,3	18	19,4	20,8
13	20,5	22,5	21,4	21,7	23,2	22,9	20,2	17	22	20,8	23,7	21,4	20,2	19	22,3
14	22,5	23,1	20	20,8	23,7	22,4	22,6	18	20,5	23,2	22,5	21,8	18,8	20,6	21,8
15	22	24,8	21,9	22,9	25,2	25	22,5	18,1	24,4	23,1	25,1	23,1	20	21,1	24,1
16	24	25,5	20,6	22,5	25,8	24,9	25,2	19,3	23,3	26,2	25,4	23,9	18,9	23,5	24,2
17	24,5	26,9	23,4	25	27,7	27,3	25,7	19,9	26	25,3	27,6	25,9	20,9	23,7	27
18	27,6	28,9	23	25,1	28,5	27	28,2	22	26,2	28,3	27,1	26,2	21,5	26,4	27,4
19	27,2	29,8	25,4	27,7	29,9	29	27,9	22,7	28,9	27,5	29,5	27,9	26,6	26,2	29,9
20	28,8	30,9	25	27	29,9	28,7	31,5	24,2	29,2	29,3	28,3	27,1	27,4	28,9	30,4
21	27,6	31,8	28,1	28,5	31	29,7	30,2	24,2	31,4	28,2	28,8	27,9	30,9	27,9	31,7
22	29,5	31,9	26,5	27,5	31,1	31,2	32	25,1	30,5	30,1	27,8	27	31,8	30,5	32
23	28,7	31,5	28,6	29,1	31,5	31,1	30,9	25,2	32,1	29,2	28,6	28	36,1	29	32,4
24	29,5	31,4	26,9	28	31,6	33,1	32,3	25,7	31	30,6	27,2	27,8	35,9	30,5	33,2
25	28,5	31,7	29,4	28,7	32	32,1	31,6	25,6	33,1	28,7	28,4	28,3	38,9	29,5	33,4

26	29,4	31	27,9	29,3	32	35,2	33,1	26,3	32,9	30	26,9	26,9	37,3	32	33,5
27	29	29,5	29,5	30,4	31,9	34,1	32,2	26	33,7	28,9	28,4	28,2	39,8	31,9	39,1
28	30,1	25	28	29,8	32,2	36,1	33,5	26,5	33	31	27,2	28,1	38,5	32,1	33,4
29	29,5	28,5	29,2	31,5	33,5	36	33	26	34,5	28,8	28,8	29,1	40	32,1	33,9
30	31	29,2	27,8	30,7	33,8	37	34,4	26,7	34	30,4	27,2	28,8	38,2		33,6
31	30,4	30,9	29,4	31,7	34	35,4	33,6	26,9	35,6	29,9	28,4	29,6	38,6		34,6
32	31,4	30,6	28	31,8	33,9	36,9	35,9	27,6	34,2	31,1	27,1	30,2	37,2		35,1
33	31,1	31,4	29,6	33	34,1	36,2	35,2	27,2	36	29,9	29,2	29,8	37,3		35,7
34	31,5	30,8	28,7	32,5	34,7	36,9	37,8	28	35	31,4	28,4	30,1	36,4		36
35	31,5	31,4	31	33,8	35,8	35,7	37,5	28,4	38,8	30	30,1	32,2	36,8		35,1
36	31,6	32,9	30,3	34				28,5		31,2	28,8	31,9			
37	31,3		32,1	34,9				28,5		30,3	30,2	31,9			
38	32,9		31,6					29			29,5				
39			33,4					28,8							
40								28,7							
41								27,2							
42								27,5							

#### ANEXO 4. Caracterización física de culmos del Predio D. Longitud de entrenudos (cm)

culmos entrenudos	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
1	14,1	13,1	11,3	14	11	15,5	14,8	15,8	10,1	13,9	10	9,5	12	12,5	11,5
2	14,3	14,3	11,5	14	13	16,8	14	17,4	11,2	14,7	12	11,3	13,7	15,4	13,5
3	17,2	16,9	14	15	17	18,2	14,7	18,8	12,9	17,5	12,3	12,2	14,8	15,5	15,2
4	17	17,5	14,2	14,5	19	18,5	12,2	19,4	13,9	17,4	14,5	14,7	15,9	16,7	17,1
5	18,5	19,5	14	16	20,5	20	15,3	21	14,8	19,2	17,2	14,6	16	18	17,8
6	18	19,8	16,1	18	20,5	20,5	16,8	21,5	15	18,9	19,4	15,7	16,3	18,4	19,7
7	21	21,8	15	19,9	22,1	21	19,7	23,8	15,3	20,9	19,8	15	16,5	18,9	19
8	20,5	21,9	18,8	21	22,2	21,5	19	24	13,9	20,9	21,8	17	16,8	20,5	20,5
9	22,3	23,7	20,3	22,5	21,5	20,5	21	26,8	11,8	23,3	22	17	16,5	21	20
10	22,3	22,5	21	23,5	23,2	21	21,8	26,5	11	23	23	17,8	17,9	22	21,5
11	23	23,9	22,4	23,5	22,5	21,3	23	29,4	16,4	25,3	23,5	16,9	17,5	21,8	20,5
12	23,5	23	22,6	23,9	22,5	22,8	22,5	29,5	18,9	24,5	25,5	17,1	18,8	23	22
13	24,7	23,2	24,2	24,5	22	23,7	23,8	31	20,9	25,5	25,4	15,5	18	21,5	21,5
14	24,4	21,6	25,2	26,3	23,2	25,8	23,5	32	22,7	25,5	28,8	16,2	18	24	23
15	23,4	21,2	27,4	26,5	23	26,5	24,8	34,7	22,6	26,4	30,4	15,8	16,2	23	23
16	23,2	22,1	27,1	27,7	24,8	29,5	25,2	34,5	23,7	25,4	31	12,9	15,5	23,8	24,5
17	27,5	27,5	28	28,3	28,2	30	25,5	35,5	23,4	30,7	31,9	10,2	12,3	25,4	23,7

18	27,2	33,9	30,7	28,8	27,8	31,5	25,5	36,3	26	32,5	33,4	9,5	12	26,8	24,5
19	26,5	37,9	33	29,8	28,2	31,5	27,9	40,4	29,5	38	34,5	12,5	13,5	27,8	21
20	28,2	38,2	33,8	32,4	27,5	33,5	29	40,8	32,8	39,1	35,7	13,7	20	30	19,7
21	30,1	39,4	34,8	33,5	29,6	33	29,7	41	35,9	36,3	35	14,2	18,2	30,2	16
22	30,1	39,5	36,5	33,9	28,1	34	31,4	41	39,1	36,1	36,4	17,8	21	31,7	17,3
23	30,4	41,1	36,8	34	30,7	33	32	42,5	39,7	37,5	34,3	20,1	23	31	24,2
24	32	41,4	35,2	36,5	217,9	34,5	33,3	40,5	40	38,1	35,5	25,3	26,5	32,6	29,6
25	34,2	41,3	36,5	36	32,3	34,5	33,5	40,5	39,8	34	34,5	27,2	27,8	33,4	30
26	32,2	40,2	35,2	35,5	31,6	35,5	34,5	40,9	39	34,1	36,3	30	28,8	33,2	33,2
27	34,2	39,8	37,4	36	28,6	35,5	32,5	42,3	38,7	38,3	35,5	29,1	29,5	33	33,5
28	34,6	39	37,9	37,4	34	37	32,9	42,4	37,9	39,7	36,5	28,7	32	32,5	34,2
29	34,2	41,2	38,1	36,8	34,5	35,4	32,5	43,5	37,2	41,6	35	29,1	34,5	34	33
30	35,3	40,9	37,9	36,5	34,7	35,5	33	44,5	37,5	39,4	37,5	28,9	35,5	34	37,2
31	37,7	41,3	37,5	37	34,8	37,7	37,4		38	42,1	37,5	25,1	36,5	34	39
32	37,1	40,8	37	37,7	34,4	38,5	38,2		39,2	40	38,7	25,3	39	33,5	39,6
33	38,2		35,5		35,1	38,7	38,8		38,4		38	27,8	40,5	36	40
34	36,8				36,1	38,5			40,4			28,8	40,3		42,3
35	38,2				35,9	38,5			40,3			31	39,5		42,5
36					35,5	39						30,6	39,3		44,4
37												31,4	39		
38												32,2	38,8		
39												30,8	38,5		
40												32,5			
41												34,8			
42												33,5			
43												17,1			

ANEXO 5. Caracterización de la *Guadua angustifolia* del Predio A. La Dalia

	Sección	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
A1	Diámetro	11,1	11,1	<b>11,1</b>	10,5	11,1	<b>10,8</b>	10	11	<b>11</b>	9,3	10,5	<b>9,9</b>	9,3	9,4	<b>9,35</b>	8,2	8	<b>8,25</b>
	Espesor	3,1	3,2	<b>3,15</b>	1,6	1,8	<b>1,75</b>	1,5	1	<b>1</b>	2	2	<b>2</b>	1,2	1,2	<b>1,2</b>	1,3	1	<b>1,3</b>
A2	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	11,4	10,4	<b>10,9</b>	9,8	9,8	<b>9,8</b>	10	9,7	<b>10</b>	8,8	9	<b>8,9</b>	8,7	8,7	<b>8,7</b>	6,9	7	<b>6,95</b>
A3	Diámetro	2,7	2,7	<b>2,7</b>	1,7	1,6	<b>1,7</b>	2,1	2,2	<b>2,2</b>	1,3	1,3	<b>1,3</b>	1,1	1,1	<b>1,1</b>	1,2	1	<b>1,1</b>
	Espesor	2,8	2,7		1,7	1,6		2,2	2,2		1,3	1,3		1,2	1,1		1,2	1	
A4	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	9,1	9,3	<b>9,2</b>	8,8	8,7	<b>8,75</b>	8,6	9	<b>8,8</b>	7	7,1	<b>7,05</b>	7,1	7,1	<b>7,1</b>	4,1	4	<b>4,05</b>
A5	Diámetro	2,3	2,3	<b>2,3</b>	1,7	1,8	<b>1,8</b>	1,3	1,3	<b>1,3</b>	1,2	1,2	<b>1,2</b>	1,5	1,1	<b>1,3</b>			
	Espesor	2,3	2,3		1,7	1,9		1,3	1,3		1,1	1,2		1,1	1,5				
A6	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	9,1	9,8	<b>9,45</b>	9,2	9,3	<b>9,25</b>	9,4	10	<b>9,7</b>	9,2	9,2	<b>9,2</b>	8,6	8,6	<b>8,6</b>	7	7	<b>7,05</b>
A7	Diámetro	2,5	2,7	<b>2,6</b>	1,6	1,5	<b>2,6</b>	1,6	1,6	<b>1,6</b>	1,7	1,7	<b>1,7</b>	1,1	1,1	<b>1,1</b>	1,2	1	<b>1,2</b>
	Espesor	2,6	2,5		1,6	1,6		1,6	1,6		1,7	1,7		1,1	1,1		1,2	1	
A8	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	14,1	13,1	<b>13,6</b>	12,9	12,8	<b>12,9</b>	12	12	<b>12</b>	13	11,6	<b>12,1</b>	13	12	<b>12,1</b>	11,5	11	<b>11,3</b>
A9	Diámetro				2,2	2,2	<b>2,25</b>	2,1	2,3	<b>2,3</b>	2,3			2,6	2,3	<b>2,4</b>	1,4	1	<b>1,35</b>
	Espesor				2,3	2,3		2,4	2,4					2,3	2,3		1,3	1	
A10	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	11,3	11,3	<b>11,3</b>	11	12,3	<b>11,7</b>	10	10	<b>10</b>	9,1	9,4	<b>9,25</b>	8,6	7	<b>7,8</b>	5,6	6	<b>5,55</b>
A11	Diámetro	3,2	3,2	<b>3,15</b>	2,6	2	<b>2,43</b>	2	1,8	<b>1,9</b>	1,7	1,7	<b>1,7</b>	1,2	1,3	<b>1,2</b>	1,4	1	<b>1,4</b>
	Espesor	3,1	3,1		3	2,1		2	1,8		1,7	1,7		1,2	1,2		1,4	1	
A12	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	13	12,4	<b>12,7</b>	12,8	12,8	<b>12,8</b>	12	12	<b>12</b>	11	11,1	<b>11,1</b>	11	11	<b>11,2</b>	9,3	10	<b>9,5</b>
A13	Diámetro	3,2	2,2	<b>3</b>	2,3	2,3	<b>2,3</b>	2,1	2,2	<b>2,2</b>	1,8	1,8	<b>1,7</b>	1,4	1,4	<b>1,4</b>	1,4	1	<b>1,4</b>
	Espesor	2,9	3,6		2,3	2,3		2,2	2,1		1,7	1,6		1,4	1,5		1,4	1	
A14	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	9,7	9,6	<b>9,65</b>	10,4	10,1	<b>10,3</b>	11	11	<b>11</b>	8	8,6	<b>8,3</b>	8,1	8,6	<b>8,35</b>	8,2	8	<b>8,2</b>
A15	Diámetro	3,1	2,2	<b>2,6</b>	2,1	2,1	<b>2,1</b>				1,6	1,5	<b>1,4</b>	1,2	1,2	<b>1,2</b>	1,1	1	<b>1,05</b>
	Espesor	3,2	2		2,1	2,1					1,1	1,5		1,2	1,2		1	1	
A16	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	9,6	9,4	<b>9,5</b>	9,3	9,3	<b>9,3</b>	9,2	9,3	<b>9,3</b>	9,3	9,8	<b>2</b>	7,2	7,2	<b>7,2</b>	5,4	6	<b>5,45</b>
A17	Diámetro	1,4	1,4	<b>1,4</b>	2	1,9	<b>1,7</b>	1,8	1,6	<b>1,7</b>									
	Espesor	1,4	1,4		1,7	1,3		1,6	1,6										
A18	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10,9	11	<b>11</b>	12	12,1	<b>12,1</b>	12	12	<b>12</b>	10	10,2	<b>10,2</b>	9,5	9,8	<b>9,65</b>	8,2	8	<b>8,3</b>
A19	Diámetro	2,9	2,9	<b>2,9</b>	2,1	2	<b>2</b>	2,4	2,1	<b>2,2</b>	1,4	1,5	<b>1,4</b>	1	1	<b>1,03</b>			
	Espesor	2,9	2,9		2,2	1,7		2,1	2,1		1,4	1,4		1,1	1				
A20	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10,6	11,9	<b>11,3</b>	12	12,1	<b>12,1</b>	12	12	<b>12</b>	10	10,2	<b>10,2</b>	9,5	9,8	<b>9,65</b>	8,2	8	<b>8,3</b>
A21	Diámetro				2,5	2,7	<b>2,7</b>	1,8	1,8	<b>1,8</b>	1,4	1,1	<b>1,2</b>	1,2	1	<b>1,1</b>	1,1	1	<b>1,1</b>
	Espesor				2,6	2,9		1,8	1,8		1,1	1,1		1,1	1,1		1	1	
A22	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10,7	10,8	<b>10,8</b>	10,5	9,8	<b>10,2</b>	9,9	10	<b>10</b>	8,5	8,7	<b>8,6</b>	9,8	9,9	<b>9,85</b>	6,1	6	<b>6,15</b>
A23	Diámetro	2,7	2,7	<b>2,7</b>	2,5	2,6	<b>2,6</b>				1,2	1,2	<b>1,2</b>	1,5	1,3	<b>1,4</b>	1,1	1	<b>1,1</b>
	Espesor	2,6	2,6		2,5	2,6					1,2	1,2		1,5	1,3		1,1	1	
A24	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	11,7	11,7	<b>11,7</b>	10,7	10,8	<b>10,8</b>	12	11	<b>11</b>	10	10,3	<b>10,2</b>	9	8	<b>8,5</b>	4,1	4	<b>4,05</b>
A25	Diámetro	3,1	3,1	<b>3,1</b>	1,9	2	<b>2,03</b>	2,1	2,1	<b>2,1</b>	1,6	1,6	<b>1,6</b>	1,2	1,2	<b>1,2</b>	1,2	1	<b>1,35</b>
	Espesor	3,1	3,1		2	2,2		2,1	2,1		1,6	1,6		1,2	1,2		1,4	1	

ANEXO 6. Caracterización de la *Guadua angustifolia* del Predio B. San Francisco

B1	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	8,3 8,2	<b>8,25</b>	8 7,7	<b>7,85</b>	8,2 8,1	<b>8,15</b>	6,1 6,5	<b>6,3</b>	5,5 5,5	<b>5,5</b>	3,9 4,1	<b>4</b>
	Espesor	1,2 1,2	<b>1,2</b>	1,2 1,2	<b>1,2</b>	1,2 1,1	<b>1,2</b>	1 0,7	<b>1,1</b>	0,9 0,8	<b>0,8</b>	1 1	<b>1</b>
B2	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro			8,8 9	<b>8,9</b>	8,1 8	<b>8,05</b>	6,8 6,5	<b>6,65</b>	5,1 5,1	<b>5,1</b>	4,8 5	<b>4,9</b>
	Espesor			1,5 1,6	<b>1,53</b>	1,4 1,4	<b>1,43</b>	1 1	<b>1</b>	0,9 0,8	<b>0,85</b>		
B3	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	10 10	<b>10,3</b>	9,5 9,2	<b>9,35</b>	8,7 8,4	<b>8,55</b>	5,5 5,5	<b>5,5</b>	4 4,5	<b>4,25</b>	4,4 4,2	<b>4,3</b>
	Espesor	2,6 2,8	<b>2,73</b>	2,9 2,7	<b>2,6</b>	1,2 1,5	<b>1,35</b>	1 0,9	<b>0,98</b>	1 1	<b>1</b>	1 1	<b>1</b>
B4	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	9,8 9,4	<b>9,6</b>	9,5 10	<b>9,75</b>	9,6 9,6	<b>9,6</b>	8 8,1	<b>8,05</b>	7,8 7,7	<b>7,75</b>	6 6,2	<b>6,1</b>
	Espesor	1,9 2	<b>1,95</b>	1,8 1,6	<b>1,8</b>	1,5 1,5	<b>1,5</b>	1,1 1,1	<b>1,1</b>	1 0,9	<b>1,03</b>	0,9 1	<b>0,93</b>
B5	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	8 7,9	<b>7,95</b>	8,1 8,2	<b>8,15</b>	8,1 8	<b>8,05</b>	7,8 7,6	<b>7,7</b>	6 5,8	<b>5,9</b>	4,9 4,8	<b>4,85</b>
	Espesor	1,4 1,5	<b>1,5</b>	1,1 1,3	<b>1,2</b>	1,3 1	<b>1,15</b>	1,2 1,2	<b>1,15</b>	1,1 1,1	<b>1,1</b>	0,8 0,9	<b>0,9</b>
B6	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	11 11	<b>11</b>	8,9 9	<b>8,95</b>	5 5	<b>5</b>	4,3 4,4	<b>4,35</b>	4,2 4,3	<b>4,25</b>	3,2 2,8	<b>3</b>
	Espesor	1,9 1,6	<b>1,8</b>	1,7 1,5	<b>1,7</b>	1 1	<b>1</b>			1 1	<b>1</b>	0,3 0,8	<b>0,55</b>
B7	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	10 9,5	<b>9,75</b>	8,9 8,8	<b>8,85</b>	8,6 8,6	<b>8,6</b>	6,6 6,2	<b>6,4</b>	5,2 5,2	<b>5,2</b>	3,7 3	<b>3,35</b>
	Espesor	2,1 2,1	<b>1,98</b>	1,4 1,5	<b>1,45</b>	1,5 1,4	<b>1,45</b>	1,4 1,2	<b>1,28</b>	1,1 1,2	<b>1,1</b>	0,9 1,1	<b>1</b>
B8	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	11 11	<b>11,35</b>	11 11	<b>11</b>	11 10	<b>10,4</b>	6 6,7	<b>6,35</b>	5,7 5,4	<b>5,55</b>	3,7 4,2	<b>3,95</b>
	Espesor	1,9 2,1	<b>2,03</b>	1,4 1,3	<b>1,38</b>	1,3 1,4	<b>1,33</b>	1,4 1	<b>1,4</b>	1,3 1,2	<b>0,97</b>	1 1	<b>0,97</b>
B9	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	12 12	<b>11,5</b>	11 11	<b>11</b>	10 11	<b>10,5</b>	8,9 8,7	<b>8,8</b>	8,2 8,1	<b>8,15</b>	6,4 6,7	<b>6,55</b>
	Espesor	1,9 2,4	<b>2,15</b>	1,8 2,7	<b>2,33</b>	1,2 1,5	<b>1,55</b>	1,6 2,2	<b>1,98</b>	1,3 1,3	<b>1,35</b>	1,4	
B10	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	11 11	<b>11,3</b>	11 12	<b>11,6</b>	9,9 9,9	<b>9,9</b>	8,2 8	<b>8,1</b>	5,6 5,9	<b>5,75</b>	5,8 4,4	<b>5,1</b>
	Espesor	2,2 1,9	<b>2,2</b>	1,8 2	<b>2,05</b>	1,7 2,1	<b>1,93</b>	2,3 2	<b>1,93</b>	2,4 1,7	<b>1,85</b>	1,2 1,3	<b>1,25</b>
B11	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	8,2 8,4	<b>8,3</b>	8,1 8,2	<b>8,15</b>	8 8	<b>8</b>	6,4 6,3	<b>6,35</b>				
	Espesor	1,5 1,8	<b>1,37</b>	1,3 1,4	<b>1,4</b>	1,3 1,4	<b>1,35</b>	1,1 1,4	<b>1,2</b>				
B12	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	9,9 10	<b>9,95</b>	9,7 9,8	<b>9,75</b>	9,5 9,5	<b>9,5</b>	8,4 7,5	<b>7,95</b>	7,3 7,3	<b>7,3</b>	4,7 4,9	<b>4,8</b>
	Espesor	2,3 2,2	<b>2,1</b>	1,9 1,8	<b>1,85</b>	1,7 1,7	<b>1,6</b>	2,2 1,5	<b>1,93</b>	0,9 1,1	<b>1,03</b>	2,2 1,5	<b>1,93</b>
B13	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	10 10	<b>10,3</b>	8,5 8,7	<b>8,6</b>	8,6 8,7	<b>8,65</b>	7,2 6,8	<b>7</b>	6,9 7	<b>6,95</b>	5,8 6,3	<b>6,05</b>
	Espesor	2,5 2,6	<b>2,6</b>	2 2,2	<b>2,13</b>	1,6 1,7	<b>1,73</b>	1,6 1,5	<b>1,55</b>	1,6 1,6	<b>1,16</b>	1,4 1,3	<b>1,3</b>
B14	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom

	Diámetro					9,5 9,7	<b>9,6</b>	8,3 8,4	<b>8,35</b>	7,7 7,3	<b>7,5</b>	4,2 4	<b>4,1</b>
	Espeor					2,3 2,4 2,5 2,3	<b>2,4</b>	2,4 2,3 2,4 2,3	<b>2,35</b>	2,2 2,2 2,1 2,1	<b>2,15</b>	1,2 1,2 1,2 1,2	<b>1,2</b>
B15	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	11 11	<b>10,5</b>	9,7 9,6	<b>9,65</b>	9,4 9,2	<b>9,3</b>	4,2 4,3	<b>4,25</b>	4,2 4	<b>4,1</b>	3,2 3	<b>3,1</b>
	Espeor	1,6 1,6 1,7 1,6	<b>1,63</b>	1,5 1,3 1,5 1,4	<b>1,43</b>	1,2 1,2 1,2 1,2	<b>1,2</b>	0,9 1 1 1	<b>0,98</b>	1 1 1 1	<b>1</b>	0,3 0,8 0,2 0,9	<b>0,55</b>

## ANEXO 7. Caracterización de la *Guadua angustifolia* del Predio C. Zanjonés

C1	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	9,5 9,5	<b>9,5</b>	9,5 9,5	<b>9,5</b>	9,4 9,6	<b>9,5</b>	8,3 8,3	<b>8,3</b>	8,3 8,2	<b>8,25</b>	8,2 8	<b>8,1</b>
	Espeor	1,7 1,8 1,7 1,8	<b>1,75</b>	1,7 1,8 1,7 1,8	<b>1,75</b>	1,5 1,4 1,1 1,2	<b>1,3</b>	1,2 1,1 1,5 1,4	<b>1,3</b>	1,2 1,1 1,5 1,4	<b>1,3</b>		
C2	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	12,7 12,5	<b>12,6</b>	11,7 11,7	<b>11,7</b>	12,7 12,7	<b>12,7</b>	11 10,8	<b>10,8</b>	10,8 10,8	<b>10,8</b>	8,8 8,8	<b>8,8</b>
	Espeor	1,9 2,3 2,8 2,4	<b>2,35</b>	2,4 2,2 2 2,3	<b>2,23</b>	1,9 2,4 2,2 2,3	<b>2,2</b>	1,4 1,4 1,7 1,5	<b>1,5</b>	1,4 1,5 1,4 1,7	<b>1,5</b>	1,5 1,1 1,7 1	<b>1,33</b>
C3	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	10,3 10	<b>10,15</b>	10,1 10,1	<b>10,1</b>	10,1 10,1	<b>10,1</b>	8,2 8	<b>8,1</b>	8,2 8	<b>8,1</b>	5,9 5,7	<b>5,8</b>
	Espeor	2,6 2,7 2,4 2,4	<b>2,53</b>	1,9 1,7 1,7 1,7	<b>1,75</b>	1,7 1,7 1,7 1,7	<b>1,7</b>	1,1 1,2 1,2 1,1	<b>1,15</b>	1,1 1,2 1,1 1,2	<b>1,15</b>	0,8 0,9 0,9 0,8	<b>0,85</b>
C4	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	10,2 11,3	<b>10,75</b>	11,5 11,6	<b>11,6</b>	11,5 11,6	<b>11,6</b>	11 11	<b>11</b>	10,5 10,9	<b>10,7</b>	9,4 9,2	<b>9,3</b>
	Espeor	1,9 2,7 2,5 2,8	<b>2,5</b>	2,3 2,2 1,9 2,3	<b>2,2</b>	1,9 2 1,9 2,2	<b>2</b>	1,5 1,4 1,4 1,5	<b>1,45</b>	1,1 1,2 1,4 1,2	<b>1,23</b>	1,2 1,2 1,4 1,2	<b>1,25</b>
C5	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	11,4 11,4	<b>11,4</b>	11,1 11	<b>11,1</b>	11 11,1	<b>11,1</b>	11 9,7	<b>10,3</b>	10,2 9,7	<b>9,95</b>	8,6 8,6	<b>8,6</b>
	Espeor	2,2 2,2 2,1 2,2	<b>2,2</b>	1,7 1,7 1,7 1,8	<b>1,73</b>	1,7 1,7 1,7 1,8	<b>1,73</b>	1,2 1,2 1,4 1,2	<b>1,25</b>	1,2 1,4 1,2 1,1	<b>1,23</b>	1,1 1,1 1,1 1,1	<b>1,1</b>
C6	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	10,5 11,8	<b>11,15</b>	10,7 10,7	<b>10,7</b>	10,7 10,7	<b>10,7</b>	9,5 9,5	<b>9,5</b>	9,5 9,5	<b>9,5</b>	8,5 8,5	<b>8,5</b>
	Espeor	2 2,5 2,5 2,5	<b>2,38</b>	1,7 1,7 1,6 1,6	<b>1,65</b>	1,6 1,6 1,7 1,7	<b>1,65</b>	1,4 1,2 1,2 1,2	<b>1,25</b>	1,1 1,1 1,1 1,1	<b>1,1</b>	1,1 1,1 1,1 1,1	<b>1,1</b>
C7	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	12,3 12,2	<b>12,25</b>	12 11,7	<b>11,9</b>	11,7 12	<b>11,9</b>	11 11,2	<b>11,2</b>	10,9 10,9	<b>10,9</b>	9,7 9,7	<b>9,7</b>
	Espeor	2,6 2,4 2 2,2	<b>2,3</b>	2 1,9 2,1 2	<b>2</b>	2 2 2,1 1,9	<b>2</b>	1,4 1,5 1,3 1,1	<b>1,32</b>	1,4 1,1 1,5 1,3	<b>1,32</b>	1,1 0,9 1,3 1,2	<b>1,13</b>
C8	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	10,9 10,9	<b>10,9</b>			9,5 9,5	<b>9,5</b>	8,5 8,5	<b>8,5</b>	8,5 8,5	<b>8,5</b>		
	Espeor	2 2,1 2,1 2,1	<b>2,1</b>			1,3 1,3 1,4 1,3	<b>1,33</b>	1 1 1,1 1	<b>1,03</b>	1 1,1 1 1	<b>1,03</b>		
C9	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	11,5 11,5	<b>11,5</b>	11 11	<b>11</b>	11 11	<b>11</b>	11 10,7	<b>10,6</b>	10 10	<b>10</b>	9,7 9,7	<b>9,7</b>
	Espeor	2,5 2,5 2,3 2,3	<b>2,4</b>	1,9 2 2,2 2,1	<b>2,05</b>	1,9 2,1 2 2,2	<b>2,05</b>	1,3 1,2 1,5 1,1	<b>1,3</b>			1,1 1,1 1,1 1,1	<b>1,1</b>
C10	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	11,3 11,4	<b>11,35</b>	11,2 11,4	<b>11,3</b>	11,2 11,4	<b>11,3</b>	10 10	<b>10</b>	10 10	<b>10</b>		
	Espeor	2 1,8 2,7 2,6	<b>2,28</b>	1,7 1,7 1,7 1,7	<b>1,7</b>	1,7 1,7 1,7 1,7	<b>1,7</b>	1,1 1 1,2 1,3	<b>1,15</b>	1,2 1,1 1 1,3	<b>1,15</b>		
C11	Guadua	II	prom	IS	prom	MI	prom	MS	prom	SI	prom	SS	prom
	Diámetro	11,4 11,4	<b>11,4</b>	11,2 11,2	<b>11,2</b>	11,2 11,2	<b>11,2</b>	10 10	<b>10</b>	10 10	<b>10</b>	8 8	<b>8</b>
	Espeor	2,2 1,9	<b>2</b>	1,5 1,6	<b>1,45</b>	1,3 1,9	<b>1,58</b>	1,2 1,3	<b>1,43</b>	1 1,1	<b>1,13</b>	1,1 1	<b>1,05</b>

		1,9	2		1,4	1,3		1,6	1,5		1,6	1,6		1,2	1,2		1,1	1	
C12	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	11,4	11,4	<b>11,4</b>	11,4	11,4	<b>11,4</b>	11,4	11,4	<b>11,4</b>	9,5	9,5	<b>9,5</b>	9,5	9,5	<b>9,5</b>	8,3	8,3	<b>8,3</b>
	Espesor	1,9	2,1		1,6	1,8		1,8	2		1,2	1,2					1	1	
C13	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	11,7	11,5	<b>11,6</b>	11,4	11,1	<b>11,3</b>	11,4	11,1	<b>11,3</b>	10	10,3	<b>10,3</b>	10,3	10,3	<b>10,3</b>	9,2	9,5	<b>9,35</b>
	Espesor	1,7	2,1		1,4	1,7		1,7	1,3		1,7	1,3		1,7	1,3		1,5	1,2	
C14	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	12	12	<b>12</b>	11,6	11,4	<b>11,5</b>	11,4	10,6	<b>11</b>	11	10,1	<b>10,3</b>	10,5	10,1	<b>10,3</b>	8,7	8,7	<b>8,7</b>
	Espesor	3,7	2		1,6	1,7		1,6	1,8		1,5	1,2		1,5	1,7		1,1	1	
C15	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	12	12	<b>12</b>	11,3	11,5	<b>11,4</b>	11,3	11,5	<b>11,4</b>	11	10,2	<b>10,4</b>	10,2	10,4	<b>10,3</b>	9,2	9,1	<b>9,15</b>
	Espesor	2	2		1,7	1,7		1,8	1,6		1,3	1,3					1,3	1,3	

## ANEXO 8. Caracterización de la *Guadua angustifolia* del Predio D. Yamboró

D1	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	11,3	11,3	<b>11,3</b>	10,8	10,9	<b>10,9</b>	11	11	<b>11</b>	9,7	9,7	<b>9,7</b>	9,3	9,4	<b>9,35</b>	8,1	8,2	<b>8,15</b>
	Espesor	2,9	2,6	<b>2,8</b>	2,7	2,7	<b>2,68</b>	2	2	<b>2</b>	2,8	1,8	<b>2,1</b>	1,4	1,5	<b>1,55</b>	1,5	1,6	<b>1,53</b>
D2	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10,5	10,5	<b>10,5</b>	9,9	10	<b>9,95</b>	10	10,2	<b>10,1</b>	10,4	10,4	<b>10,4</b>	10	10	<b>10,1</b>	9	9,2	<b>9,1</b>
	Espesor	2,2	2	<b>2,1</b>	1,6	1,8	<b>1,75</b>							1,4	1,3	<b>1,35</b>			
D3	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10	9,9	<b>9,95</b>	10	10	<b>10</b>	11	10,9	<b>10,95</b>	8,9	8,8	<b>8,85</b>	10,3	10	<b>10,3</b>	7,9	7,4	<b>7,65</b>
	Espesor				2,2	2,2	<b>2,25</b>	2	2	<b>2</b>	1,7	1,7	<b>1,7</b>	1,5	1,5	<b>1,53</b>	1,5	1,3	<b>1,35</b>
D4	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10,1	9,9	<b>10</b>	10,2	10,2	<b>10,2</b>	9,9	9,8	<b>9,85</b>	9	9,3	<b>9,15</b>	9,8	9,6	<b>9,7</b>	9	9	<b>9</b>
	Espesor	2,3	2,2	<b>2,3</b>	2	1,9	<b>1,95</b>	1,5	1,7	<b>1,68</b>				1,4	1,5	<b>1,48</b>	1,4	1,4	<b>1,43</b>
D5	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	12,6	12,4	<b>12,5</b>	11,7	11,6	<b>11,7</b>	12,2	11,9	<b>12,05</b>	10,2	10,2	<b>10,2</b>	10,2	10	<b>10,1</b>	8,6	8,5	<b>8,55</b>
	Espesor	3,1	2,4	<b>2,65</b>	1,7	2,2	<b>1,85</b>	1,6	1,8	<b>1,73</b>	1,4	1,4	<b>1,5</b>	1,1	1,5	<b>1,23</b>	1	1	<b>1</b>
D6	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	12,4	12,4	<b>12,4</b>	11,7	11,4	<b>11,6</b>	11,8	11,8	<b>11,8</b>	10	9,9	<b>9,95</b>	9,9	9,8	<b>9,85</b>	8,4	8,4	<b>8,4</b>
	Espesor	2,8	2,6	<b>2,73</b>	1,8	2	<b>1,9</b>	1,8	1,8	<b>1,85</b>	1,3	1,4	<b>1,38</b>	1,3	1,4	<b>1,35</b>	1	1	<b>1</b>
D7	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10,3	10	<b>10,15</b>	11,8	12	<b>11,9</b>	11,7	11,9	<b>11,8</b>	11	11,4	<b>11,2</b>	11	11	<b>11,1</b>	10	10	<b>10,1</b>
	Espesor	2,4	2,5	<b>2,43</b>	1,7	1,7	<b>1,68</b>	1,7	1,4	<b>1,65</b>				1,6	1,4	<b>1,5</b>			
D8	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	9,1	9	<b>9,05</b>	9,1	9,2	<b>9,15</b>	9,2	9,4	<b>9,3</b>	9,9	9,8	<b>9,85</b>	9,8	9,7	<b>9,75</b>	8,7	8,6	<b>8,65</b>
	Espesor	2	1,7	<b>1,85</b>	1,7	1,6	<b>1,95</b>				1,8	1,6	<b>1,65</b>	1,3	1,3	<b>1,3</b>	1	1	<b>1</b>

		1,9	1,8		2,2	2,3			1,6	1,6		1,3	1,3		1	1			
D9	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10,4	10,5	<b>10,45</b>	8,4	8,9	<b>8,65</b>	8,7	8,6	<b>8,65</b>	9,1	9,2	<b>9,15</b>	8,8	9,1	<b>8,95</b>	7,6	7,7	<b>7,65</b>
	Espesor	2,2	3	<b>2,73</b>	1,9	1,9	<b>1,9</b>	1,7	2,1	<b>1,78</b>	3,2	2,7	<b>2,93</b>	3,4	3,5	<b>3,65</b>	2,1	2	<b>2,08</b>
		2,7	3		1,9	1,9		1,7	1,6		2,8	3		4	3,7		2,2	2	
D10	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	9,3	9,5	<b>9,4</b>	9,5	9,6	<b>9,55</b>	9,2	9,2	<b>9,2</b>	9,7	9,5	<b>9,6</b>	9,4	9,5	<b>9,45</b>	8,4	8,6	<b>8,5</b>
	Espesor	2,2	2,6	<b>2,35</b>	2,4	2	<b>2,2</b>	2,7	2,6	<b>2,63</b>	2,3	2,3	<b>2,33</b>	1,4	1,4	<b>1,48</b>	1,4	1,6	<b>1,53</b>
		2,5	2,1		2	2,4		2,7	2,5		2,4	2,3		1,5	1,6		1,6	1,5	
D11	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10,2	9,8	<b>10</b>	9,9	9,8	<b>9,85</b>	9,9	10	<b>9,95</b>	10,5	10,4	<b>10,5</b>	9,9	10	<b>10</b>	9	9,4	<b>9,2</b>
	Espesor	2	2	<b>2,03</b>	1,8	1,8	<b>1,8</b>							1,4	1,5	<b>1,45</b>	1,4	1,3	<b>1,33</b>
		2,1	2		1,8	1,8							1,4	1,5		1,3	1,3		
D12	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	7,7	7,6	<b>7,65</b>	10	10	<b>10</b>	9,8	9,7	<b>9,75</b>	7,8	7,6	<b>7,7</b>	7,7	7,6	<b>7,65</b>	6,4	6,3	<b>6,35</b>
	Espesor	1,5	1,3	<b>1,38</b>				1,8	1,6	<b>1,7</b>	2,4	2	<b>2,2</b>	1,5	1,6	<b>1,48</b>	1,5	1,7	<b>1,65</b>
		1,3	1,4				1,6	1,8		1,9	1,5		1,4	1,4		1,7	1,7		
D13	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	11,1	11	<b>11,05</b>	10,5	10,6	<b>10,6</b>	10,8	10,8	<b>10,8</b>	9	8,9	<b>8,95</b>	6,9	6,9	<b>6,9</b>	8,3	8,4	<b>8,35</b>
	Espesor				1,6	1,7	<b>1,55</b>							1,3	1,3	<b>1,3</b>	1	1	<b>1</b>
					1,5	1,4							1,3	1,3		1	1		
D14	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	10	10,8	<b>10,4</b>	10,7	10,6	<b>10,7</b>	11,8	11,9	<b>11,85</b>	10,9	10,8	<b>10,9</b>	8,7	8,8	<b>8,75</b>	9,3	9,3	<b>9,3</b>
	Espesor	2	2	<b>2,03</b>	2,1	2	<b>1,95</b>	1,9	2	<b>1,95</b>	1,8	1,6	<b>1,7</b>	1,7	1,9	<b>1,7</b>	1,5	1,4	<b>1,43</b>
		2,1	2		1,8	1,9		2	1,9		1,7	1,7		1,5	1,7		1,4	1,4	
D15	Guadua	II		prom	IS		prom	MI		prom	MS		prom	SI		prom	SS		prom
	Diámetro	11,7	11,8	<b>11,75</b>	11,5	11,9	<b>11,7</b>	12	12	<b>12</b>	10,3	10,5	<b>10,4</b>	8,4	8,1	<b>8,25</b>	7,8	7	<b>7,4</b>
	Espesor	2,5	2,6	<b>2,28</b>	2,1	2	<b>2,03</b>	2	2	<b>2</b>	1,6	1,7	<b>1,58</b>	1,3	1,6	<b>1,48</b>	1	1	<b>1</b>
		2	2		2	2		2	2		1,5	1,5		1,5	1,5		1	1	

**ANEXO 9.** Caracterización física de probetas de *Guadua angustifolia*.

N°	Nomenclatura	H1	H2	H3	H4	f1	f2	f3	f4	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	h <sub>prom</sub>	f <sub>prom</sub>	e <sub>prom</sub>
1	AC01I (SA)	15,7	15,5	15,5	15,8	10,8	10,9	10,6	10,7	1,9	1,9	1,7	1,6	1,9	1,7	1,5	1,7	15,625	10,75	1,7375
2	AC01M (SA)	17,8	17,8	17,9	17,8	9,9	9,8	10,0	9,8	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	17,825	9,875	1,2625
3	AC01S (SA)	17,1	17,1	17,2	17,2	8,6	8,5	8,4	8,6	1	1	1,1	1	1	1,1	1	1	17,15	8,525	1,025
4	AC02I (SA)	15	15	15	15	10	10,1	9,9	9,9	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,8	1,7	15	9,975	1,6625
5	AC02M (SA)	18,4	18,4	18,4	18,4	9,1	9,5	9,5	9,2	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	18,4	9,325	1,275
6	AC02S (SA)	17,0	17,2	17,1	17,1	8,0	7,8	7,7	8,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	17,1	7,875	0,9875
7	AC03I (SA)	16,8	16,8	16,8	16,8	8,7	8,4	8,7	8,8	1,4	1,2	1,4	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	16,8	8,65	1,425
8	AC03M (SA)	17,8	17,1	17,8	17,7	7,6	7,8	7,7	7,7	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	17,6	7,7	0,95
9	AC03S (SA)	18,0	18,0	18,0	17,9	6,1	5,8	6,0	5,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	1,0	0,9	17,975	5,95	0,8375
10	AC04I (SA)	17,6	17,6	17,6	17,6	9,3	9,2	9,2	9,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	17,6	9,25	1,325
11	AC04M (SA)	18,1	18,1	18,1	18,3	9,4	9,2	9,5	9,4	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,3	1,3	1,3	18,15	9,375	1,2125
12	AC04S (SA)	16,4	16,4	16,4	16,4	8,6	8,5	8,3	8,5	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	16,4	8,475	1,025
13	AC05I (SA)	17,0	17,0	17,0	17,0	12,5	12,2	12,5	12,2	2,2	2,0	1,9	2,1	2,0	2,0	2,2	2,0	17	12,35	2,05
14	AC05M (SA)	17,8	17,8	17,8	17,8	12,7	12,7	12,5	12,6	1,7	1,6	1,7	1,7	1,5	1,7	1,6	1,5	17,8	12,625	1,625
15	AC06I (SA)	17,8	17,8	17,8	17,8	10,7	11	10,9	10,9	2,1	1,8	2,1	1,9	1,7	1,6	2	2	17,8	10,875	1,9
16	AC06M (SA)	16,5	16,5	16,5	16,5	8,9	9,0	9,0	9,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,1	1,2	1,1	16,5	9	1,1375
17	AC06S (SA)	17,4	17,3	17,4	17,4	6,6	6,6	6,7	6,7	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	17,375	6,65	0,9125
18	AC07I (SB)	17,6	17,8	17,8	17,8	12,4	12,5	12,5	12,5	2,3	2,1	2,2	2,2	2,2	2,0	2,0	2,2	17,75	12,475	2,15
19	AC07S (SB)	16,8	16,8	16,7	1,7	10,3	10,3	10,5	10,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	12,9925	10,375	1,1125
20	AC08I (SB)	17,0	17,0	17,0	16,9	10,1	9,9	10,0	10,1	1,7	1,6	1,5	1,5	1,6	1,4	1,5	1,5	16,975	10,025	1,5375
21	AC08M (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	10,2	10,3	10,2	10,5	1,2	1,3	1,3	1,2	1,4	1,3	1,2	1,3	17,8	10,3	1,275
22	AC08S (SB)	17,0	17,0	17,0	17,0	10,0	10,0	10,0	10,0	1,3	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	17	10	1,2
23	AC09M (SB)	17,5	17,6	17,5	17,6	7,9	8,2	8,2	8,3	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0		1,1	17,55	8,15	0,85
24	AC09S (SB)	17,7	17,7	17,8	17,8	7,1	7,0	7,0	7,2	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	17,75	7,075	0,825
25	AC10I (SB)	17,5	17,4	17,4	17,3	12,1	12,1	12,0	12,0	1,8	1,9	1,7	1,9	2,1	1,8	1,8	2,0	17,4	12,05	1,875
26	AC10S (SB)	17,1	17,1	17,3	17,2	9,3	9,4	9,5		1,1	1,0			1,0	0,9	1,0	1,0	17,175	7,05	0,75

N°	Nomenclatura	H1	H2	H3	H4	f1	f2	f3	f4	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	hprom	fprom	eprom
27	AC11I (SB)	16,5	16,5	16,5	16,5	10,9	10,9	10,9	10,5	1,6	1,7	1,8	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	16,5	10,8	1,6625
28	AC11M (SB)	17,5	17,4	17,3	17,5	10,2	10,5	10,2	10,5	1,2	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2	17,425	10,35	1,1125
29	AC11S (SB)	17,6	17,7	17,8	17,7	9,7	9,8	9,8	9,8	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	0,9	1,0	17,7	9,775	1,025
30	AC12I (SB)	16,5	16,5	16,7	16,7	10,0	10,1	10,0	10,0	1,5	1,7	1,7	1,5	1,5	1,4	1,5	1,7	16,6	10,025	1,5625
31	AC12M (SB)	17,4	17,3	17,3	17,3	8,9	9,1	8,9	8,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	17,325	8,95	1,0375
32	AC12S (SB)	17,5	17,5	17,5	17,5	6,6	6,9	6,7	6,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	17,5	6,7	0,875
33	AC13M (SB)	17,8	17,9	17,8	17,8	10,1	10,5	10,4	10,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	17,825	10,3	1,1875
34	AC13S (SB)	17,3	17,2	17,2	17,2	9,0	9,2	9,1	9,0	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,1	1,0	17,225	9,075	0,975
35	BC01M (SA)	17,6	17,6	17,6	17,6	7,2	7,1	7,2	7,3	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	17,6	7,2	0,975
36	BC01S (SA)	17,8	17,9	17,8	17,8	5,0	5,3	5,4	5,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	17,825	5,325	0,8625
37	BC02I (SA)	13,3	13,3	13,3	13,3	8,5	8,5	8,7	8,8	1,3	1,5	1,5	1,2	1,4	1,3	1,4	1,2	13,3	8,625	1,35
38	BC02M (SA)	17,3	17,3	17,3	17,3	7,1	7,2	7,4	7,2	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9	0,9	17,3	7,225	0,9625
39	BC02S (SA)	17,0	17,0	17,0	17,0	6,1	6,3	6,3	6,2	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	17	6,225	0,8
40	BC03I (SA)	12,8	12,8	12,8	12,8	9,2	9,1	9,2	9,2	1,4	1,2	1,3	1,4	1,8	1,4	1,5	1,7	12,8	9,175	1,4625
41	BC04I (SA)	13,3	13,2	13,2	13,2	10,0	10,1	9,8	9,9	1,9	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,5	1,7	13,225	9,95	1,75
42	BC04M (SA)	18,1	18,1	18,1	18,1	8,4	8,2	8,3	8,1	1,0	0,9	1,0	0,9	1,1	1,0	1,0	1,0	18,1	8,25	0,9875
43	BC04S (SA)	18,2	18,2	18,1	18,2	6,8	6,7	6,8	6,8	0,9	0,9	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	18,175	6,775	0,8875
44	BC05I (SA)	16,8	16,8	16,8	16,8	8,2	8,3	8,5	8,4	1,5	1,5	1,1	1,2	1,4	1,4	1,1	1,2	16,8	8,35	1,3
45	BC05M (SA)	17,2	17,2	17,2	17,2	8,0	8,0	8,3	8,4	1,0	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,5	1,3	17,2	8,175	1,2125
46	BC05S (SA)	17,5	17,5	17,5	17,5	11,9	11,9	11,8	11,9	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	1,4	1,4	17,5	11,875	1,35
47	BC06I (SA)	17,0	17,0	17,0	17,0	8,0	8,3	8,0	8,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,1	1,2	1,2	17	8,125	1,0875
48	BC06M (SA)	17,0	17,0	17,0	17,0	7,6	7,5	7,6	7,7	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	17	7,6	0,95
49	BC06S (SA)	13,3	13,2	13,2	13,2	9,4	9,3	9,7	9,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,4	1,4	13,225	9,475	1,425
50	BC07I (SB)	17,0	17,0	17,0	17,0	8,0	8,2	8,3	8,0	1,2	1,3	1,1	1,2	1,1	1,2	1,0	1,2	17	8,125	1,1625
51	BC07M (SB)	17,1	17,1	17,1	17,2	7,6	7,7	7,6	7,7	1,1	1,3	1,1	1,2	1,0	1,2	1,1	1,2	17,125	7,65	1,15
52	BC07S (SB)	16,5	16,5	16,6	16,6	5,5	5,5	5,5	5,4	0,7	0,8	0,5	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	16,55	5,475	0,725
53	BC08I (SB)	11,3	11,5	11,5	11,3	10,2	10,2	10,5	10,5	1,3	1,6	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	11,4	10,35	1,45

N°	Nomenclatura	H1	H2	H3	H4	f1	f2	f3	f4	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	hprom	fprom	eprom
54	BC08M (SB)	17,5	17,5	17,5	17,5	9,9	9,9	9,7	9,7	1,3	1,3	1,3	1,1	1,2	1,2	1,2	1,0	17,5	9,8	1,2
55	BC08S (SB)	16,9	16,9	16,9	16,9	5,1	5,2	5,2	5,3	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	16,9	5,2	0,825
56	BC09I (SB)	10,7	10,7	10,7	10,7	11,3	11,5	11,0	11,0	2,1	2,0	2,2	2,1	2,0	1,9	2,1	2,0	10,7	11,2	2,05
57	BC09M (SB)	16,4	16,3	16,4	16,3	9,8	9,9	9,9	10,0	1,4	1,2	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	16,35	9,9	1,35
58	BC10I (SB)	17,0	17,0	17,0	17,0	11,0	11,2	11,2	11,0	1,3	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3	1,2	1,3	17	11,1	1,3
59	BC10M (SB)	17,4	17,5	17,4	17,4	11,2	11,5	11,0	11,2	1,5	1,4	1,4	1,6	1,4	1,7	1,5	1,4	17,425	11,225	1,4875
60	BC10S (SB)	17,9	17,9	17,9	17,9	7,7	8,0	7,9	7,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	17,9	7,825	0,9875
61	BC11M (SB)	17,5	17,6	17,5	17,5	7,4	7,5	7,4	7,3	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	17,525	7,4	0,9625
62	BC12M (SB)	17,8	17,7	17,9	17,9	8,9	9,0	8,8	8,9	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	17,8225	8,9	1,15
63	BC12S (SB)	17,5	17,5	17,5	17,5	5,6	5,7	5,6	5,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	17,5	5,675	0,7875
64	BC13I (SB)	11,2	11,1	11,1	11,2	10,1	10,0	9,9	10,0	1,4	1,3	1,3	1,5	1,3	1,2	1,2	1,4	11,15	10	1,325
65	BC13M (SB)	9,5	9,5	9,4	9,5	8,5	8,6	8,5	8,4	0,8	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	9,475	8,5	0,9
66	BC13S (SB)	17,0	17,0	17,0	17,0	6,8	6,9	6,8	6,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	17	6,85	0,95
67	BC14I (SB)	15,0	15,0	14,9	15,0	10,0	10,0	10,0	10,0	1,5	1,4	1,5	1,6	1,6	1,4	1,5	1,7	14,975	10	1,525
68	BC14M (SB)	17,0	17,0	17,0	17,0	8,3	8,5	8,2	8,2	0,9	1,1	1,1	1,0	0,9	1,2	1,0	1,0	17	8,3	1,025
69	BC14S (SB)	17,3	17,3	17,3	17,3	5,0	5,1	4,9	5,1	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,6	17,3	5,025	0,725
70	BC15I (SB)	10,4	10,5	10,5	10,4	9,8	9,9	9,9	10,0	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5	1,3	1,5	1,6	10,45	9,9	1,55
71	BC15M (SB)	17,3	17,3	17,3	17,3	6,9	7,0	6,7	6,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	17,3	6,825	0,8625
72	CC01I (SA)	16,7	16,6	16,7	16,4	9,5	9,6	9,5	9,6	1,8	2,1	1,9	1,9	1,6	1,7	1,8	1,9	16,6	9,55	1,8375
73	CC01M (SA)	16,2	16,2	16,2	16,1	9,2	9,3	9,2	9,2	1,2	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2	1,2	1,1	16,175	9,225	1,175
74	CC01S (SA)	17,7	17,6	17,6	17,7	7,0	7,1	7,0	7,2	1,0	0,9	1,2	1,1	0,9	0,8	0,9	0,8	17,65	7,075	0,95
75	CC02I (SA)	16,5	16,4	16,5	16,4	12,7	12,6	12,6	12,7	2,3	1,9	2,2	1,7	1,7	2,0	2,0	1,7	16,45	12,65	1,9375
76	CC02M (SA)	17,0	16,9	16,8	16,9	11,1	11,1	11,1	11,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,3	1,2	1,4	1,2	16,9	11,1	1,225
77	CC03I (SA)	15,6	15,7	15,6	15,7	10,1	10,1	10,2	10,0	1,6	1,5	1,8	1,8	1,7	1,8	1,9	1,5	15,65	10,1	1,7
78	CC03M (SA)	17,7	17,7	17,6	17,7	9,2	9,2	9,2	9,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	17,675	9,2	1,125
79	CC03S (SA)	17,0	17,0	17,0	17,0	10,2	10,3	10,0	10,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	17	10,175	1,3
80	CC04I (SA)	17,5	17,5	17,5	17,5	11,5	11,5	11,5	11,5	2,3	2,7	2,2	2,5	1,7	1,7	1,5	2,1	17,5	11,5	2,0875

N°	Nomenclatura	H1	H2	H3	H4	f1	f2	f3	f4	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	hprom	fprom	Eprom
81	CC04M (SA)	17,6	17,5	17,6	17,6	11,2	11,5	11,3	11,1	1,3	1,1	1,2	1,3	1,4	1,2	1,1	1,3	17,575	11,275	1,238
82	CC04S (SA)	17,4	17,5	17,5	17,4	9,9	10,1	10,1	10,3	0,9	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,2	17,45	10,1	1,063
83	CC05I (SA)	16,0	16,0	16,0	16,0	11,0	11,2	11,2	10,9	2,0	1,5	1,7	1,8	1,4	1,6	1,6	1,8	16	11,075	1,675
84	CC05M (SA)	17,2	17,1	17,1	17,2	10,5	10,7	10,8	10,8	1,2	1,3	1,2	1,1	1,3	1,4	1,4	1,3	17,15	10,7	1,275
85	CC05S (SA)	17,1	17,2	17,2	17,1	8,9	9,0	8,9	8,9	1,4	1,7	1,5	1,5	0,9	0,9	1,0	1,0	17,15	8,925	1,238
86	CC06I (SA)	16,7	16,7	16,6	16,6	11,3	11,1	11,2	11,1	1,7	1,4	1,4	1,7	1,5	1,8	1,8	1,4	16,65	11,175	1,588
87	CC06M (SA)	16,4	16,4	16,4	16,4	10,6	10,6	10,5	10,6	1,3	1,4	1,2	1,2	1,4	1,5	1,3	1,3	16,4	10,575	1,325
88	CC07M (SB)	19,0	19,0	19,0	19,0	11,6	11,8	11,5	11,4	1,3	1,2	1,2	1,8	1,8	1,2	1,2	1,3	19	11,575	1,375
89	CC07S (SB)	17,7	17,7	17,7	17,7	10,7	10,8	10,6	10,6	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0	1,1	1,0	17,7	10,675	1,113
90	CC08I (SB)	12,7	12,7	12,7	12,7	10,2	10,4	10,5	10,1	1,6	1,4	1,3	1,6	1,4	1,6	1,4	1,6	12,7	10,3	1,488
91	CC08M (SB)	18,5	18,5	18,5	18,5	8,8	8,7	8,6	8,7	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	18,5	8,7	0,913
92	CC08S (SB)	17,2	17,2	17,2	17,2	7,5	7,6	7,6	7,5	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	17,2	7,55	0,825
93	CC09I (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	12,0	12,0	11,8	11,8	2,7	2,5	2,6	2,5	2,5	2,4	2,5	2,4	17,8	11,9	2,513
94	CC09M (SB)	17,2	17,2	17,2	17,2	11,8	11,8	11,8	11,6	1,5	1,4	1,5	1,3	1,2	1,5	1,3	1,3	17,2	11,75	1,375
95	CC09S (SB)	17,9	17,9	17,5	17,6	10,5	10,4	10,3	10,4	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	17,725	10,4	1,038
96	CC10M (SB)	18,3	18,3	18,2	18,3	10,2	10,5	10,4	10,4	1,0	1,0	1,1	1,2	1,0	1,1	1,1	1,1	18,275	10,375	1,075
97	CC10S (SB)	17,0	17,0	17,0	17,0	11,0	11,0	11,3	11,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	17	11,1	0,975
98	CC11I (SB)	17,0	17,0	17,0	17,0	11,2	11,0	11,0	11,1	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	17	11,075	1,05
99	CC11M (SB)	16,8	16,8	16,8	16,8	11,4	11,3	11,2	11,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,1	1,1	1,3	16,8	11,3	1,225
100	CC11S (SB)	18,7	18,7	18,7	18,8	8,3	8,2	8,2	8,2	0,7	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	18,725	8,225	0,825
101	CC12M (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	10,4	10,5	10,7	10,7	1,1	1,3	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,0	17,8	10,575	1,138
102	CC12S (SB)	17,0	17,0	17,0	17,0	9,5	9,5	9,5	9,5	1,1	1,0	1,1	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	17	9,5	1
103	CC13M (SB)	17,3	17,3	17,3	17,3	10,1	10,0	10,1	10,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	17,3	10,1	1,113
104	CC13S (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	10,1	10,0	10,1	10,0	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,1	17,8	10,05	1,088
105	CC14I (SB)	16,8	16,8	16,8	16,8	10,8	10,8	10,8	10,8	1,9	2,0	2,0	1,9	1,5	1,6	1,7	1,5	16,8	10,8	1,764
106	CC14M (SB)	16,8	16,8	16,7	16,8	10,7	10,4	10,4	10,7	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,1	16,775	10,55	1,188
107	CC14S (SB)	18,2	18,2	18,2	18,2	9,7	9,6	9,6	9,5	1,2	1,2	1,2	1,1	0,9	1,0	1,0	0,9	18,2	9,6	1,063

N°	Nomenclatura	H1	H2	H3	H4	f1	f2	f3	f4	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	hprom	fprom	Eprom
108	CC15I (SB)	16,0	16,0	15,9	15,9	11,7	11,6	11,5	11,7	2,0	1,7	1,9	1,6	1,7	1,8	1,7	1,8	15,95	11,625	1,775
109	CC15M (SB)	18,3	18,2	18,2	18,3	10,5	10,7	10,4	10,6	1,2	1,1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,1	1,3	18,25	10,55	1,188
110	CC15S (SB)	17,7	17,7	17,7	17,7	9,6	9,5	9,6	9,6	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	17,7	9,575	0,95
111	DC01I (SA)	17,5	17,6	17,5	17,5	10,7	10,8	10,7	10,8	1,8	2	1,9	1,8	2	1,9	1,9	2	17,525	10,475	1,913
112	DC01M (SA)	16,5	16,6	16,6	16,5	10,5	10,5	10,5	10,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,6	1,6	1,5	1,4	16,55	8,65	1,488
113	DC01S (SA)	16,9	16,9	16,9	17	8,6	8,7	8,7	8,6	1,1	1	1,1	1,1	1	1,1	1,1	1,1	16,925	9,975	1,075
114	DC02I (SA)	17,7	17,6	17,7	17,7	9,9	10	10,1	9,9	2	1,9	1,8	1,9	2	1,8	1,8	1,9	17,675	9,725	1,888
115	DC02M (SA)	16,9	16,9	16,9	17	9,7	9,8	9,8	9,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	16,925	0	1,275
116	DC03I (SA)	17,5	17,5	17,4	17,5	10,8	10,8	10,7	10,8	1,8	1,9	2	1,7	1,8	1,9	2	1,9	17,475	10,35	1,875
117	DC03M (SA)	18,5	18,5	18,5	18,5	10,5	10,3	10,4	10,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	18,5	9,675	1,313
118	DC03S (SA)	19,5	19,5	19,5	19,5	9,7	9,8	9,5	9,7	1,3	1,3	1,2	1,2	1	1,1	1	1,1	19,5	0	1,15
119	DC04M (SA)	17,8	17,6	17,6	17,8	10,2	10,1	10,2	10,2	1,6	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,7	17,7	9,375	1,625
120	DC04S (SA)	17	17	17	16,9	9,4	9,3	9,5	9,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	16,975	11,7	1,125
121	DC05I (SA)	17	17	17	16,9	11,5	11,8	11,5	12	1,8	1,5	1,8	1,6	1,9	1,6	1,6	2,3	16,975	11,3	1,763
122	DC05M (SA)	16,6	16,7	16,6	16,7	11,4	11,1	11,3	11,4	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	16,65	8,925	1,388
123	DC05S (SA)	17	17	17,2	17	8,7	9	8,9	9,1	0,9	0,9	1	1	1	1,1	1	1	17,05	11,6	0,988
124	DC06I (SA)	17,2	17,2	17,1	17,1	11,8	11,5	11,5	11,6	1,8	1,4	1,5	1,8	1,6	1,9	1,9	1,7	17,15	10,775	1,7
125	DC06M (SA)	16,9	17,1	17,1	17	10,9	10,8	10,7	10,7	1,4	1,1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,7	1,3	17,025	9,65	1,35
126	DC06S (SA)	18,2	18,3	18,3	18,3	9,7	9,8	9,5	9,6	1	1	1	1,1	1,1	1,2	1,4	1	18,275	11,875	1,1
127	DC07I (SB)	17,2	17,2	17,2	17,2	11,9	11,7	12,2	11,7	2,1	2,3	1,8	2,2	2,4	2,3	1,8	2,3	17,2	11,975	2,15
128	DC07M (SB)	17,6	17,6	17,5	17,8	11,8	12,2	11,8	12,1	1,8	1,6	1,8	1,4	1,5	1,4	1,3	1,4	17,625	10,25	1,525
129	DC07S (SB)	17,2	17,2	17,2	17,2	10,4	10,1	10,1	10,4	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	17,2	8,975	1,113
130	DC08I (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	9,1	8,9	8,9	9	1,1	1,2	1,1	1	1	1,1	1,1	1,1	17,8	0	1,088
131	DC08S (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	8,8	8,8	8,9	8,9	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1,2	17,8	8,55	1,125
132	DC09I (SB)	15,6	15,6	15,6	15,6	8,6	8,6	8,5	8,5	1,4	1,3	1,4	1,5	1,3	1,4	1,4	1,4	15,6	8,6	1,388
133	DC09M (SB)	17,4	17,4	17,4	17,4	8,6	8,7	8,6	8,5	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	17,4	8,675	1,2
134	DC09S (SB)	18	18	18	18	8,7	8,7	8,6	8,7	1,1	1,3	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	18	9,25	1,213

N°	Nomenclatura	H1	H2	H3	H4	f1	f2	f3	f4	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	hprom	fprom	Eprom
135	DC10I (SB)	17,5	17,5	17,5	17,5	9,2	9,2	9,3	9,3	1,9	1,5	1,7	1,7	1,6	1,6	1,4	1,7	17,5	9,5	1,638
136	DC10M (SB)	18,7	18,7	18,7	18,7	9,5	9,6	9,5	9,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	18,7	9	1,25
137	DC10S (SB)	19,7	19,7	19,7	19,7	9	9	9	9	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1,2	1,1	1,1	19,7	9,625	1,1
138	DC11I (SB)	18,1	18	18	18	9,6	9,6	9,7	9,6	1,6	1,5	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	18,025	0	1,587
139	DC12M (SB)	17,2	17,2	17,2	17,2	8,1	8,2	8	8	1	1	1	1	1	1	1	1	17,2	6,9	1
140	DC12S (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	7	7	6,8	6,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	1	1	17,8	10,6	1,05
141	DC13I (SB)	14	14	14	14	10,7	10,7	10,4	10,6	1,7	1,7	1,5	1,9	1,7	1,5	1,4	1,7	14	8,95	1,638
142	DC13M (SB)	16,7	16,7	16,7	16,7	8,9	9	9	8,9	1,1	9	1	1	1	0,9	1	1	16,7	8,5	2
143	DC13S (SB)	16,6	16,6	16,6	16,6	8,6	8,4	8,5	8,5	0,9	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	0,9	16,6	10,35	0,913
144	DC14I (SB)	16	16	16	16	10,3	10,3	10,4	10,4	1,6	1,6	1,5	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	16	11,05	1,638
145	DC14M (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	11,2	11	10,9	11,1	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	17,8	9,55	1,388
146	DC14S (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	9,7	9,5	9,5	9,5	1,1	1,1	0,9	1,1	1,1	1	1,1	1,1	17,8	11,7	1,063
147	DC15I (SB)	16,5	16,5	16,5	16,5	11,5	11,8	11,7	11,8	1,5	1,9	1,8	1,9	1,8	1,9	1,7	1,8	16,5	11,7	1,788
148	DC15M (SB)	17,8	17,8	17,8	17,8	11,7	11,9	11,7	11,5	1,7	1,9	1,7	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	17,8	9,45	1,625
149	DC15S (SB)	17,4	17,5	17,5	17,5	9,6	9,5	9,3	9,4	1,4	1,4	1,2	1,3	1,1	1,1	1,1	1	17,475	0	1,2

ANEXO 10. Resultados del Predio A. La Dalia

INFERIOR					MEDIO					SUPERIOR				
PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)	PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)	PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)
AC03I (SA)	11,25	95,41	19,9	57	AC01M (SA)	8,92	95,06	20	57	AC01S (SA)	7,93	99,48	19,9	58
AC04I (SA)	8,22	72,65	19,9	58	AC02M (SA)	8,32	74,93	19,9	57	AC02S (SA)	11,04	77,61	19,9	57
AC05I (SA)	2,10	100,75	19,9	57	AC03M (SA)	6,78	105,26	20	57	AC03S (SA)	11,56	77,78	19,9	57
AC06I (SA)	6,47	113,06	19,9	58	AC04M (SA)	6,6	102,12	19,9	58	AC04S (SA)	8,24	91,71	19,9	57
<b>Promedio</b>	<b>7,01</b>	<b>95,47</b>			AC05M (SA)	8,14	81,73	19,9	58	AC06S (SA)	11,21	93,99	20	57
AC01I(SB)	12,95	110,49	19,2	58	AC06M (SA)	11,95	101,86	20	57	<b>Promedio</b>	<b>9,996</b>	<b>88,114</b>		
AC02I(SB)	10,14	94,56	19,9	56	<b>Promedio</b>	<b>8,45</b>	<b>93,49</b>			AC07S(S)	8,36	8,25	20	51
AC07I(SB)	9,17	132,22	19,9	52	AC08M(SB)	7,11	119,84	19,2	58	AC08S(SB)	2,17	103,22	20,5	54
AC08I(SB)	5,96	95,07	19,2	58	AC09M(SB)	11,65	104,23	19,7	52	AC09S(SB)	4,89	92,96	19,2	58
AC10I(SB)	8,03	123,74	19,7	52	AC11M(SB)	7,69	105,05	19,2	57	AC10S(SB)	6,7	82,65	19,3	58
AC11I(SB)	5,86	104,74	19,2	58	AC12M(SB)	3,26	91,53	19,8	53	AC11S(SB)	6,89	101,59	19,2	58
AC12I(SB)	13,19	117,36	19,1	58	AC13M(SB)	9,90	86	19,2	58	AC12S(SB)	4,8	102,21	19,6	57
<b>Promedio</b>	<b>9,33</b>	<b>111,17</b>			<b>Promedio</b>	<b>7,92</b>	<b>101,33</b>			AC13S(SB)	10,07	94,62	20,7	48
										<b>Promedio</b>	<b>6,27</b>	<b>83,64</b>		

ANEXO 11. Resultados del Predio B. San Francisco

INFERIOR					MEDIO					SUPERIOR				
PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)	PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)	PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)
BC02I(SA)	7,47	128,19	20	57	BC01M(SA)	7,87	107,56	19,9	58	BC01S(SA)	10,31	93,79	20	57
BC03I(SA)	7,03	186,84	20	57	BC02M(SA)	7,63	91,71	19,9	57	BC02S(S)	8,17	94,37	20	57
BC04I(SA)	3,81	143,83	20	57	BC04M(SA)	8,33	153,13	19,9	58	BC04S(SA)	7,93	106,99	19,9	58
BC05I(SA)	4,46	133,88	19,9	58	BC05M(SA)	3,32	140,28	19,9	57	BC05S(SA)	7,23	77,52	19,9	58
BC06I(SA)	5,20	206,72	20	57	BC06M(SA)	6,21	150,15	19,9	58	BC06S(SA)	12,48	91,01	20	57
<b>Promedio</b>	<b>5,59</b>	<b>159,89</b>			<b>Promedio</b>	<b>6,67</b>	<b>128,57</b>			<b>Promedio</b>	<b>9,22</b>	<b>92,74</b>		
BC07I(SB)	5,47	146,79	20	57	BC07M(SB)	4,22	151,85	20,4	51	BC07S(SB)	1,64	77,78	19,7	57
BC08I(SB)	6,77	184,36	19,9	56	BC08M(SB)	7,92	194,24	19,4	58	BC08S(SB)	9,12	102,56	19,6	58
BC09I(SB)	3,09	143,03	19,8	56	BC09M(SB)	4,02	111,42	19,6	51	BC10S(SB)	4,35	121,15	19,3	58
BC10I(SB)	6,83	139,04	20	57	BC10M(SB)	7,1	131,05	19,2	58	BC12S(SB)	8,4	91,55	19,3	58
BC13I(SB)	8,32	124,11	19,8	57	BC11M(SB)	8,73	161,05	19,4	58	BC13S(SB)	3,02	94,74	19,3	58
BC14I(SB)	4,83	100	20	57	BC12M(SB)	5,36	121,82	20,4	51	BC14S(SB)	9,5	145,83	19,4	57
BC15I(SB)	8,24	129,71	19,8	56	BC13M(SB)	21,84	109,82	20,1	54	<b>Promedio</b>	<b>6,01</b>	<b>105,60</b>		
<b>Promedio</b>	<b>6,22</b>	<b>138,15</b>			BC14M(SB)	10,31	123,18	20,9	48					
					BC15M(SB)	13,01	119,04	19,3	57					
					<b>Promedio</b>	<b>9,17</b>	<b>135,94</b>							

## ANEXO 12. Resultados del Predio C. Zanjones

INFERIOR					MEDIO					SUPERIOR				
PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)	PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)	PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)
CC01I(SA)	9,09	101,88	19,8	57	CC01M(SA)	9,81	115,28	19,9	56	CC01S(SA)	4,27	108,47	19,8	57
CC02I(SA)	6,32	136,49	19,9	58	CC02M(SA)	4,13	95,01	19,8	57	CC03S(SA)	6,21	121,96	19,8	57
CC03I(SA)	3,74	172	19,9	56	CC03M(SA)	7,93	148,57	19,8	57	CC04S(SA)	6,87	98,84	19,9	56
CC04I(SA)	4,25	100,86	19,8	57	CC04M(SA)	9,41	91,91	19,9	58	CC05S(SA)	5,11	92,54	19,8	57
CC05I(SA)	9,49	87,26	19,9	56	CC05M(SA)	11,33	90,33	19,9	56	<b>Promedio</b>	<b>5,62</b>	<b>105,45</b>		
CC06I(SA)	8,7	110,79	19,8	57	CC06M(SA)	10,17	108,33	19,8	57	CC07S(SB)	7,89	117,51	19,9	57
<b>Promedio</b>	<b>6,93</b>	<b>118,21</b>			<b>Promedio</b>	<b>8,80</b>	<b>108,24</b>			CC08S(SB)	7,86	201,19	20	60
CC08I(SB)	6,08	183,96	21,4	48	CC07M(SB)	3,95	136,48	20	50	CC09S(SB)	5,21	114,52	19,6	51
CC09I(SB)	2,43	101	19,9	57	CC08M(SB)	5,2	147,8	20	51	CC10S(SB)	4,02	189,31	20,4	51
CC11I(SB)	10,31	109,13	19,6	51	CC09M(SB)	5,16	139,48	20,9	48	CC11S(SB)	12,59	86,37	19,3	57
CC14I(SB)	9,10	64,69	19,60	51,00	CC10M(SB)	4,1	161,7	19,3	58	CC12S(SB)	10,19	94,84	20	60
CC15I(SB)	10,16	101,67	19,8	52	CC11M(SB)	9,48	132,79	19,8	57	CC13S(SB)	6,13	87,7	20,9	48
<b>Promedio</b>	<b>7,62</b>	<b>112,09</b>			CC12M(SB)	8,47	95,78	19,9	56	CC14S(SB)	8,58	94,18	20	51
					CC13M(SB)	12,62	53,28	19,8	57	CC15S(SB)	7,78	105,83	20	51
					CC14M(SB)	9,91	69,38	20	57	<b>Promedio</b>	<b>7,81</b>	<b>121,27</b>		
					CC15M(SB)	2,04	72,45	20,5	51					
					<b>Promedio</b>	<b>6,77</b>	<b>112,13</b>							

## ANEXO 13. Resultados del Predio D. Yamboró

INFERIOR					MEDIO					SUPERIOR				
PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)	PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)	PROBETA	$\sigma_{Cp}$ (Mpa)	%CH	T. Amb. ( °C)	HR (amb)
DC01I(SA)	12,14	108,45	19,8	57	DC01M(SA)	9,38	95,64	19,8	57	DC01S(SA)	9,95	90	20	55
DC02I(SA)	9,96	105,58	20	55	DC02M(SA)	8,37	86,58	19,8	57	DC03S(SA)	5,71	92,77	19,9	56
DC03I(SA)	15,69	103,67	19,8	57	DC03M(SA)	10,95	68,25	19,9	56	DC04S(SA)	9,92	99,57	19,8	57
DC05I(SA)	8,81	99,64	19,9	56	DC04M(SA)	10,61	123,49	19,8	57	DC05S(SA)	7,32	80,67	19,8	57
DC06I(SA)	9,53	112,49	19,8	57	DC05M(SA)	10,59	106,48	19,9	56	DC06S(SA)	6,99	86,91	19,8	57
<b>Promedio</b>	<b>11,23</b>	<b>105,97</b>			DC06M(SA)	9,25	96,15	19,8	57	<b>Promedio</b>	<b>7,98</b>	<b>89,98</b>		
DC07I(SB)	6,75	98,72	20,8	48	<b>Promedio</b>	<b>9,86</b>	<b>96,10</b>			DC07S(SB)	11,64	85,3	20,1	56
DC08I(SB)	20,45	121,47	19,6	51	DC07M(SB)	6,71	98,72	20,8	48	DC08S(SB)	6,16	124,65	21,3	49
DC09I(SB)	8,28	100	20	60	DC09M(SB)	8,69	74,71	20,8	48	DC09S(SB)	6,64	62,36	20,9	48
DC10I(SB)	9,29	104,55	20	57	DC10M(SB)	6,69	130,31	19,9	57	DC10S(SB)	7,91	104,92	20,8	48
DC11I(SB)	4,72	101,48	19,6	51	DC12M(SB)	7,77	114,38	20	57	DC12S(SB)	12,64	106,18	21,1	56
DC13I(SB)	7,38	120,8	20	57	DC13M(SB)	3,16	92,72	20,5	48	DC13S(SB)	7,18	82,43	21,3	49
DC14I(SB)	10,01	147,14	20	57	DC14M(SB)	6,69	165,17	20,2	54	DC14S(SB)	6,12	142,13	19,6	51
DC15I(SB)	5,66	118,35	20	60	DC15M(SB)	7,78	102,88	19,9	57	DC15S(SB)	10,90	96,95	20,6	48
<b>Promedio</b>	<b>9,07</b>	<b>114,06</b>			<b>Promedio</b>	<b>6,78</b>	<b>111,27</b>			<b>Promedio</b>	<b>8,65</b>	<b>100,62</b>		

#### ANEXO 14. Datos Atípicos para probetas Grupo SA de la sección inferior

Nomenclatura	Esfuerzo Cp (Mpa)	%CH	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Módulo de elasticidad circunferencial (Mpa)
AC03I (SA)	11,25	95,41	8,65	1,425	215,31
AC04I (SA)	8,22	72,65	9,25	1,325	238,99
AC05I (SA)	2,10	100,75	12,35	2,05	228,73
AC06I (SA)	6,82	113,06	10,875	1,95	194
BC02I(SA)	7,47	128,19	8,625	1,35	146,31
BC03I(SA)	7,03	186,84*	9,175	1,4625	115,47
BC04I(SA)	3,81	143,83*	9,95	1,75	112,98
BC06I(SA)	5,20	206,72*	8,125	1,0875	141,8
CC01I(SA)	9,09	101,88	9,55	1,8375	821,29
CC02I(SA)	6,32	136,49	12,65	1,9375	173,51
CC03I(SA)	3,74	172*	10,1	1,7	905,35
CC04I (SA)	4,25	100,86	11,5	2,0875	796,12
CC05I (SA)	9,49	87,26	11,075	1,675	872,43
CC06I(SA)	8,7	110,79	11,175	1,5875	855,84
DC01I (SA)	11,83	108,45	10,75	1,9125	771,71
DC02I (SA)	9,71	105,58	9,975	1,8875	711,35
DC03I (SA)	15,08	103,67	10,775	1,875	868,6
DC05I (SA)	8,50	99,64	11,7	1,7625	554,34
DC06I (SA)	8,86	112,49	11,6	1,7	794,43

\*=Datos atípicos

#### ANEXO 15. Datos Atípicos para probetas Grupo SA de la sección medio

Nomenclatura	Esfuerzo Cp (Mpa)	%CH	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Módulo de elasticidad circunferencial (Mpa)
AC01M (SA)	8,92	95,06	9,875	1,2625	226,79
AC02M (SA)	8,32	74,93	9,325	1,275	189,8
AC03M (SA)	6,78	105,26	7,7	0,95	151,38
AC04M (SA)	6,60	102,12	9,375	1,2125	147,45
AC05M (SA)	8,14	81,73	12,625	1,625	243,29
AC06M (SA)	11,95	101,86	9	1,1375	220,88
BC01M(SA)	7,87	107,56	7,2	0,975	178,26
BC02M(SA)	7,63	91,71	7,225	0,9625	142,53
BC04M(SA)	8,33	153,13*	8,25	0,9875	149,74
BC05M(SA)	3,32	140,28	8,175	1,2125	98,54
BC06M(SA)	6,21	150,15*	7,6	0,95	55,76
CC01M(SA)	9,81	115,28	9,225	1,175	990,98
CC02M(SA)	4,13	95,01	11,1	1,225	1199,86
CC03M(SA)	7,93	148,57*	9,2	1,125	813,45
CC04M(SA)	9,41	91,91	11,275	1,2375	247,36
CC05M(SA)	11,33	90,33	10,7	1,275	1078,43
CC06M(SA)	10,17	108,33	10,575	1,325	1221,82
DC01M (SA)	7,75	95,64	10,475	1,4875	988,61
DC02M(SA)	8,37	86,58	9,725	1,275	1138,47
DC03M (SA)	10,23	68,25	10,35	1,3125	1146,97
DC04M (SA)	9,77	123,49	10,175	1,625	718,96
DC05M (SA)	8,36	106,48	11,3	1,3875	1105,54
DC06M (SA)	8,28	96,15	10,775	1,35	725,5

## ANEXO 16. Datos Atípicos para probetas Grupo SA de la sección superior

Nomenclatura	Esfuerzo Cp (Mpa)	%CH	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Módulo de elasticidad circunferencial (Mpa)
AC01S (SA)	5,51	99,48	8,525	1,025	192,86
AC02S (SA)	11,04	77,61	7,875	0,9875	222,96
AC03S (SA)	11,56	77,78	5,95	0,8375	194,33
AC06S (SA)	11,21	93,99	6,65	0,9125	163,23
BC01S(SA)	10,31	93,79	5,325	0,8625	296,74
BC02S(SA)	8,17	94,37	6,225	0,8	222,61
BC04S(SA)	7,93	106,99	6,775	0,8875	211,2
BC05S(SA)	7,23	77,52	11,875	1,35	152,65
BC06S(SA)	12,48	91,01	9,475	1,425	363,15
CC01S(SA)	4,27	108,47	7,075	0,95	989,92
CC03S(SA)	6,21	121,96	10,175	1,3	195,63
CC04S(SA)	6,87	98,84	10,1	1,0625	801,91
CC05S(SA)	5,11	92,54	8,925	1,2375	821,51
DC01S (SA)	11,48	90	8,65	1,075	810,75
DC03S (SA)	5,71	92,77	9,675	1,15	910,95
DC04S (SA)	12,38	99,57	9,375	1,125	1044,28
DC05S (SA)	9,52	80,67	8,925	0,9875	1134,75
DC06S (SA)	8,6	86,91	9,65	1,1	969,39

\*=Datos atípicos

## ANEXO 17. Datos Atípicos para probetas Grupo SB sección inferior

Nomenclatura	Esfuerzo Cp (Mpa)	%CH	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Módulo de elasticidad circunferencial (Mpa)
AC01I(SB)	12,95	110,49	10,75	1,7375	356,96
AC02I(SB)	10,14	94,56	9,975	1,6625	746,94*
AC07I(SB)	9,17	132,22	12,475	2,15	256,23
AC10I(SB)	8,03	123,74	12,05	1,875	198,42
AC11I(SB)	5,86	104,74	10,8	1,6625	252,02
AC12I(SB)	13,19	117,36	10,025	1,5625	350,24
BC07I(SB)	5,47	146,79	8,125	1,1625	92,98*
BC08I(SB)	3,81	184,36*	10,35	1,0875	288,16
BC09I(SB)	3,09	143,03	11,2	2,1	220,93
BC13I(SB)	8,32	124,11	10	1,325	221,65
BC15I(SB)	8,24	129,71	9,9	1,55	283,61
CC08I (SB)	6,08	183,96*	10,3	1,4875	101,69
CC09I (SB)	2,43	101	11,9	2,5125*	113,11
CC11I(SB)	10,31	109,13	11,075	1,05	408,25
CC15I (SB)	10,16	101,67	11,625	1,775	267,03
DC07I(SB)	6,81	98,72	11,875	2,15	222,84
DC08I(SB)	20,45*	121,47	8,975	1,0875	453,99
DC14I(SB)	10,69	147,14	10,35	1,6375	178,28

## ANEXO 18. Datos Atípicos para probetas Grupo SB sección media

Nomenclatura	Esfuerzo Cp (Mpa)	%CH	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Módulo de elasticidad circunferencial (Mpa)
AC08M(SB)	7,11	119,84	10,3	1,275	246,63
AC09M(SB)	11,65	104,23	8,15	0,85	237,77
AC11M(SB)	7,69	105,05	10,35	1,1125	182,38
AC12M(SB)	3,26	91,53	8,95	1,0375	287,41
AC13M(SB)	9,90	86	10,3	1,1875	231,12
BC07M(SB)	4,22	151,85	7,65	1,15	172,22
BC08M(SB)	7,92	194,24	9,8	1,2	215,39
BC09M(SB)	4,02	111,42	9,9	1,35	167,15
BC10M(SB)	7,1	131,05	11,225	1,4875	265,48
BC11M(SB)	8,73	161,05	7,4	0,9625	147,51
BC12M(SB)	5,36	121,82	8,9	1,15	164,93
BC13M(SB)	21,84*	109,82	8,5	0,9	516,32
BC14M(SB)	10,31	123,18	8,3	1,025	281,39
BC15M(SB)	13,01	119,04	6,825	0,8625	248,29
CC07M (SB)	3,95	136,48	11,575	1,375	83,88
CC08M (SB)	5,2	147,8	8,7	0,9125	81,76
CC09M (SB)	5,16	139,48	11,75	1,375	171,22
CC10M(SB)	4,1	161,7	10,375	1,075	92,42
CC11M (SB)	9,48	132,79	11,3	1,225	230,48
CC12M (SB)	8,47	95,78	10,575	1,1375	229,62
CC13M (SB)	12,62	53,28	10,1	1,1125	192,82
CC14M (SB)	9,91	69,38	10,55	1,1875	307,45
CC15M(SB)	2,04	72,45	5,3	1,1875	203,91
DC09M(SB)	8,77	74,71	8,6	1,2	300,78
DC10M(SB)	6,34	130,31	9,5	1,25	108,55
DC12M(SB)	6,64	114,38	8,075	1	259,92
DC13M(SB)	3	92,72	8,95	2*	144,71
DC14M(SB)	5,78	165,17	11,05	1,3875	170,54

\*=Datos atípicos

**ANEXO 19. Datos Atípicos para probetas Grupo SB sección superior.**

Nomenclatura	Esfuerzo Cp (Mpa)	%CH	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Módulo de elasticidad circunferencial (Mpa)
AC07S(SB)	8,36	82,5	10,375	1,1125	260,39
AC08S(SB)	2,17	103,22	10	1,2	167,67
AC09S(SB)	4,89	92,96	7,075	0,825	197,93
AC10S(SB)	6,7	82,65	7,05	0,75	201,37
AC12S(SB)	4,8	102,21	6,7	0,875	370,67
BC07S(SB)	1,64	77,78	5,475	0,725	199,38
BC08S(SB)	9,12	102,56	5,2	0,825	359,48
BC10S(SB)	4,35	121,15	7,825	0,9875	270,08
BC12S(SB)	8,4	91,55	5,675	0,7875	494,33*
BC13S(SB)	3,02	94,74	6,85	0,95	416,18
BC14S(SB)	9,5	145,83	5,025	0,725	270,81
CC07S (SB)	7,89	117,51	10,675	1,1125	100,67
CC08S (SB)	7,86	201,19*	7,55	0,825	112,44
CC09S(SB)	5,21	114,52	10,4	1,0375	246,29
CC10S(SB)	4,02	189,31*	11,1	0,975	251,3
CC11S(SB)	12,59	86,37	8,225	0,825	209,58
CC12S (SB)	10,19	94,84	9,5	1	170,65
CC13S (SB)	6,13	87,7	10,05	1,0875	226,44
CC14S (SB)	3,94	94,18	9,6	1,0625	181,08
CC15S (SB)	7,78	105,83	9,575	0,95	229,1
DC07S(SB)	10,19	85,3	10,25	1,1125	270,99
DC08S(SB)	5,95	124,65	8,85	1,125	100,07
DC13S(SB)	8,74	82,43	8,5	0,9125	263,04
DC14S(SB)	7,5	142,13	9,55	1,0625	249,45

\*=Datos atípicos