

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS PARA EL  
MANEJO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA GUADUA (ANGUSTIFOLIA KUNTH)  
DE LOS CORREGIMIENTOS DE MATITUY Y TUNJA GRANDE MUNICIPIO DE  
LA FLORIDA (NARIÑO)**

**GILDARDO BOLAÑOS BOLAÑOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2012**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS PARA EL  
MANEJO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA GUADUA (ANGUSTIFOLIA KUNTH)  
DE LOS CORREGIMIENTOS DE MATITUY Y TUNJA GRANDE MUNICIPIO DE  
LA FLORIDA (NARIÑO)**

**GILDARDO BOLAÑOS BOLAÑOS**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de  
Ingeniero Civil**

**Asesor:  
ARMANDO MUÑOZ DAVID  
Ingeniero Civil.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2012**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Enero 2012

## DEDICATORIA

*A Dios*

*Por ser el guía espiritual, por darme todos los grandes momentos y en especial este.*

*A mis padres Jesús y Luz María*

*Por el apoyo incondicional, por sus consejos y su gran amor que me empujaron a lograr este sueño.*

*A mis hermanos Eberth, John y Paola*

*Por su ánimo, su cariño y su compañía.*

*A todos mis amigos y familiares*

*Por creer en mí y ser parte de mi vida.*

## RESUMEN

En un afán por reducir el impacto ambiental, en el marco de la construcción donde se incluyen los ingenieros y los arquitectos se han retomado algunas de las técnicas autóctonas, particularmente la construcción en Guadua (*Angustifolia Kunth*). Este es un recurso de múltiples ventajas naturales e industriales reconocidas en el mundo asiático y bien valoradas en Europa, sin embargo, en Colombia donde la especie alcanza las 51.000 hectáreas su empleo en productos de valor agregado solo llega al uno por ciento. Las potencialidades y las perspectivas contra la subvaloración ha marginado la especie de su industrialización pero las investigaciones sobre ella están despertando gran interés.

En el departamento de Nariño, la guadua es un cultivo que ha estado presente en zonas cafeteras, siendo utilizada inadecuadamente desperdiciando su potencial como elemento constructivo. Por tal razón, se pretende evaluar las propiedades físico-mecánicas de este material proveniente de la región con el propósito de contribuir a los estudios tecnológicos que ayudaran a los procesos constructivos en el departamento; tales estudios buscan obtener propiedades sísmo resistentes de la guadua aceptables para el uso en la construcción y tener una alternativa más económica que brinde la misma seguridad o mejor que el uso de los materiales predominantes como lo es el concreto reforzado.

## **ABSTRACT**

In a bid to reduce the environmental impact, in the framework of the building include engineers and architects have resumed some of the indigenous techniques, particularly the construction in Guadua (*Angustifolia kunth*). This is a resource of many natural advantages and industrial recognized in the Asian world and well valued in Europe, however in Colombia, where the species reaches the 51,000 hectares your employment value-added products only reaches one percent. The potential and prospects against the undercutting has marginalized the kind of its industrialization but the research on it are attracting great interest.

In Nariño department guadua bamboo is a crop that has been present in our coffee areas being used improperly wasting your potential as a constructive element. For this reason it is intended to assess the physical-mechanical properties of this material from our region for the purpose of contributing to the technological studies that will help the constructive processes in our department, such studies seek to obtain properties seismic-resistant to the guadua acceptable for use in the construction and have a more economical alternative that will provide the same security or better than the use of the materials predominant as it is reinforced concrete.

## GLOSARIO<sup>1</sup>

**ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL:** en un corte transversal del culmo es el área de la dirección de las fibras y de los vasos conductores.

**CONTENIDO DE HUMEDAD:** contenido de agua al interior de un cuerpo expresado como la relación en porcentaje entre el peso del agua contenida y el peso del material anhidro.

**CULMO:** eje aéreo segmentado formado por nudos y entrenudos (guadua).

**DIÁMETRO EXTERNO:** diámetro de una sección transversal de una pieza de guadua medido desde dos puntos opuestos en la superficie externa.

**ESPESOR DE LA PARED:** grosor de la pared de una probeta de guadua.

**LUZ:** espacio libre entre los soportes del culmo en el equipo utilizado para el ensayo de flexión.

**MUESTRA:** Cantidad o grupo de probetas o especímenes.

**PROBETA:** segmento o pieza de guadua que se usa para ensayos o pruebas de laboratorio, con medidas específicas.

**RODAL:** conjunto de culmos que pueblan un terreno diferenciándolo de los colindantes.

**TROZAR:** dividir en segmentos un culmo.

---

<sup>1</sup> Norma Técnica Colombiana NTC 5525.



## SÍMBOLOS Y TÉRMINOS ABREVIADOS

- A      área de la sección transversal.
- D      diámetro externo.
- $\delta$     deflexión o deformación (se lee delta).
- E      módulo de elasticidad.
- F      carga.
- $I_B$    momento de inercia.
- L      luz en el ensayo de flexión.
- CH    contenido de humedad.
- m      masa.
- $\Pi$     se tomo como 3,14.
- $\rho$     densidad.
- $\sigma$    esfuerzo.
- t      espesor de la pared.
- $\tau$     esfuerzo de corte.
- V      volumen de la probeta.

Subíndice.

ult. Último.

NOTA: 1 Mpa. = 1N/mm<sup>2</sup>

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>16</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
<b>1. TITULO.....</b>	<b>19</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 HISTORIA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 TAXONOMIA.....</b>	<b>21</b>
2.2.1 Descripción de las variedades, formas o tipos.....	21
<b>2.3 PARTES DE LA GUADUA Y SUS CARACTERISTICAS.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4 CONDICIONES DE SIEMBRA.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5 PROPAGACIÓN DE DE LA GUADUA.....</b>	<b>26</b>
2.5.1 Reproducción sexual o por semilla.....	26
2.5.2 Propagación asexual o vegetativa.....	26
<b>2.6 FASES DEL DESARROLLO DE LA GUADUA.....</b>	<b>28</b>
2.6.1 Edad de corte.....	28
<b>2.7 COMO MANEJAR EL GUADUAL.....</b>	<b>29</b>
<b>3. ANTECEDENTES.....</b>	<b>30</b>
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>32</b>

<b>5.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH.....</b>	<b>34</b>
<b>5.1</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD.....</b>	<b>34</b>
5.1.1	Principio.....	34
5.1.2	Equipo utilizado.....	34
5.1.3	Preparación de las probetas.....	35
5.1.4	Procedimiento.....	36
5.1.5	Resultados del contenido de humedad.....	36
<b>5.2</b>	<b>DENSIDAD.....</b>	<b>37</b>
5.2.1	Principio.....	37
5.2.2	Equipo utilizado.....	37
5.2.3	Preparación de las probetas.....	37
5.2.4	Procedimiento.....	37
5.2.5	Resultados de la densidad.....	39
<b>5.3</b>	<b>CONTRACCIÓN.....</b>	<b>39</b>
5.3.1	Principio.....	39
5.3.2	Equipo utilizado.....	39
5.3.3	Preparación de las probetas.....	41
5.3.4	Procedimiento.....	41
5.3.5	Resultados de la contracción.....	42
<b>5.4</b>	<b>COMPRESIÓN.....</b>	<b>44</b>
5.4.1	Principio.....	44
5.4.2	Equipo utilizado.....	44
5.4.3	Preparación de las probetas.....	45
5.4.4	Procedimiento.....	45

5.4.5	Datos iniciales del ensayo de compresión.....	46
5.4.6	Cálculos y expresión de resultados del ensayo de compresión axial.....	47
<b>5.5</b>	<b>FLEXIÓN.....</b>	<b>49</b>
5.5.1	Principio.....	49
5.5.2	Equipo utilizado.....	49
5.5.3	Preparación de los culmos de ensayo.....	52
5.5.4	Procedimiento.....	52
5.5.5	Datos iniciales del ensayo de flexión.....	53
5.5.6	Cálculos y expresión de resultados del ensayo de flexión.....	54
<b>5.6</b>	<b>CORTE.....</b>	<b>55</b>
5.6.1	Principio.....	55
5.6.2	Equipo utilizado.....	56
5.6.3	Preparación de las probetas.....	56
5.6.4	Procedimiento.....	57
5.6.5	Datos iniciales del ensayo de corte.....	57
5.6.6	Cálculos y expresión de resultados del ensayo de corte paralelo a las fibras.....	58
<b>5.7</b>	<b>TENSIÓN.....</b>	<b>60</b>
5.7.1	Principio.....	60
5.7.2	Equipo utilizado.....	60
5.7.3	Preparación de las probetas.....	61
5.7.4	Procedimiento.....	62
5.7.5	Datos iniciales del ensayo de tensión.....	63
5.7.6	Cálculos y expresión de resultados del ensayo de tensión paralela a las fibras.....	64

<b>6.</b>	<b>ANALISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
<b>6.1</b>	<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN.....</b>	<b>66</b>
6.1.1	Datos generales del ensayo de comprensión.....	66
6.1.2	Tipo de fallas observadas en las probetas ensayadas.....	67
6.1.3	Comparación con otras investigaciones.....	68
<b>6.2</b>	<b>ENSAYO DE CORTE PARALELO A LAS FIBRAS.....</b>	<b>69</b>
6.2.1	Datos generales del ensayo de corte paralelo a las fibras.....	69
6.2.2	Tipo de fallas observadas en las probetas ensayadas.....	70
6.2.3	Comparación con otras investigaciones.....	72
<b>6.3</b>	<b>ENSAYO DE TENSIÓN PARALELA A LAS FIBRAS.....</b>	<b>73</b>
6.3.1	Datos generales del ensayo de tensión paralela a las fibras.....	73
6.3.2	Tipo de fallas observadas en las probetas ensayadas.....	74
6.3.3	Comparación con otras investigaciones.....	75
<b>6.4</b>	<b>ENSAYO DE FLEXIÓN.....</b>	<b>76</b>
6.4.1	Datos generales del ensayo de flexión.....	76
6.4.2	Tipo de fallas observadas en las probetas ensayadas.....	77
6.4.3	Comparación con otras investigaciones.....	78
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>9.</b>	<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>91</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>92</b>

## LISTA DE TABLAS

		pág.
<b>Tabla 1</b>	Datos promedios iniciales del ensayo de compresión corregimiento de Matituy.....	37
<b>Tabla 2</b>	Datos promedios iniciales del ensayo de compresión corregimiento de Tunja Grande.....	37
<b>Tabla 3</b>	Resultados ensayo de compresión corregimiento de Matituy.....	39
<b>Tabla 4</b>	Resultados ensayo de compresión corregimiento de Tunja Grande.....	39
<b>Tabla 5</b>	Datos promedios iniciales del ensayo de corte corregimiento de Matituy.....	42
<b>Tabla 6</b>	Datos promedios iniciales del ensayo de corte corregimiento de Tunja Grande.....	42
<b>Tabla 7</b>	Resultados ensayo de corte corregimiento de Matituy.....	43
<b>Tabla 8</b>	Resultados ensayo de corte corregimiento de Tunja Grande.....	43
<b>Tabla 9</b>	Datos promedios iniciales del ensayo de tensión corregimiento de Matituy.....	46
<b>Tabla 10</b>	Datos promedios iniciales del ensayo de tensión corregimiento de Tunja Grande.....	46
<b>Tabla 11</b>	Resultados ensayo de tensión corregimiento de Matituy.....	48
<b>Tabla 12</b>	Resultados ensayo de tensión corregimiento de Tunja Grande..	48
<b>Tabla 13</b>	Datos promedios iniciales del ensayo de flexión corregimiento de Matituy.....	53
<b>Tabla 14</b>	Datos promedios iniciales del ensayo de flexión corregimiento de Tunja Grande.....	54

<b>Tabla 15</b>	Resultados ensayo de flexión corregimiento de Matituy.....	55
<b>Tabla 16</b>	Resultados ensayo de flexión corregimiento de Tunja Grande...	55
<b>Tabla 17</b>	Resultados del contenido de humedad promedio corregimiento de Matituy.....	57
<b>Tabla 18</b>	Resultados del contenido de humedad promedio corregimiento de Tunja Grande.....	58
<b>Tabla 19</b>	Resultados de la densidad promedio corregimiento de Matituy..	59
<b>Tabla 20</b>	Resultados de la densidad promedio corregimiento de Tunja Grande.....	59
<b>Tabla 21</b>	Resultados de la contracción corregimiento de Matituy(ensayo de compresión, corte paralelo a las fibras y tensión perpendicular a las fibras).....	63
<b>Tabla 22</b>	Resultados de la contracción corregimiento de Matituy(ensayo de flexión).....	63
<b>Tabla 23</b>	Resultados de la contracción corregimiento de Tunja Grande (ensayo de compresión, corte paralelo a las fibras y tensión perpendicular a las fibras).....	65
<b>Tabla 24</b>	Resultados de la contracción corregimiento de Tunja Grande (ensayo de flexión).....	65
<b>Tabla 25</b>	Resultados de compresión.....	66
<b>Tabla 26</b>	Resultados de corte paralelo a las fibras.....	69
<b>Tabla 27</b>	Resultados de tensión paralela a las fibras.....	73
<b>Tabla 28</b>	Resultados de flexión.....	76

## LISTA DE ANEXOS

		pág.
<b>Anexo 1</b>	El Municipio de la Florida.....	92
<b>Anexo 2</b>	Análisis estadístico.....	94
<b>Anexo 3</b>	Resultados detallados ensayo de compresión corregimiento de Matituy.....	96
<b>Anexo 4</b>	Resultados detallados ensayo de compresión corregimiento de Tunja Grande.....	100
<b>Anexo 5</b>	Resultados detallados ensayo de corte corregimiento de Matituy.....	104
<b>Anexo 6</b>	Resultados detallados ensayo de corte corregimiento de Tunja Grande.....	107
<b>Anexo 7</b>	Resultados detallados ensayo de tensión corregimiento de Matituy.....	110
<b>Anexo 8</b>	Resultados detallados ensayo de tensión corregimiento de Tunja Grande.....	114
<b>Anexo 9</b>	Resultados detallados ensayo de flexión corregimiento de Matituy.....	118
<b>Anexo 10</b>	Resultados detallados ensayo de flexión corregimiento de Tunja Grande.....	122



## INTRODUCCIÓN

La actual sociedad ha desarrollado en gran medida medios industriales y científicos, los que han originado fuentes de contaminación que afectan el medio ambiente y crean peligros para la salud humana y la preservación del medio medio, poniendo en peligro la supervivencia de las especies. Paralelamente la humanidad se ha beneficiado de la tecnología y se esperan aún más beneficios, por lo que la solución no es restringir o eliminar el progreso técnico, sino tratar de hacer coexistir este con condiciones ambientales suficientes que permitan un desarrollo armónico y saludable del ser humano.

Esa visión amplia e inteligente para valorar los recursos naturales ha permitido encontrar en los diferentes tipos de materias primas renovables y reciclables un sin número de posibilidades y ventajas aplicadas a diferentes campos como el constructivo con excelentes resultados económicos, enorme rentabilidad, fácil accesibilidad, y lo que es muy indispensable, un apoyo importante a la conservación del medio ambiente ya que en Colombia la normatividad ambiental ha tenido un importante desarrollo en las últimas tres décadas, en especial, a partir de la Convención de Estocolmo de 1972, cuyos principios se acogieron en el Código de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974). Éste se constituyó en uno de los primeros esfuerzos en Iberoamérica para expedir una normatividad integral sobre el medio ambiente.

La guadua una planta con muchas características favorables para el medio ambiente, empezando por ser una fuente de protección de fuentes hídricas que la hace indispensable para la conservación de la vida. Posee otras características como absorción de gas carbónico las 24 horas del día a diferencia de las demás plantas que lo hacen solo en el día, entre otras características. Esto hace fundamental el cultivo y el buen uso de este recurso natural.

En Colombia país a finales del siglo XIX y principios del XX la guadua fue elemento protagónico desde su entrada proveniente de Asia; los primeros colonos encontraron terrenos abruptos, inestables, inundables y expuestos a deslizamientos, de esta manera idearon sistemas de construcción para sus viviendas, así aparece la Guadua. Este sistema fue retomado en 1999 luego del terremoto del eje cafetero en donde se impulsaron las investigaciones en diferentes regiones de Colombia. La región del eje cafetero es pionera en Colombia en el estudio de las propiedades físico-mecánicas de la guadua, estos estudios arrojan características excelentes de resistencia a la compresión, a la

flexión, tensión, entre otras. Es un material muy usado en la construcción de viviendas de múltiples niveles, también se construyen puentes, etc.

Al ser el departamento de Nariño una región con diversidad de climas y en el cual muchas zonas posee el clima para el cultivo de guadua, se pretende evaluar las propiedades físico mecánicas de la guadua angustifolia kunth en el municipio de la Florida, donde se busca obtener resultados positivos para implementar el uso de este material en el sector de la construcción.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar las propiedades físicas y mecánicas para manejo en construcción de la Guadua (*Angustifolia Kunth*) de los corregimientos de Matituy y Tunja Grande – Municipio de la Florida ubicados en zona noroccidental del Departamento de Nariño.

### Objetivos específicos:

- Realizar los ensayos de laboratorio en base a normas técnicas como la NTC 5525: METODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH; sobre segmentos de guadua provenientes de rodales de dos municipios de Nariño: corregimientos de Matituy y Tunja Grande – municipio de la Florida.
- Realizar los ensayos a determinadas muestras teniendo en cuenta los requisitos que establece la NORMA SÍSMO-RESISTENTE COLOMBIANA 2010 (NSR-10) capítulo (G12.3.1) “Requisitos de calidad para la guadua estructural”.
- Obtener resultados de valores que permitan evaluar contenidos de humedad, densidad y contracción de la guadua, para los ensayos físicos y mecánicos.
- Obtener resultados de valores que permitan evaluar resistencias a esfuerzos de compresión axial, esfuerzos de flexión, resistencia al corte paralelo a las fibras y resistencia a esfuerzos de tensión paralela a la fibra. Según la NTC 5525.
- Con los datos obtenidos en laboratorio y según lo estipulado en la NORMA SISMO-RESISTENTE 2010 capítulo G.12.7.3 calcular los diferentes esfuerzos admisibles y compararlos con la tabla G.12.7-1 para sacar conclusiones de las características físico mecánicas de la guadua que estamos estudiando.
- Comparar los resultados obtenidos en los ensayos realizados, con los resultados obtenidos para los municipios de Buesaco y Chachagüi y otras regiones del país donde se hallen resultados existentes.

## **1. TITULO**

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS PARA EL MANEJO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA GUADUA (ANGUSTIFOLIA KUNTH) DE LOS CORREGIMIENTOS DE MATITUY Y TUNJA GRANDE MUNICIPIO DE LA FLORIDA (NARIÑO)

## 2. MARCO TEÓRICO

“El guadua es inconfundible entre las demás vegetaciones, aun visto desde lejos. No es necesario oír el clamoreo de su follaje claro, ni ver la estilización de los seres que lo forman, para conocer su particular presencia”.<sup>2</sup>

### 2.1 HISTORIA.<sup>3</sup>

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, dedujo que este bambú americano era único y diferente y creó el género *Guadua* y la especie *Angustifolia* Kunth.

Este recurso se utilizaba ya desde épocas remotas por parte de los primitivos pobladores de los Andes, y actualmente sigue siendo usada, especialmente en la región centro-occidental de Colombia.

A este recurso vegetal se le rinde homenaje en Colombia cada 19 de octubre, dada la recursividad de usos y ventajas que proporciona al medio ambiente. Desde San Ángel en México hasta el sur de Argentina, exceptuando Chile y las Islas del Caribe, la guadua crece en todos los países de América Latina y en buena parte de los países asiáticos. Su uso es tan antiguo que, según el libro 'Nuevas técnicas de construcción en Bambú (1978)', en Ecuador se han encontrado improntas de bambú en construcciones que se estima tienen 9.500 años de antigüedad.

Puentes colgantes y atirantados de impresionante precisión de ingeniería, poderosas embarcaciones así como flautas, quenás y marimbas, fueron realizados por los Incas con este recurso durante la época de preconquista.

Colombia, Ecuador y Panamá son los países en América que registran mayor tradición de uso, de hecho en estas zonas existieron las mayores extensiones de la especie en el continente y sólo como ejemplo, en el siglo pasado en la zona

---

<sup>2</sup> Jaime Buitrago, *Hombres trasplantados*, 1943.

<sup>3</sup> Jaime Buitrago, *Hombres trasplantados*, 1943, Morán Ubidia, Jorge A.(2002) Origen de la palabra “Bambú”

cafetera colombiana se construyeron cerca de 100 poblaciones completas con guadua, esto tiene su razón de ser en las enormes propiedades y ventajas que ofrece la especie.

Estas características se deben a que la guadua es un bambú leñoso que pertenece a la familia de las gramíneas, taxonómicamente a las Poaceae y del cual existen realmente en el mundo cerca de 1.000 especies, 500 de ella en América. De éstas aproximadamente 20 conforman las especies prioritarias de bambú y dentro de ellas Colombia tiene una que posee las mejores propiedades físico-mecánicas del mundo y la extraordinaria durabilidad.

## 2.2 TAXONOMIA.<sup>4</sup>

Bajo un enfoque botánico, la especie Bambú, se encuentra clasificada dentro de la familia Bambuseae, perteneciente a las Gramíneas (posee entre 800 y 1000 especies dentro de 80 a 90 géneros). La guadua constituye el género de bambú nativo más importante de América tropical, es endémica de este continente, con aproximadamente 30 especies distribuidas desde México hasta Argentina, las cuales se pueden encontrar en un rango de altitud que va desde el nivel del mar hasta los 2.200 m.s.n.m. Es considerada el tercer bambú más grande del mundo, superada únicamente por dos especies asiáticas. La guadua es una gramínea gigante que puede alcanzar 30 metros de altura o más y cuyo diámetro puede variar de uno a 22 centímetros. La *Guadua angustifolia* fue identificada primero por los botánicos Humboldt y Bonpland como *Bambusa guadua*, posteriormente en 1822 el botánico alemán Karl S. Kunth identifica el género *Guadua*, haciendo uso del vocablo indígena “guadua”, con el que lo identificaban las comunidades indígenas de Colombia y Ecuador. Kunth rebautiza la especie con el nombre de *Guadua angustifolia*, que significa “hoja angosta”.

### 2.2.1 Descripción de las variedades, formas o tipos:

**Guadua cebolla:** es de tallo grueso, entre nudos grandes, se conoce como guadua hembra, la prefieren mucho en la construcción en forma de esterilla. Presenta pocas ramas bajas.

**Guadua macana:** es de tallo grueso, entrenudos pequeños se conoce también como guadua macho, sirve para la construcción de viviendas y muebles. Presenta abundantes ramas bajas.

---

<sup>4</sup> Ibíd.

**Guadua castilla:** es de tallo grueso, y de las más altas, se utiliza en la construcción como esterilla.

**Guadua cotuda:** es llamada así porque presenta abultamientos, que dan la apariencia de tener malformaciones.

**Guadua rayada:** de este tipo de guadua salen dos tipos: la guadua rayada amarilla o bicolor que como su nombre lo indica el tallo es de color verde y rayas amarillas, muy utilizada en la ornamentación. Y la guadua rayada negra, se conoce con este nombre porque al secarse toma un color oscuro en forma de rayas.<sup>5</sup>

### 2.3 PARTES DE LA GUADUA Y SUS CARACTERÍSTICAS

**Rizoma:** Es un tallo modificado, subterráneo, que conforma el soporte de la planta. Popularmente se conoce como “caimán”. Las raíces o rizomas se pueden encontrar hasta 2.0 metros de profundidad. Además se puede utilizar como artículo de decoración, ver figura 1 y 2.

**Cepa:** Es la sección basal del culmo con mayor diámetro, la distancia de sus entrenudos es corta, lo cual le proporciona una mayor resistencia. Su longitud es aproximadamente de 3.0 metros. Además se utiliza para columnas en construcción, cercos y entibados; para estabilidad de taludes tiene gran uso, dada su sección. En cuanto al comportamiento frente a esfuerzos de flexión, esta parte de la guadua se comporta muy bien, gracias a la corta distancia entrenudos.

**Basa:** Parte de la guadua que posee mayores usos, debido a que su diámetro es intermedio y la distancia entre nudos es mayor que en la cepa; es la parte del culmo de la guadua que más se utiliza; tiene una longitud aproximada de 8.0 metros. Sobre la utilización, si el tallo es de buen diámetro se utilizan también para columnas, ver figura 1 y 2.

**Sobrebasa:** El diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor comparada con la basa. Es un tramo de guadua con buen comercio, debido a su diámetro que permite buenos usos. La longitud es de aproximadamente 4.0 metros ver figura 1 y 2.

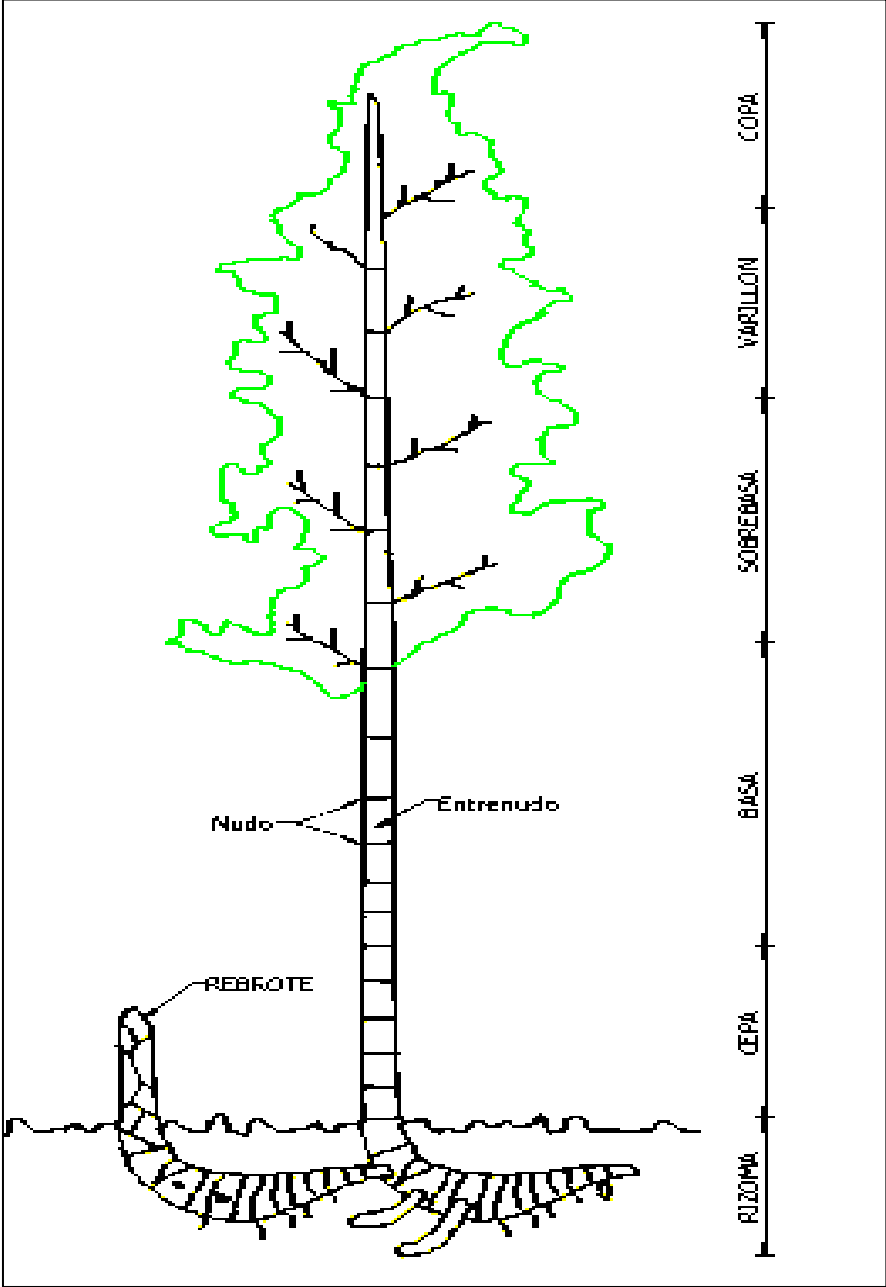
**Varillón:** Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3.0 metros. Generalmente se utiliza en la construcción como apuntalamientos y como soporte (correa) para disponer tejas de barro o paja ver figura 1 y 2.

---

<sup>5</sup> Ibíd.

**Copa:** Es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1.20 a 2.0 metros. Se puede introducir, pica en el suelo del guadual como aporte de materia orgánica ver figura 1 y 2.<sup>6</sup>

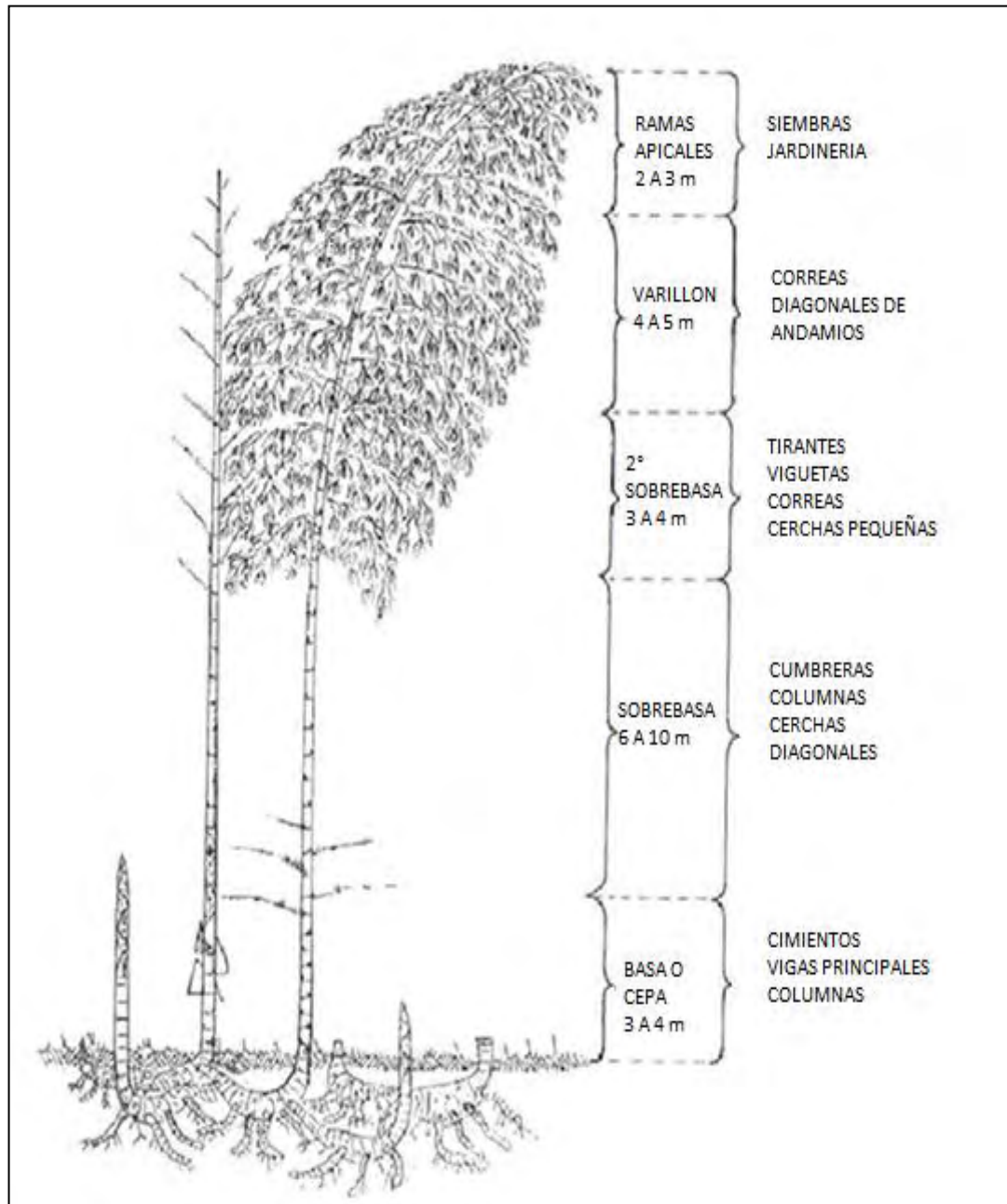
**Figura 1. Partes de una guadua.**



<sup>6</sup> Usos y partes de la guadua, Universidad Tecnológica de Pereira.



**Figura 2. Utilización de las diferentes partes en construcción.**



## 2.4 CONDICIONES DE SIEMBRA.

**Cuadro 1. Donde sembrar.**

<b>Altitud</b>	400 a 2000 m.s.n.m.
<b>Temperatura</b>	18 a 36° C
<b>Precipitación</b>	Superior a 1.300 mm por año
<b>Humedad relativa</b>	80% - 100%
<b>Suelos</b>	suelos limo-arcillosos, suelos bien drenados profundos y fértiles
<b>Dist.de siembra</b>	5 * 5 metros
<b>Plateo</b>	1.5 metros
<b>Hoyo</b>	40 * 40 cm
<b>Suelos</b>	Areno-limosos, arcillo-limosos y francos.

En el cuadro 1, se mencionan algunas características de la zona de siembra para la guadua. Como bosque protector de suelos o cuencas, sembrar en triángulo a 3.0\*3.0 m.\*3.0 m. de distancia entre plantas y en el caso de conservación de corrientes, trace a partir de un metro del talud del río o quebrada. Como bosque protector aprovechable, siempre en cuadro a 5.0 m \* 5.0 m. de distancia entre plantas, lográndose una densidad de siembra de 494 plantas por hectárea.

Si es estrictamente necesario, se realiza una rocería moderada, para facilitar el trazado. Posteriormente se hace un plateo en el sitio donde se sembrará cada uno de los chusquines. Para mantener el área asociada a la guadua limpia, se puede asociar con leguminosas como frijol, soya, canavalia, etc.

Esta especie hallada en Colombia en estado natural alcanza su máxima resistencia entre los 3 y 6 años de crecimiento, en general llega a estas dimensiones promedio:

Altura entre 18 y 30 metros, diámetros entre 8 y 18 centímetros, espesores entre 2 y 2,5 centímetros en el medio y de 1,5 centímetros hacia los extremos, distancia entre nudos de 7 a 10 centímetros en la base y de 25 a 35 en el medio.

En Colombia se han identificado dos variedades que también son únicas: La guadua angustifolia bicolor y guadua angustifolia Nigra, estas especies tiene además alta velocidad de crecimiento, casi 11 cm de altura por día y en sólo 6 meses puede lograr su altura total, estos es positivos si se tiene en cuenta que uno de los problemas acusados para la siembra de especies maderables y reforestación, es el tiempo extremadamente largo para la obtención de resultados.

## 2.5 PROPAGACIÓN DE LA GUADUA.<sup>7</sup>

Existen dos formas de propagación y reproducción de la guadua:

**2.5.1 Reproducción sexual o por semilla:** Este método no es fácil ni práctico debido a que la fructificación de la guadua es esporádica, la mayoría de las semillas es vana y de bajo vigor.

**2.5.2 Propagación asexual o vegetativa:** consiste en la propagación a partir de partes vegetativas de la planta como ramas, yemas, tallos y rizomas. Los sistemas más utilizados son :

- **Chusquines:** Son los brotes que salen del rizoma o caimán y que se observan en forma de retoño, está formado por el tallo, hojas, ramas y raíz. Cada retoño puede producir de 7 a 10 nuevas plantas en 4 meses. Es el método de propagación recomendado con éxito por su alto índice de supervivencia y desarrollo.
- **Sección del tallo:** Se toman partes de culmo que posean dos o más nudos y se siembran en forma horizontal o vertical. Los resultados con este sistema son de 50% al 80% de prendimiento.
- **Sección de tallo con agua:** A partir de culmos de 8 cm. De diámetro se cortan secciones incluyendo tres nudos y dos entre nudos; se hacen perforaciones pequeñas en los entre nudos y se llenan con agua, posteriormente se siembran en forma horizontal con los orificios hacia arriba.
- **Por riendas:** Se utiliza material con ramas jóvenes, se cortan trozos de 15 cm de longitud que posean una o varias yemas, se siembran en bolsa logrando dejar la yema en el centro para obtener un buen prendimiento.
- **Cepas completas o caimanes:** Consiste en extraer los rizomas de la periferia de la mata para sembrarlos en sitios preestablecidos. No es un método recomendable para la conservación de la especie. Además requiere mucho tiempo para su extracción.
- **Por rizoma:** acodos a una distancia de 20 cm. a 30 cm. Y muy cerca de un nudo de la rama, se hace un corte en forma de anillo, se cubre muy bien humedeciendo permanentemente para propiciar el brotamiento de las yemas. No es recomendable porque para obtener los rizomas se daña mucho los rodales.

---

<sup>7</sup> Cultivo, Uso Y Manejo de la guadua, Corporación autónoma regional del Cauca.

- **In-vitro:** Se realiza en laboratorio, con tejidos obtenidos de tallos, ramas y chusquines; el objetivo principal es la obtención masiva de plántulas homogéneas.

De los métodos anteriormente descritos el más recomendado para la propagación de la guadua, por la facilidad de recolección y economía, es el de chusquines con el cual se ha obtenido un 80% de prendimiento.

**Los chusquines y su forma de recolección:** El término chusquín nació con el parecido morfológico existente entre los primeros estados de desarrollo de una plántula de chusque con un brote basal del rizoma de la guadua.

Los tallos de chusquín son delgados, con alturas entre 10 y 30 cm, y diámetros entre 1 y 2.5 mm, pigmentados por diversas coloraciones o matices. Parten desde un verde claro, pasan por verdes normales hasta rojizos oscuros. Con presencia de nudos separados entre si por entrenudos huecos de 6 cm. De longitud en promedio. Entre nudos más largos en la parte apical, debido a que aun no ha llegado a su longitud final dentro del proceso normal de crecimiento de la plántula. Generalmente posee pocas hojas, entre dos y cinco; son apicales, lanceoladas con dimensiones promedio de 7cm. de largo por 1 de ancho. Para la obtención de chusquines se tiene en cuenta lo siguiente:

- 1- Los chusquines más abundantes se encuentran en bosques intervenidos mínimo dos meses atrás.
- 2- Recolecte los chusquines de rodales vigorosos, fértiles y sanos.
- 3- Con la ayuda de un palín o machete cortante, separe el rizoma que generó el chusquín; De esta manera solo queda adherido por sus raíces al suelo.
- 4- Para ello trace con el palín un cuadro en el suelo de 20 a 25 cm.
- 5- Humedezca el área demarcada con abundante agua, para evitar el desmoronamiento del suelo y este quede adherido a las raíces de la plántula. Luego haciendo presión al palín se introduce suavemente por sus cuatro lados demarcados previamente tratando de no causarle daño al chusquín. Con movimientos laterales y suaves en cada una de las hendiduras, se procede a sacar el pilón de tierra procurando evitar ruptura de las raíces y raicillas transporte en húmedo y en el menor tiempo los chusquines con su pan de tierra al vivero para su propagación o al sitio de siembra, si se va a sembrar a raíz desnuda.

## 2.6 FASES DEL DESARROLLO DE LA GUADUA.

**Rebrote o renuevo:** comprende los primeros 6 meses de edad generalmente, en este tiempo crece aproximadamente de 4 a 6 cm. Por día el 60% de crecimiento lo hace en horas nocturnas. Esta primera fase de desarrollo del guadual comprende desde la aparición del rebrote hasta cuando llega a su máxima altura, sin presencia de ramas apicales o superiores; a veces aparecen ramas basales o ganchos. En esta fase el tallo siempre está cubierto por hojas caulinares o "capachos" tanto en su parte basal o bajera, como en su parte apical o superior. Los entrenudos son de color verde intenso y presentan dos bandas blancas en cada nudo, llamadas bandas nodales, compuestas de pubescencia (pelusa). Los rebrotes nunca se deben cortar.

**Guadua juvenil o "biche":** comprende desde los 6 meses hasta los 3 años de edad, en esta fase, el tallo elimina todas sus hojas caulinares de su parte superior y conserva las basales. Hay presencia de ramas apicales y crece gradualmente el follaje de la planta. Los entrenudos son de color verde intenso y las bandas nodales se siguen apreciando claramente. Los tallos en esta fase tampoco se deben cortar.

**Guadua adulta, madura, o "hecha":** comprende entre el 3 – 6 años de edad, el tallo se cubre de manchas liquenosas, se atenúan las bandas nodales y aparecen algunos musgos en los nudos, no hay hojas caulinares en ninguna parte del tallo y la guadua adquiere su mayor grado de resistencia. Por el color blanquecino se les denominan "Guaduas Rucias" y generalmente se encuentran en el interior del guadual. Son las únicas guaduas que se pueden aprovechar.

**Guadua seca:** no hay presencia de follaje y los tallos son de color ocre o amarillo pálido. No se deben dejar llegar los guaduales a ese estado por cuanto en él, los tallos pierden su resistencia se da después de los 6 años de edad.

### 2.6.1 Edad de corte:

- Para alimento humano a los 30 días.
- Para ser utilizada en tejidos y cierta artesanía para lo cual se requiere extraer cintas que ofrezcan gran flexibilidad sin quebrarse debe ser cortada entre los 6 meses y el año.
- Para ser utilizada para propagación, debe ser cortada entre dos y tres años, cuando le aparezcan los líquenes blancos.
- Para extracción de esterillas, de los dos y medio a tres años en adelante.

- Para ser utilizada para desempeñar trabajos que requieran de sus propiedades mecánicas de resistencia a la tensión o a la compresión debe ser cortada después de los cuatro años, cuando ya esté hecha y los líquenes se hayan generalizado.

## **2.7 COMO MANEJAR EL GUADUAL.**

Estos son algunos pasos para el buen manejo del guadual:

- Limpias: cada 6 meses, retiro de maleza.
- Raleos: consiste en cortar los tallos delgados, débiles y también las guaduas maduras, para facilitar la explotación.
- Desganches: después del tercer año viene el desganche, es la acción de quitar las ramas de la parte media hacia debajo de la planta, facilita el manejo y aprovechamiento del guadual.
- Cosecha: se debe cortar en los primeros 5 días del cuarto menguante, época de sabia descendente procurando al máximo hacer el corte en las horas de la madrugada, 5 – 7 A.M. se recomienda dejarla parada entre 15 y 20 días la planta cortada para lograr la salida de agua.

Generalmente, se encuentra en una hectárea de guadua después de los 6 años de sembrado, entre 4.500 y 5.000 matas en la siguiente proporción: Maduras el 60%, verde el 30% y rebrotes el 10%. El corte de la guadua se hace en el primero o segundo nudo, esto para que el rizoma quede protegido y estimule el rebrote de la planta. La producción plena se inicia de 7 a 8 años después de sembrada.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Ibíd.

### 3. ANTECEDENTES<sup>9</sup>

La guadua ha jugado un papel preponderante en el desarrollo de las sociedades y comunidades tanto del eje cafetero como en otras regiones del país. El análisis de construcciones en guadua debe partir del PRINCIPIO DE PRESERVACIÓN INTEGRAL: es decir desde el manejo sostenible del guadua, de la plantación misma con la selección del sitio y suelos para la siembra, de la planificación de los aspectos: ambientales, económicos, culturales, legales, fitosanitarios, cuidados en general para obtener un recurso en optimas condiciones y de excelente calidad.

En la manipulación de esta especie se debe asumir un cambio de actitud frente al material en su corte, teniendo en cuenta que por ser un material natural está expuesto a ser atacado por plagas, insectos y otros microorganismos que pueden causar no solo su deterioro sino incidir en la pérdida de sus propiedades por tal razón se debe realizar cuidados en el manejo y control de plagas y enfermedades.

Esta especie se convierte en algo especial en cuanto a su manejo y corte se refiere ya que para un correcto manejo se debe tener en cuenta las horas del día en que se realiza su corte y manipulación así como también se debe instruir a las personas que realizarán dicha tarea para que el corte se realice técnicamente en el primer o segundo nudo y evitando su emposamiento para que se evite su pudrición, y realizar su desjarrete, destrozado en piezas. Ante la variedad presentada en los rodales los encargados de manipular la guadua están en la capacidad de realizar marcaciones moleculares para determinar su edad, y algo que significará un trabajo dispendioso se compone de una selección y clasificación juiciosa para posteriormente se transporte, se almacene, y se utilice los métodos de secado necesarios, para que finalmente se realice una preservación con métodos eficientes, rápidos y económicos. Por las propiedades que componen a la guadua le permiten tener una variabilidad estructural para ser usada como columnas, vigas entre otros usos estructurales por tal razón se debe analizar su comportamiento a los diferentes esfuerzos que puede sufrir en una determinada estructura teniendo en cuenta la función a desempeñar en ella, analizando con los métodos adecuados para darle una buena protección por diseño evitando que quede expuesta a condiciones severas de clima, sol y agua que pueden generar pérdida de sus propiedades físicas.

En Colombia, la deforestación indiscriminada es una de los principales causas del deterioro del medio ambiente, la colonización, la tala de los bosques, el consumo de maderas como fuente de energía ,la sub-utilización y desperdicio de los

---

<sup>9</sup> Cultivo, Uso Y Manejo de la guadua, Corporación autónoma regional del Cauca.

recursos naturales maderables, tanto en la extracción como en la transformación, causando catástrofes como erosión, contaminación y desaparición de especies; aparece la guadua como una alternativa para adelantar procesos de desarrollo sostenible conservacionista, paisajístico, artesanal, agroindustrial, de arquitectura e ingeniería, incrementando los ingresos y mejorando la calidad de vida de la sociedad.

Pero la falta de “cultura”, en varias de las regiones del país como por ejemplo en el departamento de Nariño hacen que este recurso natural como es la Guadua no se le dé la importancia necesaria tanto tecnológica como industrialmente sumándose de esta manera a las regiones que carecen de una visión integral, lo cual ha hecho que este noble material sea mal manejado y mal utilizado. Contribuyendo a esto se tiene la falta de interés en su análisis por parte de los organismos encargados del manejo de los recursos naturales de la región.

En algunas zonas del departamento de Nariño se ha incentivado el manejo de la guadua y para hacer de esta un sistema productivo es necesario motivar a los propietarios de guaduales naturales, reforestadores, aprovechadores comercializadores, artesanos, arquitectos, ingenieros, industriales e investigadores para fortalecer las relaciones entre los sectores.

En la parte de la ingeniería en el departamento de Nariño se han adelantado por parte de 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.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Universidad de Nariño. Municipio de Buesaco, Cadena, Ayala. Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.



## 4. METODOLOGÍA

La investigación que se realizó tuvo como base información previa y completa acerca de la guadua (*angustifolia kunth*), sus orígenes, ventajas usos, propiedades y toda información recopilada en libros e internet para lograr un conocimiento y un acercamiento acertado de esta especie forestal, posteriormente se siguieron los siguientes pasos:

- Visita y reconocimiento de la región, en este caso se realizó un viaje a los corregimientos de Matituy y Tunja Grande en el Municipio de La Florida y se realizó un contacto con un habitante de la región para facilitar el reconocimiento.
- Observación y escogencia de rodales y en los mismos se escogieron los culmos que visualmente eran más adecuados para la realización de la investigación.
- Preparación de mano de obra herramienta para la realización del corte hasta que se produzca la próxima luna cuarto menguante.
- Realización del corte bajo las normas que le sugieren.<sup>11</sup>
- Pasado el tiempo de avinagre rotulado y recolección de las muestras.
- Transporte hasta el lugar de ensayo. (Universidad de Nariño.)
- Preparación de las probetas de ensayo.<sup>12</sup>
- Realización de los siguientes ensayos tomando como base la Norma Técnica NTC 5525:
  - ✓ Ensayo de compresión.
  - ✓ Ensayo de corte paralelo a la fibra.
  - ✓ Ensayo de tracción o tensión paralela a la fibra.
  - ✓ Ensayo de flexión.
  - ✓ Contenido de humedad.
  - ✓ Densidad.
  - ✓ Contracción.

---

<sup>11</sup> Norma Técnica Colombiana NTC 5300. Cosecha y postcosecha de culmo de guadua *angustifolia* Kunth, Bogotá 2010.

<sup>12</sup> Según Norma Técnica Colombiana 5525.

La investigación termina con el análisis de resultados para la determinación de las propiedades físico-mecánicas de la guadua (*angustifolia kunth*) y la comparación de resultados con la Norma Sismo Resistente NSR 10 y otras investigaciones.

## **5. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

La descripción de los ensayos, la toma de datos, cálculos y expresión de resultados para determinar las propiedades físico-mecánicas de la guadua angustifolia está basada en la Norma Técnica Colombiana **NTC 5525, MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH.**

### **Nota:**

- Cada culmo (segmento de guadua) se dividió en tres partes denominadas en parte inferior (I), parte media (M) y parte superior (S) como se muestra en las tablas, lo anterior se aplica para todos los ensayos excepto el de flexión.
- Los datos y los cálculos detallados de cada una de las probetas ensayadas se encuentran a partir del anexo 4.

### **5.1 CONTENIDO DE HUMEDAD**

**5.1.1 Principio:** determinación, mediante el pesaje, de la pérdida de masa de la probeta de ensayo durante el secado hasta una masa constante y cálculo de la pérdida de masa como un porcentaje de la masa de la probeta de ensayo después del secado.

#### **5.1.2 Equipo Utilizado:**

- Balanza, con exactitud de 0,01 g, ver foto 1.
- Cortadora para obtener probetas, ver foto 2.

**Foto 1.** Balanza electrónica



**Foto 2.** Cortadora

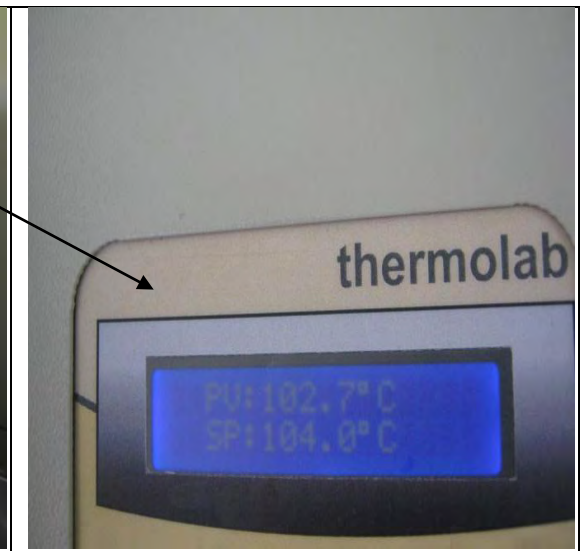


Equipo con capacidad para secar la guadua, hasta obtener una condición absolutamente seca, por ejemplo un horno eléctrico, ver foto 3 y 4.

**Foto 3.** Horno eléctrico



**Foto 4.** Tablero electrónico del horno



**5.1.3 Preparación de las probetas:** Las probetas para la determinación del contenido de humedad se deben preparar inmediatamente después de cada ensayo mecánico. La cantidad de probetas debe ser igual a la cantidad de

probetas para los ensayos mecánicos y físicos. Las muestras se deben tomar cerca del lugar de la falla y almacenar en condiciones que garanticen que el contenido de humedad no cambie.

#### 5.1.4 Procedimiento:

- Las probetas se pesaron con exactitud de 0.01 g. y luego se secaron en un horno a temperatura de  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Después de 24 horas, se registro la masa a intervalos reguladores no inferiores a 2 horas. Se tuvo mucho cuidado para evitar todo cambio en el contenido de humedad durante el periodo entre el retiro del horno y las determinaciones posteriores de masa.
- El secado se termino cuando la diferencia entre las determinaciones sucesivas de la masa no exceda 0,01 g.

El contenido de humedad (CH) de cada probeta se calculo como la pérdida de masa, expresada como porcentaje de la masa seca en horno, usando la siguiente fórmula:

$$\text{CH} = \frac{m - m_0}{m_0} * 100 \text{ (Fórmula. 1)}$$

En donde:

m es la masa de la probeta antes del secado.

m<sub>0</sub> es la masa de la probeta después del secado.

Cada una con exactitud de 0,01g.

El contenido de humedad se calculo con exactitud de un décimo de porcentaje. Este contenido de humedad se toma como representativo del contenido de humedad de la probeta ensayada como un todo. La media aritmética de los resultados obtenidos a partir de probetas individuales se registro como el valor medio del contenido de humedad de las probetas ensayadas.

**5.1.5 Resultados contenido de humedad:** a continuación se presentan las tablas 1 y 2 que contienen los resultados del contenido de humedad de los corregimientos de Matituy y Tunja Grande respectivamente.

**Tabla 1.** Resultados del contenido de humedad promedio corregimiento de Matituy.

ENSAYO	CH (%) PROMEDIO
ensayos de compresión	67.0
ensayo de corte paralelo a las fibras	58.2
ensayo de tensión perpendicular a las fibras	46.4
ensayo de flexión	43.9

**Tabla 2.** Resultados del contenido de humedad promedio corregimiento de Tunja Grande.

ENSAYO	CH (%) PROMEDIO
ensayos de compresión	79.8
ensayo de corte paralelo a las fibras	77.1
ensayo de tensión perpendicular a las fibras	68.9
ensayo de flexión	53.3

## 5.2 DENSIDAD

**5.2.1 Principio:** determinación de la masa de la probeta mediante pesaje, y de su volumen mediante la medición de sus dimensiones o con cualquier otro método. Cálculo de la masa por unidad de volumen de guadua.

**5.2.2 Equipo utilizado:** instrumento de medición con capacidad para determinar las dimensiones de las probetas con exactitud de 0,1 mm, balanza, con exactitud de 0,01 g, equipo para la determinación del contenido de humedad, según lo indicado en el numeral 5.1.2.

**5.2.3 Preparación de las probetas:** Las probetas se prepararon según lo indicado en el numeral 5.1.3. Para la determinación de la masa por unidad de volumen. También se permite preparar la muestra de ensayo a partir de una sección transversal total de las probetas, siempre y cuando el volumen se pueda medir con facilidad.

### 5.2.4 Procedimiento:

- Se midió las dimensiones de las probetas con exactitud de 0,1 mm y se calculó el volumen. Se hizo mediante inmersión, con exactitud de 10 mm<sup>3</sup>. Se realizó este procedimiento en condición húmeda (verde).

- Las probetas se secaron hasta obtener una masa constante (véase el numeral 5.1.4), y se hizo gradualmente para minimizar la deformación y el fisurado.
- Las operaciones de pesaje se hicieron inmediatamente después del secado.
- Se calculo la masa de las probetas con una exactitud de 0,01 g.

#### Nomenclatura

H	altura de la probeta.
D	diámetro externo.
R1	radio desde el centro a la cara externa de la probeta.
d	diámetro interno.
R2	radio desde el centro a la cara interna de la probeta.
m	es la masa de la probeta antes del secado.
m <sub>o</sub>	es la masa de la probeta después del secado.
V <sub>t</sub>	es el volumen húmedo (verde) de la probeta.

La densidad (masa, seca en horno, por unidad de volumen) de cada probeta se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\rho = (m_o / V) \quad (\text{Fórmula. 2})$$

En donde:

$\rho$	es la densidad, en kg/m <sup>3</sup> .
m <sub>o</sub>	es la masa de la probeta después del secado.
V	es el volumen húmedo (verde) de la probeta.

Se calcula con una exactitud de 10 kg/m<sup>3</sup>, la media aritmética de los resultados obtenidos para las probetas individuales y se registra este valor como el promedio de la densidad de las probetas ensayadas.

Para el cálculo del volumen de la probeta se utilizó la fórmula:

$$V_{\text{cilindro}} = \pi * R^2 * H \quad (\text{Fórmula.3})$$

En donde:

R	radio de la probeta.
H	altura de la probeta.

El volumen total (V<sub>t</sub>) es igual a la diferencia de los volúmenes obtenidos con los dos radios.

**5.2.5 Resultados de la densidad:** a continuación se presentan las tablas 3 y 4 que contienen los resultados de densidad de los corregimientos de Matituy Y Tunja Grande respectivamente.

**Tabla 3.** Resultados de la densidad promedio corregimiento de Matituy.

ENSAYO	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
ensayos de compresión	660
ensayo de corte paralelo a las fibras	800
ensayo de tensión perpendicular a las fibras	800
ensayo de flexión	680

**Tabla 4.** Resultados de la Densidad promedio corregimiento de Tunja Grande.

ENSAYO	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
ensayos de compresión	630
ensayo de corte paralelo a las fibras	640
ensayo de tensión perpendicular a las fibras	640
ensayo de flexión	610

### 5.3 CONTRACCIÓN

**5.3.1 Principio:** Determinación de la contracción de un entrenudo (sin incluir los nudos), midiendo el diámetro externo, el espesor de la pared y la altura, antes y después del secado.

**5.3.2 Equipo utilizado:** Instrumento de medición con capacidad para determinar las dimensiones de las probetas con exactitud de 0,1 mm para el espesor de pared y 1 mm para la altura y el diámetro externo de la probeta. Se utilizó también un calibrador o pie de rey y una regla metálica, ver foto 5 y 6.



Foto 5. Calibrador o pie de rey.



Foto 6. Regla metálica.



Foto 7. Calibrador en uso



Equipo con capacidad para secar la guadua, según lo indicado en el numeral 5.1.2.

**5.3.3 Preparación de las probetas:** Las probetas, con una altura de 100 mm, se prepararon a partir de secciones sin nudos, tomadas de culmos completos de guadua. En el caso de ensayos de compresión, corte y tensión, las muestras para el ensayo de contracción se tomaron lo más cerca posible de las muestras para compresión, corte y tensión. En el caso de ensayos de flexión, se tomaron lo más cerca posible del sitio de falla. En cada caso, se tuvo en cuenta que estuvieran libres de grietas iniciales. Si los ensayos de contracción se hacen independientemente de otros ensayos, las muestras de ensayo se deben tomar de la sección mas inferior del culmo.

#### **5.3.4 Procedimiento:**

- La contracción se midió en el diámetro externo D, en el espesor de la pared t y en la longitud L de la probeta.
- Se hicieron marcas adecuadas en la probeta para facilitar que todas las observaciones se realizaran del mismo lugar. En cada probeta, se midieron cuatro diámetros, 4 espesores de pared (dos en cada extremo) y dos longitudes. Se permitio que la probeta se seque lentamente en condiciones de humedad gradualmente decreciente y temperatura creciente. Las masas y las dimensiones se registraron con regularidad hasta que las dimensiones fueron constantes o se termino el ciclo completo de secado.
- Por último, las probetas se pusieron en un horno con temperatura aproximada de  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de tal forma que se secan completamente (como se indica en el numeral 5.1.4), después de lo cual, se tomaron las dimensiones por última vez.

La contracción desde la condición inicial húmeda hasta la condición final seca, expresada como porcentaje ajustado a una cifra decimal, se calculo con la siguiente fórmula:

$$\text{Contracción} = ((I - F) / I) * 100 \quad (\text{Fórmula. 4})$$

En donde:

I      lectura inicial.  
F      lectura final.

Cada lectura es el valor promedio del diámetro, el espesor de la pared o la longitud, con una exactitud de 0,1 mm para el espesor de pared y 1 mm para la altura y el diámetro externo de la probeta.

**5.3.5 Resultados de la contracción:** esta es la nomenclatura usada en las tablas 5, 6, 7 y 8 que contienen los resultados de contracción:

- H altura de la probeta.
- D diámetro externo.
- t espesor de la pared de la probeta.
- %H porcentaje de contracción en la altura de la probeta.
- %D porcentaje de contracción en el diámetro externo de la probeta.
- %t porcentaje de contracción en el espesor de la pared de la probeta.

**Tabla 5.** Resultados de la contracción corregimiento de Matituy (**ensayo de compresión, corte paralelo a las fibras y tensión perpendicular a las fibras**).

PROBETA N°	LECTURA INICIAL			LECTURA FINAL			CALCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS		
	H cm.	D cm.	t cm.	H cm.	D cm.	t cm.	H %	D %	t %
I1	10.0	12.2	2.0	10.0	11.4	1.7	0.0	6.2	13.8
M1	9.9	11.1	1.5	9.9	10.2	1.3	0.3	8.1	13.8
S1	9.8	10.2	1.2	9.8	9.4	1.1	0.3	7.9	11.9
I2	9.9	8.8	1.6	9.8	7.9	1.4	0.5	10.4	13.2
M2	10.1	8.3	1.1	10.1	7.7	1.0	0.2	7.1	12.2
S2	9.6	7.1	0.8	9.6	6.5	0.7	0.0	7.7	8.3
I3	10.2	10.1	1.2	10.1	9.5	1.2	0.2	6.1	3.8
M3	9.6	10.0	1.2	9.6	9.2	1.1	0.0	7.9	8.7
S3	9.5	9.1	1.1	9.5	8.4	1.0	0.0	7.2	6.3
I4	10.2	11.3	2.0	10.2	10.6	1.7	0.0	5.6	15.3
M4	10.1	10.6	1.7	10.1	9.8	1.4	0.1	8.3	17.9
S4	9.7	9.0	1.0	9.6	8.2	1.0	0.3	8.6	5.9

**Tabla 6.** Resultados de la contracción corregimiento de Matituy (**ensayo de flexión**).

PROBETA N°	LECTURA INICIAL			LECTURA FINAL			CALCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS		
	H cm.	D cm.	t cm.	H cm.	D cm.	t cm.	H %	D %	t %
1	10.0	9.8	2.0	10.0	9.5	1.8	0.1	3.1	7.4
2	10.2	9.7	1.5	10.2	9.4	1.4	0.0	3.3	4.8
3	10.3	9.8	1.9	10.3	9.5	1.7	0.2	3.0	9.0
4	10.4	8.2	2.0	10.4	7.9	1.8	0.0	3.7	5.8
5	9.9	9.9	2.0	9.9	9.5	1.9	0.0	4.1	6.6
6	10.3	7.7	0.9	10.3	7.3	0.9	0.1	5.5	3.4
7	9.9	7.5	1.6	9.9	7.2	1.5	0.1	3.9	3.8
8	10.2	8.0	0.9	10.2	7.5	0.9	0.0	6.4	3.9

<b>9</b>	10.4	8.1	1.2	10.4	7.8	1.2	0.0	2.9	3.3
<b>10</b>	10.4	8.2	1.7	10.4	8.0	1.7	0.2	3.3	3.0
<b>11</b>	10.2	9.4	1.2	10.2	9.2	1.1	0.0	2.2	5.9
<b>12</b>	10.0	7.9	1.3	10.0	7.7	1.2	0.0	1.9	5.4

**Tabla 7.** Resultados de la contracción corregimiento de Tunja Grande (**ensayo de compresión, corte paralelo a las fibras y tensión perpendicular a las fibras**).

PROBETA N°	LECTURA INICIAL			LECTURA FINAL			CALCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS		
	H cm.	D cm.	t cm.	H cm.	D cm.	t cm.	H %	D %	t %
<b>I1</b>	10.6	11.5	1.6	10.6	10.4	1.3	0.0	9.5	15.0
<b>M1</b>	10.3	10.7	1.1	10.3	9.9	1.1	0.0	7.9	6.3
<b>S1</b>	10.1	10.1	1.2	10.1	9.2	1.1	0.2	8.2	12.2
<b>I2</b>	10.2	12.3	2.0	10.2	11.4	1.7	0.0	6.8	15.3
<b>M2</b>	10.5	11.4	1.6	10.4	10.4	1.4	0.4	8.9	14.2
<b>S2</b>	10.1	10.7	1.4	10.1	9.9	1.2	0.0	7.2	14.7
<b>I3</b>	9.5	9.4	1.2	9.4	8.7	1.0	0.3	7.7	12.3
<b>M3</b>	9.9	8.4	1.2	9.9	7.7	1.1	0.0	8.2	12.4
<b>S3</b>	10.1	7.9	1.0	10.1	7.5	0.9	0.0	5.4	11.7
<b>I4</b>	10.2	12.4	2.1	10.2	11.4	1.8	0.0	8.4	15.4
<b>M4</b>	10.2	11.2	1.9	10.2	10.5	1.7	0.0	6.4	14.6
<b>S4</b>	10.2	10.2	1.8	10.2	9.4	1.6	0.3	7.2	10.1

**Tabla 8.** Resultados de la contracción corregimiento de Tunja Grande (**ensayo de flexión**).

PROBETA N°	LECTURA INICIAL			LECTURA FINAL			CALCULO Y EXPRESION DE RESULTADOS		
	H cm.	D cm.	T cm.	H cm.	D cm.	T cm.	H %	D %	t %
<b>1</b>	10.1	8.7	1.1	10.1	8.4	1.1	0.2	2.9	4.6
<b>2</b>	10.0	9.1	1.2	10.0	8.7	1.2	0.2	4.8	6.8
<b>3</b>	10.2	9.7	1.1	10.2	9.4	1.1	0.0	2.6	4.2
<b>4</b>	9.9	7.9	1.1	9.9	7.6	1.1	0.0	3.8	5.2
<b>5</b>	10.0	7.1	0.9	10.0	7.0	0.9	0.1	2.0	5.5
<b>6</b>	9.8	9.1	1.2	9.8	8.8	1.1	0.0	4.2	3.8
<b>7</b>	10.2	10.0	1.2	10.2	9.6	1.1	0.0	3.8	7.7
<b>8</b>	10.0	9.1	1.2	10.0	8.7	1.1	0.2	4.7	4.9
<b>9</b>	10.2	8.8	1.2	10.2	8.5	1.1	0.0	3.7	9.7
<b>10</b>	10.0	8.6	1.2	10.0	8.3	1.1	0.0	4.0	7.6
<b>11</b>	9.9	7.8	0.9	9.9	7.7	0.8	0.1	2.0	3.7
<b>12</b>	10.1	7.5	1.0	10.1	7.3	0.9	0.0	1.9	3.6

## 5.4 COMPRESIÓN

**5.4.1 Principio:** Determinación del esfuerzo último de compresión de las probetas provenientes de los culmos de guadua angustifolia kunth.

**5.4.2 Equipo utilizado:** se utilizo la prensa hidráulica, ver foto 8. Al menos una platina de la maquina debe tener un apoyo hemisférico para obtener una distribución uniforme de la carga en los extremos de la probeta, a continuación se muestra el equipo utilizado:

**Foto 8.** Equipo de compresión



**Deformímetro.**

**Foto 9.** Equipo para medir la carga en el ensayo de compresión y corte



### Preparación de las probetas:

- Las probetas se tomaron de las partes inferior, media y superior de cada culmo. Estas probetas se marcaron con las letras I, M, y S respectivamente.
- Los ensayos de compresión axial se llevaron a cabo en probetas sin nudos y cuya longitud era igual al diámetro externo; no obstante, si este era de 20 mm o menos, la altura tenía que ser el doble del diámetro externo. Estas limitaciones son validas en el caso de ensayos con propósitos comerciales; en el caso de los ensayos para investigación científica, existe libertad para determinar algo diferente.
- Las superficies de los extremos de la probeta tenían que estar en ángulo perfectamente recto con la longitud de esta; debían ser planos, con una desviación máxima de 0,2 mm.

### 5.4.3 Procedimiento:

- La probeta se colocó de tal forma que el centro del cabezal móvil estuviera verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la probeta y se aplicó inicialmente una carga pequeña, no mayor a 1 KN, para acomodar la probeta.
- La carga se aplicó continuamente durante el ensayo para hacer que el cabezal móvil de la máquina de ensayo se desplazara a una velocidad constante de 0,01 mm/s.
- Se registró la lectura final de la carga máxima a la cual falló la probeta.

El esfuerzo último de compresión axial se calculó así:

$$\sigma_{ult.} = \frac{F_{ult.}}{A} \quad \text{(Fórmula.5)}$$

En donde:

$\sigma_{ult}$  esfuerzo último de compresión, en Mpa o (N/mm), redondeado con aproximación de 0,5 Mpa.

F<sub>ult.</sub> Carga máxima a la cual falla la probeta, en N.

A Área de la sección transversal:  $A = (\pi/4) * [D^2 - (D - 2t)^2]$  (Fórmula. 6)

En donde D y t son valores promedios de las mediciones en la probeta del diámetro externo y espesor de la pared respectivamente.

El esfuerzo último promedio de la muestra de ensayo se calculo con aproximación de 0,5 Mpa como la media aritmética de los resultados de ensayo de las probetas.

**5.4.5 Datos iniciales del ensayo de compresión:** esta es la nomenclatura usada para las siguientes tablas:

- H altura de la probeta.
- D diámetro externo de la probeta.
- d diámetro interno de la probeta.
- t espesor de la pared de la probeta.
- W peso de la probeta.
- A área de la sección transversal.

**Tabla.9** Datos promedios iniciales del ensayo de compresión corregimiento de Matituy.

Probeta	H(cm)	D(cm)	t(cm)	d(cm)	W(gr)	A(cm <sup>2</sup> )
I1	12.57	12.51	1.99	8.54	904.10	65.60
M1	11.12	11.11	1.53	8.05	508.90	46.04
S1	9.98	9.96	1.21	7.53	362.10	33.28
I2	8.66	8.62	1.52	5.58	325.80	33.94
M2	7.88	7.85	1.12	5.62	207.69	23.57
S2	6.87	6.85	0.79	5.27	116.00	15.03
I3	10.13	10.11	1.22	7.67	420.50	34.13
M3	9.34	9.33	1.19	6.96	308.60	30.38
S3	8.55	8.54	1.30	5.95	237.00	29.47
I4	11.30	11.28	1.99	7.31	633.50	57.92
M4	10.28	10.24	1.58	7.09	504.60	42.83
S4	9.91	9.87	1.00	7.86	341.40	27.91

**Tabla.10** Datos promedios iniciales del ensayo de compresión corregimiento de Tunja Grande.

Probeta	H(cm)	D(cm)	t(cm)	d(cm)	W(gr)	A(cm <sup>2</sup> )
I1	11.57	11.53	1.59	8.35	723.56	49.54
M1	10.76	10.72	1.15	8.43	584.54	34.43
S1	10.11	10.07	1.21	7.65	420.70	33.66
I2	12.30	12.26	1.98	8.30	858.20	63.88
M2	11.47	11.41	1.64	8.13	702.60	50.32
S2	10.77	10.69	1.41	7.88	490.44	41.04
I3	9.44	9.38	1.18	7.02	330.90	30.31

<b>M3</b>	8.51	8.42	1.21	6.01	218.10	27.28
<b>S3</b>	7.99	7.91	1.05	5.82	205.32	22.51
<b>I4</b>	12.50	12.44	2.14	8.16	901.90	69.29
<b>M4</b>	11.24	11.18	1.94	7.31	503.30	56.17
<b>S4</b>	10.22	10.15	1.79	6.58	498.50	46.94

#### 5.4.6 Cálculos y expresión de resultados del ensayo de compresión axial:

- Deflexión:  $\Delta H = \left(\frac{\delta}{1000}\right) * 2.54$  (Fórmula. 7)

En donde:

$\Delta H$  Deflexión en cm.

$\delta$  Deflexión en milésimas de pulgada ( $10^{-3}$ ).

- Deflexión unitaria:  $\delta \text{ Unitaria} = \Delta H / H$  (Fórmula. 8)

En donde:

H Altura de la probeta en cm.

- Área corregida:  $A \text{ corregida} = A - \Delta H$  (Fórmula. 9)

En donde:

A área de la sección transversal (Fórmula. 6)

$\Delta H$  Deflexión en cm. (Fórmula. 7)

- Esfuerzo de compresión axial:  $\sigma = \frac{F}{A}$  (Fórmula. 10)

En donde:

A Área de la sección transversal (Fórmula. 6)

F Carga aplicada en la probeta en kg/f.

- Esfuerzo último de compresión axial:  $\sigma_{\text{ult.}} = \frac{F_{\text{ult.}}}{A}$  (Fórmula. 11)

En donde:

$\sigma_{\text{ult}}$  esfuerzo último de compresión, en Mpa o (N/mm), redondeado con aproximación de 0,5 Mpa.



- A Área de la sección transversal (Fórmula. 6)  
 $F_{ult.}$  Carga máxima a la cual falla la probeta, en N.

Nota: se utilizaron las siguientes transformaciones de unidades;  $9,8 \text{ N} = 1 \text{ Kgf}$   
 $1 \text{ Mpa} = 1 \text{ N/mm}^2$ , a continuación se muestran las tablas 11 y 12 que contienen los resultados de compresión de los corregimientos de Matituy y Tunja Grande respectivamente.

**Tabla 11.** Resultados ensayo de compresión corregimiento de Matituy

PROBETA	$\sigma_{ult.}$ (Esfuerzo último en Mpa.)
I1	40.5
M1	50.9
S1	53.4
I2	41.0
M2	62.3
S2	76.4
I3	59.9
M3	59.4
S3	50.3
I4	41.6
M4	44.8
S4	57.5

**Tabla 12.** Resultados ensayo de compresión corregimiento de Tunja Grande

PROBETA	$\sigma_{ult.}$ (Esfuerzo último en Mpa.)
I1	50.1
M1	67.2
S1	61.6
I2	41.1
M2	36.1
S2	52.4
I3	63.7
M3	58.8
S3	66.0
I4	36.2
M4	42.4
S4	45.0

## 5.5 FLEXIÓN

**5.5.1 Principio:** Determinación de la capacidad de flexión de los culmos usando un ensayo de flexión de cuatro puntos, descrito posteriormente, determinación de la curva de carga frente a la deflexión vertical y determinación del modulo de elasticidad nominal del culmo.

### 5.5.2 Equipo utilizado:

**Flexómetro**, para medir longitud del culmo de guadua ver foto 10.

**Foto 10.** Flexómetro



**Máquina de ensayo**, con capacidad para medir la carga con exactitud de 1% de la escala utilizada y la deflexión con exactitud de mm, ver foto 12 y 13.

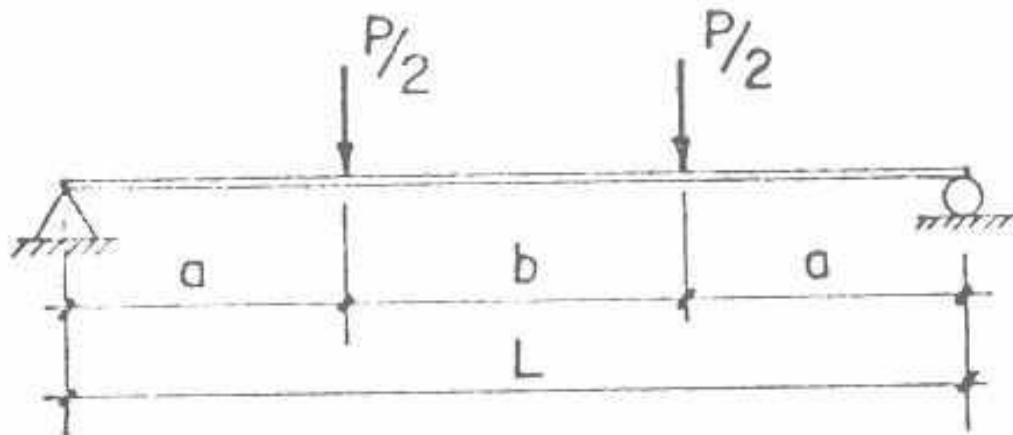
**Foto 11.** Regla para medir deflexión



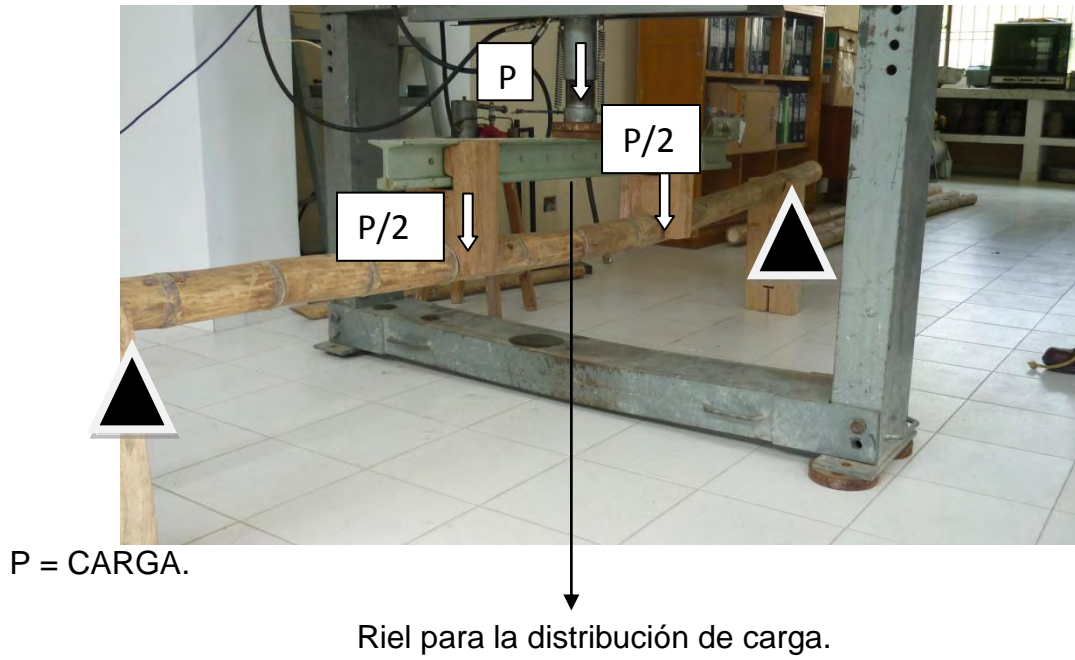
**Foto 12.** Medidor de carga en el ensayo de flexión



**Montaje para flexionar el culmo:** aplicando una carga en la distancia media entre los centros de las monturas del dispositivo de carga. El ensayo es de flexión en cuatro puntos. La carga se dividió en dos mitades mediante una viga apropiada como el riel que se muestra en la foto 13. Para evitar el aplastamiento del culmo, las mitades de las cargas y las fuerzas de reacción en los soportes se aplicaron en los nudos mediante dispositivos apropiados. En los soportes, se permitio que el culmo de guadua rote libremente.



**Foto 13.** Montaje del ensayo de flexión



**Foto 14.** Montaje del ensayo de flexión



**5.5.3 Preparación de los culmos de ensayo:** los culmos de ensayo no deben tener defectos visibles. Para lograr una falla en flexión, el espacio libre tenía que ser al menos  $30 * D$ , donde D es el diámetro externo.

La longitud total del culmo debe ser la longitud entre apoyos mas una longitud adicional que garantice al menos un entre nudo después del apoyo en cada extremo.

**Foto 15.**



#### **5.5.4 Procedimiento:**

- Se determino el valor medio del diámetro externo D y el espesor de la pared t, se calculo el momento de inercia así:

$$I_B = \pi/64 * (D^4 - (D-2t)^4) \quad (\text{Formula 12.})$$

- Con el culmo en su lugar en la máquina de ensayo, apoyado sobre los dos soportes en los dos apoyos, permitiendo que la probeta encuentre su propia posición se ubico las dos monturas y la viga (que divide la carga) en la parte superior del culmo, para permitir nuevamente que el culmo encontrara su posición. Se alineo visualmente el culmo, los soportes, las monturas y los apoyos en el plano vertical.
- La aplicación de la carga al culmo se hizo uniformemente a velocidad constante. La carga máxima se determino con exactitud, se observo las grietas y se describió la forma de la falla y se Diagramo la deflexión con relación a la carga.

La resistencia última ( $\sigma_{ult}$ ) en Mpa está determinada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F * L * \frac{D/2}{6} / I_B \quad (\text{Fórmula. 13})$$

En donde:

F es la carga máxima aplicada, en N.

L es la luz, en mm.

D es el diámetro externo.

$I_B$  es el momento de inercia, en  $mm^4$ .

Módulo de elasticidad E, en Mpa:

$$E = 23 * F * L^3 / 1296 * \delta * I_B \quad (\text{Fórmula. 14})$$

En donde:

$\delta$  es la deflexión en el punto medio de la luz en mm.

### 5.5.5 Datos iniciales del ensayo de Flexión.

Nomenclatura usada en las tablas 13 y 14:

L es la luz (o espacio de separación entre apoyos externos.)

D diámetro externo.

d diámetro interno.

t espesor de la pared de la probeta.

**Tabla .13** Datos promedios iniciales del ensayo de flexión corregimiento de Matituy.

Probeta	L(cm)	D(cm)	d(cm)	t(cm.)
1	350.00	10.00	7.55	1.23
2	360.00	9.83	7.47	1.18
3	345.00	10.10	7.66	1.22
4	305.00	8.35	6.10	1.13
5	335.00	9.23	6.91	1.16
6	275.00	7.53	5.57	0.98
7	292.00	7.93	5.71	1.11
8	260.00	7.80	5.71	1.05
9	263.00	8.03	5.69	1.17
10	300.00	8.50	6.08	1.21
11	330.00	9.60	7.23	1.19
12	308.00	8.45	6.06	1.19

**Tabla.14** Datos promedios iniciales del ensayo de flexión corregimiento de Tunja Grande.

Probeta	L(cm)	D(cm)	d(cm)	t(cm.)
1	295.00	8.64	6.22	1.21
2	315.00	9.33	6.86	1.24
3	330.00	9.90	7.46	1.22
4	260.00	8.02	5.82	1.10
5	270.00	7.25	5.40	0.92
6	330.00	9.23	6.82	1.20
7	340.00	10.20	7.74	1.23
8	325.00	9.46	7.00	1.23
9	315.00	9.11	5.73	1.19
10	305.00	8.63	6.25	1.19
11	265.00	7.82	5.82	1.00
12	260.00	7.56	5.59	0.98

**5.5.6 Cálculos y expresión de resultados del ensayo de flexión:** en las tablas 15 y 16 se muestran los resultados de flexión de los corregimientos de Matituy y Tunja Grande respectivamente.

- Momento de inercia:

$$I_B = \pi/64 * (D^4 - (D-2t)^4) \quad (\text{Fórmula. 12})$$

En donde:

D diámetro externo.

t espesor de la pared.

- Resistencia última ( $\sigma_{ult}$ ) en Mpa, está determinada por:

$$\sigma_{ult} = F * L * \frac{D/2}{6} / I_B \quad (\text{Fórmula. 13})$$

En donde:

F es la carga máxima aplicada, en N.

L es la luz, en mm.

D es el diámetro externo.

$I_B$  es el momento de inercia, en  $mm^4$ .

- El módulo de elasticidad E, en Mpa:

$$E = 23 * F * L^3 / 1296 * \delta * I_B \quad (\text{Fórmula. 14})$$

En donde:

$\delta$  Es la deflexión en el punto medio de la luz en mm.

**Tabla 15.** Resultados ensayo de flexión corregimiento de Matituy.

PROBETA	$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)	E (Módulo de elasticidad en Mpa.)
1	91	27252
2	84	25076
3	81	20729
4	71	17644
5	64	18735
6	61	20211
7	78	28239
8	49	13620
9	81	16195
10	73	21656
11	72	19824
12	87	23025

**Tabla 16.** Resultados ensayo de flexión corregimiento de Tunja Grande.

PROBETA	$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)	E (Módulo de elasticidad en Mpa.)
1	81	19724
2	66	17055
3	79	20200
4	83	17118
5	116	31824
6	81	24121
7	74	19469
8	88	22094
9	86	22276
10	85	22761
11	66	17461
12	69	18898

## 5.6 CORTE

**5.6.1 Principio:** Determinación de la resistencia última al esfuerzo cortante, paralelo a las fibras, en probetas provenientes de culmos de guadua angustifolia kunth.



**5.6.2 Equipo utilizado:** Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión tal como la que se utilizó para el ensayo de compresión.

La probeta se apoyo en el extremo inferior, sobre dos cuartas partes de su superficie, opuestas entre sí; y se aplico la carga en el extremo superior, sobre las dos cuartas partes que no están apoyadas como se muestra en la siguiente gráfica. Esta forma de apoyar y aplicar la carga a la probeta produce cuatro aéreas de corte ver foto 16.

**Foto 16.** Dispositivo para el ensayo de corte.



### 5.6.3 Preparación de las probetas:

- Las probetas se tomaron de las partes inferior, media y superior de cada culmo. Estas probetas marcaron con las letras I, M, y S respectivamente.
- El 50% de las probetas para los ensayos de corte paralelos a la fibra debían tener nudo y el 50% restante no. La longitud de la probeta tenía que ser igual a su diámetro. Estas limitaciones son validas en el caso de ensayos con propósitos comerciales; en el caso de los ensayos para investigación científica, existe libertad para determinar algo diferente.
- Las superficies de los extremos de la probeta deben estar en ángulo recto con la longitud de esta y las superficies planas.
- El espesor de la pared  $t$  y la altura  $L$  de la probeta se tomo en las cuatro aéreas de corte.

#### 5.6.4 Procedimiento:

- La probeta se colocó de manera tal que el centro del cabezal móvil quedara verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la misma. La probeta se colocaba centrada con relación a los cuartos de soporte y de carga. Inicialmente se aplicó una carga pequeña, no superior a 1 KN, para acomodar la probeta.

La carga se aplicó continuamente sobre la probeta para lograr que el cabezal móvil de la máquina de ensayo se desplace a velocidad constante.

- Se registró la lectura final de la carga máxima en la cual falló la probeta, así como la cantidad de aéreas que fallaron.

La Resistencia última de corte:

$$\tau_{ult.} = \frac{F_{ult.}}{\Sigma(t*L)} \quad (\text{Fórmula. 15})$$

En donde:

$\tau_{ult}$  es la resistencia última al corte, en Mpa, con aproximación, por exceso o por defecto, a una cifra decimal.

$F_{ult}$  es el valor máximo de la carga aplicada en la cual falla la probeta, expresada en N.

$\Sigma(t*L)$  es la suma de los cuatro productos de t y L.

**5.6.5 Datos iniciales del ensayo de corte:** nomenclatura usada en las siguientes tablas 17 y 18 que contienen los datos iniciales del ensayo de corte:

L altura de la probeta.

D diámetro externo de la probeta.

d diámetro interno de la probeta.

t espesor de la pared de la probeta.

W peso de la probeta.

**Tabla 17.** Datos promedios iniciales del ensayo de corte corregimiento de Matituy.

Probeta	L(cm)	D(cm)	t(cm)	d(cm)	W(gr)
I1 sin nudo	13.15	13.12	2.38	8.36	956.80
M1 con nudo	11.45	11.44	1.62	8.20	812.20
S1 con nudo	10.57	10.55	1.49	7.57	695.90
I2 sin nudo	8.42	8.40	1.38	5.65	298.20
M2 con nudo	8.32	8.31	1.10	6.11	260.40

<b>S2</b> sin nudo	7.19	7.17	0.72	5.73	118.70
<b>I3</b> con nudo	10.06	10.00	1.20	7.61	464.00
<b>M3</b> sin nudo	9.81	9.78	1.12	7.54	319.30
<b>S3</b> sin nudo	8.97	8.92	1.10	6.72	251.90
<b>I4</b> sin nudo	11.56	11.55	2.20	7.14	799.70
<b>M4</b> con nudo	10.49	10.42	1.34	7.74	571.20
<b>S4</b> con nudo	9.46	9.40	1.03	7.35	395.90

**Tabla 18.** Datos promedios iniciales del ensayo de corte corregimiento de Tunja Grande.

Probeta	L(cm)	D(cm)	t(cm)	d(cm)	W(gr)
<b>I1</b> con nudo	11.80	11.75	1.57	8.60	705.20
<b>M1</b> con nudo	10.66	10.60	1.33	7.95	549.70
<b>S1</b> sin nudo	10.04	9.98	1.22	7.55	415.70
<b>I2</b> sin nudo	12.06	12.03	1.93	8.16	902.50
<b>M2</b> sin nudo	11.57	11.51	2.02	7.48	680.10
<b>S2</b> con nudo	10.46	10.34	1.64	7.06	450.00
<b>I3</b> sin nudo	9.62	9.52	1.20	7.12	340.86
<b>M3</b> con nudo	9.13	8.50	1.13	6.24	215.40
<b>S3</b> con nudo	8.32	8.19	1.11	5.97	179.20
<b>I4</b> sin nudo	12.46	12.37	2.04	8.30	869.90
<b>M4</b> con nudo	11.10	11.00	1.60	7.80	490.50
<b>S4</b> sin nudo	10.54	10.45	1.70	7.05	476.10

**5.6.6 Cálculos y expresión de resultados del ensayo de corte paralelo a las fibras:** las tablas 19 y 20 contienen los resultados del ensayo de corte de los corregimientos de Matituy y Tunja Grande respectivamente.

- Deflexión: **(Fórmula. 7)**
- Deflexión unitaria: **(Fórmula. 8)**      $\delta$  Unitaria =  $\Delta H/H$

En donde:

H=L    altura de la probeta en cm.

- Resistencia al corte:  $\tau = \frac{F.}{\sum(t*L)}$      **(Fórmula. 15)**

En donde:

$\tau$  resistencia al corte.

F. carga aplicada a la probeta.

▪ Resistencia última de corte: 
$$\tau_{ult.} = \frac{F_{ult.}}{\Sigma(t*L)} \quad (\text{Fórmula. 16})$$

En donde:

$\tau_{ult}$  es la resistencia última al corte, en Mpa, con aproximación, por exceso o por defecto, a una cifra decimal.

$F_{ult}$  es el valor máximo de la carga aplicada en la cual falla la probeta, expresada en N.

$\Sigma(t*L)$  es la suma de los cuatro productos de t y L.

**Tabla 19.** Resultados ensayo de corte corregimiento de Matituy.

PROBETA	$\tau_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)
I1 sin nudo	11.7
M1 con nudo	15.5
S1 con nudo	14.0
I2 sin nudo	41.0
M2 con nudo	16.1
S2 sin nudo	20.0
I3 con nudo	19.0
M3 sin nudo	18.1
S3 sin nudo	19.4
I4 sin nudo	11.5
M4 con nudo	18.3
S4 con nudo	20.2

**Tabla 20.** Resultados ensayo de corte corregimiento de Tunja Grande.

PROBETA	$\tau_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)
I1 con nudo	21.1
M1 con nudo	23.2
S1 sin nudo	20.1
I2 sin nudo	13.9
M2 sin nudo	11.3
S2 con nudo	14.6
I3 sin nudo	19.9
M3 con nudo	18.8
S3 con nudo	18.1

I4 sin nudo	15.9
M4 con nudo	21.2
S4 sin nudo	17.5

## 5.7 TENSIÓN

**5.7.1 Principio:** Determinación de la resistencia última a la tensión, paralela a las fibras, aplicando una carga gradualmente creciente sobre la probeta.

**5.7.2 Equipo utilizado:** Equipo para la determinación de la resistencia a la tensión y la deformación, ver foto 17. La carga se aplico continuamente durante todo el ensayo a una velocidad de movimiento del cabezal móvil de 0,01 mm/s, la carga se midió con exactitud del 1% de la escala utilizada.

Las dimensiones de la sección transversal de la porción de ensayo de la probeta se midió con una exactitud de 0,1 mm. Los sujetadores de la máquina de ensayo debían primero asegurar que la carga se aplicara a lo largo del eje longitudinal de la probeta y segundo evitar la torsión longitudinal de esta. Los sujetadores sostuvieron la probeta perpendicular a las fibras y en dirección radial.

**Foto 17.** Equipo para realizar el ensayo de tensión.



Dirección de la carga aplicada.

Medidor de carga.

**Foto 18.** Falla de una probeta de ensayo a tensión.



### 5.7.3 Preparación de las probetas:

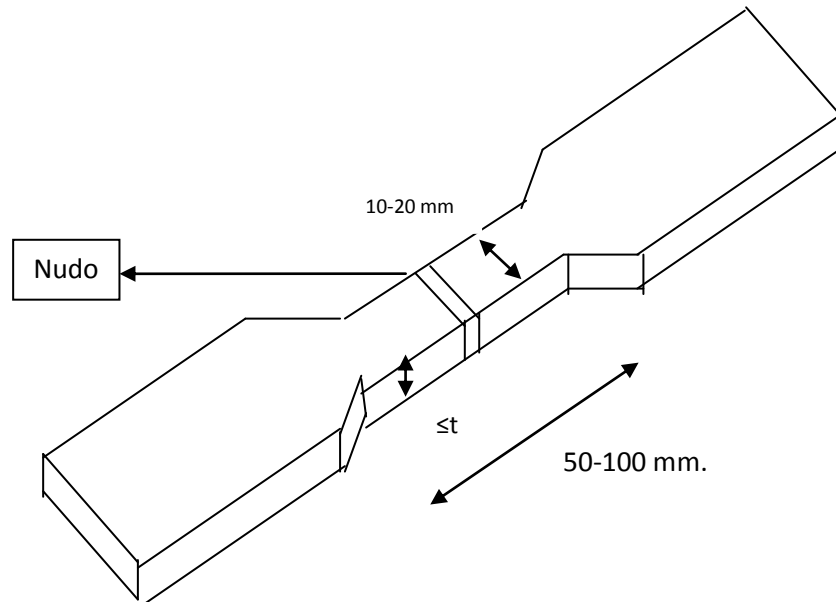
- Las probetas se tomaron de las partes inferior, media y superior de cada culmo. Estas probetas se marcaron con las letras I, M, y S respectivamente.
- Los ensayos de tensión paralela a las fibras se hicieron en probetas con un nudo, que debía estar en la porción de ensayo. Esta limitación es válida en el caso de ensayos con propósitos comerciales; en el caso de los ensayos para investigación científica, existe libertad para determinar algo diferente.

**Foto 19.** Probetas para el ensayo de tensión.



- La dirección general de las fibras se hizo paralela al eje longitudinal de la porción de ensayo de la probeta. La porción de ensayo tenía una sección

transversal rectangular cuyas dimensiones eran iguales al espesor de la pared o menor en la dirección radial; y de 10 a 20 mm en la dirección tangencial. La longitud de la porción de ensayo se hizo entre 50 y 100 mm (Ver el esquema).



Los extremos de las probetas deben tener una forma tal que garantice que la falla se produce en la porción de ensayo y que minimice la concentración del esfuerzo en el área de tracción. Se permite usar probetas con extremos laminados.

#### 5.7.4 Procedimiento:

- Se midió las dimensiones de la sección transversal de la porción de ensayo de la probeta con una exactitud de 0,1 mm, en tres lugares de la porción de ensayo, y se calculó el valor medio.
- Los extremos de la probeta se aseguraron entre los sujetadores de la máquina de ensayo, a una distancia segura desde la porción de ensayo. La carga fue aplicada a velocidad constante, luego se lee la carga máxima y se desechó los resultados obtenidos en probetas cuya falla se produjo fuera de la porción de ensayo. Después de la prueba, se determinó el contenido de humedad.

Resistencia máxima de tensión:

$$\sigma_{ult.} = \frac{F_{ult.}}{A} \quad \text{(Fórmula. 17)}$$

En donde:

$\sigma_{ult}$  esfuerzo último de tensión, en Mpa o (N/mm), redondeado con aproximación de 1 Mpa entero.

A área media de la sección transversal

$$A = b \cdot t \text{ (Fórmula. 18)}$$

Fult. Carga máxima a la cual falla la probeta, en KN.

**5.7.5 Datos iniciales del ensayo de tensión:** nomenclatura usada en las tablas 21 y 22:

L longitud de la probeta.

b porción tomada transversalmente ( ancho de la probeta).

t espesor de la pared de la probeta.

W peso de la probeta.

A área media de la sección transversal.

**Tabla.21** Datos promedios iniciales del ensayo de tensión corregimiento de Matituy.

Probeta	L(cm)	b(mm)	t(mm)	W(gr)	A.(mm <sup>2</sup> )
I1	10.0	20.1	25.1	120.3	504.35
M1	10.0	20.0	17.7	83.5	353.52
S1	10.0	20.0	16.7	120.1	334.26
I2	10.0	20.1	19.9	146.1	398.43
M2	10.0	20.1	16.1	107.2	323.71
S2	10.0	20.0	10.1	37.9	201.72
I3	10.0	20.1	13.5	110.5	272.28
M3	10.0	20.2	12.6	99.7	255.05
S3	10.0	20.2	13.4	105.0	269.38
I4	10.0	20.2	20.8	145.8	418.70
M4	10.0	20.0	15.6	98.6	312.01
S4	10.0	20.0	13.9	76.6	278.59

**Tabla.22** Datos promedios iniciales del ensayo de tensión corregimiento de Tunja Grande.

Probeta	L(cm)	b(mm)	t(mm)	W(gr)	A.(mm <sup>2</sup> )
I1	10.0	20.2	13.7	130.5	277.36
M1	10.0	20.1	13.1	96.3	262.04
S1	10.0	20.1	13.5	90.2	270.60



<b>I2</b>	10.0	20.1	10.4	81.4	210.06
<b>M2</b>	10.0	20.0	10.3	53.6	206.49
<b>S2</b>	10.0	20.0	10.1	39.1	201.64
<b>I3</b>	10.0	20.2	13.8	123.0	279.68
<b>M3</b>	10.0	20.3	13.3	115.7	268.84
<b>S3</b>	10.0	20.0	13.2	112.9	263.72
<b>I4</b>	10.0	20.0	15.0	101.5	300.64
<b>M4</b>	10.0	20.3	14.3	83.3	289.79
<b>S4</b>	10.0	20.0	14.1	70.6	281.33

**5.7.6 Cálculos y expresión de resultados del ensayo de tensión paralela a las fibras:** Para la obtención de resultados se utilizaron las siguientes ecuaciones y los resultados se muestran en las tablas 23 y 24:

- Deflexión:  $\Delta H = \left( \frac{\delta}{10} \right)$  (Fórmula. 7)

En donde:

$\Delta H$  Deflexión.

$\delta$  Deflexión dato inicial.

- Deflexión unitaria:  $\delta \text{ Unitaria} = \Delta H/H$  (Fórmula. 8)

En donde:

$H=L$  Longitud de la probeta.

- Área corregida:  $A \text{ corregida} = A - \Delta H$  (Fórmula. 9)

En donde:

$A$  área media de la sección transversal. (Fórmula. 18)

$\Delta H$  Deflexión. (Fórmula. 7)

- Esfuerzo de Tensión:  $\sigma = \frac{F}{A}$  (Fórmula.16)

En donde:

$A$  área media de la sección transversal (Fórmula.18)

$F$  Carga aplicada en la probeta en KN.

- Esfuerzo último de Tensión:  $\sigma_{ult.} = \frac{F_{ult.}}{A}$  (Fórmula.10)

En donde:

$\sigma_{ult}$  esfuerzo último de Tensión, en Mpa o (N/mm), redondeado con aproximación de 1 Mpa entero.

$A$  área media de la sección transversal (Fórmula.18)

$F_{ult.}$  Carga máxima a la cual falla la probeta, en KN.

**Tabla 23.** Resultados ensayo de tensión corregimiento de Matituy.

<b>PROBETA</b>	<b><math>\sigma_{ult.}</math> (Esfuerzo último en Mpa.)</b>
I1	75
M1	89
S1	90
I2	63
M2	63
S2	87
I3	129
M3	118
S3	117
I4	93
M4	115
S4	128

**Tabla 24.** Resultados ensayo de tensión corregimiento de Tunja Grande.

<b>PROBETA</b>	<b><math>\sigma_{ult.}</math> (Esfuerzo último en Mpa.)</b>
I1	124
M1	122
S1	104
I2	83
M2	72
S2	77
I3	116
M3	104
S3	97
I4	121
M4	121
S4	119

## 6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN

**6.1.1 Datos generales del ensayo de compresión:** La tabla 25 muestra los resultados finales de los ensayos a compresión donde se puede observar el esfuerzo último de cada culmo y probeta. Se sacó valores de máximo y mínimo y posteriormente un promedio entre las 12 muestras para generalizar el comportamiento de la guadua en cada corregimiento. Los datos promedios del esfuerzo último fueron tomados a compresión para hacer las comparaciones con otras investigaciones.

**Tabla 25.** Resultados de Compresión.

CORREGIMIENTO	σult. (Esfuerzo último en Mpa.)		
	Parte inferior (I)	Parte media (M)	Parte superior (S)
<b>MATITUY</b>	40.5	50.9	53.4
	41	62.3	76.4
	59.9	59.4	50.3
	41.6	44.8	57.5
<b>σult.( Máximo)</b>	<b>76.4</b>		
<b>σult.( Mínimo)</b>	<b>40.5</b>		
<b>σult.( promedio)</b>	<b>58.5</b>		
<b>TUNJA GRANDE</b>	50.1	67.2	61.6
	41.1	36.1	52.4
	63.7	58.8	66
	36.2	42.4	45
<b>σult.( Máximo)</b>	<b>67.2</b>		
<b>σult.( Mínimo)</b>	<b>36.1</b>		
<b>σult.( promedio)</b>	<b>51.7</b>		

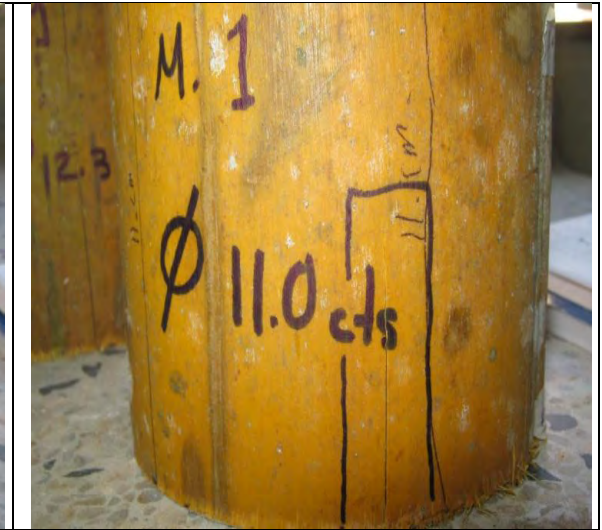
**6.1.2 Tipo de fallas:** a continuación se muestran las fallas observadas en las probetas:

**Falla por fractura longitudinal.**

**Foto 20.**



**Foto 21.**



**Falla por Aplastamiento.**

**Foto 22.**



**Foto 23.**



## Falla por Hinchamiento.

Foto 24.



**6.1.3 Comparación con otras investigaciones:** El resultado obtenido de el esfuerzo último de compresión de 58.5 Mpa en el corregimiento de Matituy es el mayor en comparación con los datos del cuadro 2, lo que afirma una gran capacidad de resistencia a la compresión de la guadua proveniente de este sector. El resultado obtenido de el esfuerzo último de compresión en el corregimiento de Tunja Grande fue de 51.7 Mpa, siendo uno de los más altos comparándolo con el cuadro 2, esto nos da a entender el buen comportamiento a la compresión por parte de la guadua proveniente de esta región.

**Cuadro 2.**

Titulo de la investigación	$\sigma_{ult. A}$ Compresión en Mpa.
Norma Sismorresistente NSR- 10 capitulo G.	14.0
Universidad de Nariño. Municipio de Chachagüi, Cadena, Ayala. Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.	20.6
Universidad de Nariño. Municipio de Buesaco, Cadena, Ayala. Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.	16.2
Universidad de Nariño. Costa Pacífica Nariñense. (Investigación en proceso de aceptación).	54.2
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Tipo macana, López y Silva tesis de grado.	36.3
Cobos Fisher, Jorge Alberto. León Rodríguez, Xavier Antonio (2007). Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth	48.4

## 6.2 ENSAYO DE CORTE PARALELO A LAS FIBRAS

**6.2.1 Datos generales del ensayo de corte paralelo a las fibras:** La tabla 26 muestra los resultados finales de los ensayos de corte paralelo a las fibras donde se observa la resistencia última de corte de cada probeta. Se sacó valores de máximo y mínimo y posteriormente un promedio entre las 12 muestras para generalizar el comportamiento de la guadua en cada corregimiento.

Se tomaron los datos promedios de la resistencia última de corte para hacer las comparaciones con otras investigaciones.

**Tabla 26.** Resultados de corte paralelo a las fibras.

CORREGIMIENTO	$\tau$ ult. (Resistencia última al corte en Mpa.)		
	Parte inferior (I)	Parte media (M)	Parte superior (S)
<b>MATITUY</b>	11.7	15.5	14
	14.0	16.1	20.0
	19.0	18.1	19.4
	11.5	18.3	20.2
$\tau$ ult.( Máximo)	20.2		
$\tau$ ult.( Mínimo)	11.5		
$\tau$ ult.( promedio)	16.5		
<b>TUNJA GRANDE</b>	21.1	23.2	20.1
	13.9	11.3	14.6
	19.9	18.8	18.1
	15.9	21.2	17.5
$\tau$ ult.( Máximo)	23.2		
$\tau$ ult.( Mínimo)	11.3		
$\tau$ ult.( promedio)	18.0		

## 6.2.2 Tipo de fallas observadas en las probetas ensayadas:

Un área de falla:

Fotos: 25, 26, 27, 28, 29, 30.



**Dos áreas de falla fotos:**

**Fotos: 31, 32.**



**Tres áreas de falla:**

**Foto: 33.**





**Cuatro áreas de falla:**

**Foto: 34.**



**6.2.3 Comparación con otras investigaciones:** Los resultados obtenidos de los ensayos de corte paralelo a las fibras al ser comparados con los del cuadro 3 que corresponden a otras investigaciones, muestran la superioridad de la guadua del municipio de la Florida (Nariño) al ser sometida a carga cortante paralela a las fibras.

**Cuadro 3.**

Titulo de la investigación	$\tau$ ult. De Corte en Mpa.
Norma Sismorresistente NSR- 10 capitulo G.	1.2
Universidad de Nariño. Municipio de Chachagüi, Cadena, Ayala. Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.	4.6
Universidad de Nariño. Municipio de Buesaco, Cadena, Ayala. Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.	5.2
Universidad de Nariño. Costa Pacífica Nariñense. (Investigación en proceso de aceptación).	14.7
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Tipo macana, López y Silva tesis de grado.	1.5
Cobos Fisher, Jorge Alberto. León Rodríguez, Xavier Antonio (2007). Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth	5.5

### 6.3 ENSAYO DE TENSIÓN PARALELA A LAS FIBRAS

**6.3.1 Datos generales del ensayo de tensión paralela a las fibras:** La tabla 27, muestra los resultados finales de los ensayos de tensión paralela a las fibras donde se observa el esfuerzo último de tensión de cada probeta y sector de cada culmo.

Se sacó valores de máximo y mínimo y posteriormente un promedio entre las 12 muestras para generalizar el comportamiento de la guadua en cada corregimiento. Se tomaron los datos promedio del esfuerzo último de tensión para hacer las comparaciones con otras investigaciones.

**Tabla 27.** Resultados de tensión paralela a las fibras.

CORREGIMIENTO	σult. (Esfuerzo último en Mpa.)		
	Parte inferior (I)	Parte media (M)	Parte superior (S)
<b>MATITUY</b>	75	89	90
	63	63	87
	129	118	117
	93	115	128
σult.( Máximo)	129		
σult.( Mínimo)	63		
σult.( promedio)	97		
<b>TUNJA GRANDE</b>	124	122	104
	83	72	77
	116	104	97
	121	121	119
σult.( Máximo)	124		
σult.( Mínimo)	72		
σult.( promedio)	105		

### 6.3.2 Tipo de fallas observadas en las probetas ensayadas:

#### Falla en los nudos:

Foto: 35.



Foto: 36.



#### Falla a lo largo de la porción de ensayo:

Foto: 37.



**Falla cerca al nudo (ver foto 38):**

**Foto: 38.**



**6.3.3 Comparación con otras investigaciones:** El resultado obtenido del esfuerzo último de tensión de 97 Mpa en el corregimiento de Matituy es uno de los más altos, solo superado por el de la costa pacífica nariñense, en comparación con el cuadro 4, lo que afirma una gran capacidad de resistencia a la tensión de la guadua proveniente de este sector.

El resultado obtenido del esfuerzo último de compresión en el corregimiento de Tunja Grande fue de 105 Mpa, siendo el más alto, comparándolo con el cuadro 4, deja ver el buen comportamiento a la tensión por parte de la guadua proveniente de esta región.

**Cuadro 4.**

Titulo de la investigación	$\sigma_{ult}$ . De Tensión en Mpa.
Norma Sismorresistente NSR- 10 capitulo G.	18.0
Universidad de Nariño. Municipio de Chachagüi, Cadena, Ayala. Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.	11.5
Universidad de Nariño. Municipio de Buesaco, Cadena, Ayala. Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.	10.8
Universidad de Nariño. Costa Pacífica Nariñense. (Investigación en proceso de aceptación).	98.8
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Tipo macana, López y Silva tesis de grado.	18.0
Cobos Fisher, Jorge Alberto. León Rodríguez, Xavier Antonio (2007). Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth	72.8

## 6.4 ENSAYO DE FLEXIÓN

**6.4.1 Datos generales del ensayo de flexión:** La tabla 28 muestra los resultados finales de los ensayos de flexión donde se observa la resistencia última a flexión de cada probeta y el módulo de elasticidad.

Se sacó valores de máximo y mínimo y posteriormente un promedio entre las 12 muestras para generalizar el comportamiento de la guadua en cada corregimiento. Se tomo los datos promedios de la resistencia última a flexión y módulo de elasticidad para hacer las comparaciones con otras investigaciones.

**Tabla 28.** Resultados de flexión.

CORREGIMIENTO	$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)			E (Módulo de elasticidad en Mpa.)		
	resultados de las probetas			resultados de las probetas		
MATITUY	91	64	81	27252	18735	16196
	84	61	73	25076	20211	21656
	81	78	72	20729	28239	19824
	71	49	87	17644	13620	23025
$\sigma_{ult.}$ ( Máximo)	91			<b>E max.</b>	28239	
$\sigma_{ult.}$ ( Mínimo)	49			<b>E min.</b>	13620	
$\sigma_{ult.}$ ( promedio)	74			<b>E pro.</b>	21017	
TUNJA GRANDE	81	116	86	19724	31824	22276
	66	81	85	17055	24121	22761
	79	74	66	20200	19469	17461
	83	88	69	17118	22094	18898
$\sigma_{ult.}$ ( Máximo)	116			<b>E max.</b>	31824	
$\sigma_{ult.}$ ( Mínimo)	66			<b>E min.</b>	17055	
$\sigma_{ult.}$ ( promedio)	81			<b>E pro.</b>	21083	

**6.4.2 Tipo de fallas observadas en las probetas ensayadas:**

**Falla por aplastamiento ver fotos 39 y 40:**

**Foto: 39.**

**Foto: 40.**



**Falla por corte longitudinal ver fotos 41 y 42:**

**Foto: 41.**

**Foto: 42.**



**6.4.3 Comparación con otras investigaciones:** El resultado obtenido de la resistencia última a flexión de 74 Mpa y un módulo de elasticidad de 21017 Mpa en el corregimiento de Matituy es el mayor en comparación con otras investigaciones del cuadro 5 lo que demuestra la superioridad de resistencia a flexión de la guadua de esta zona.

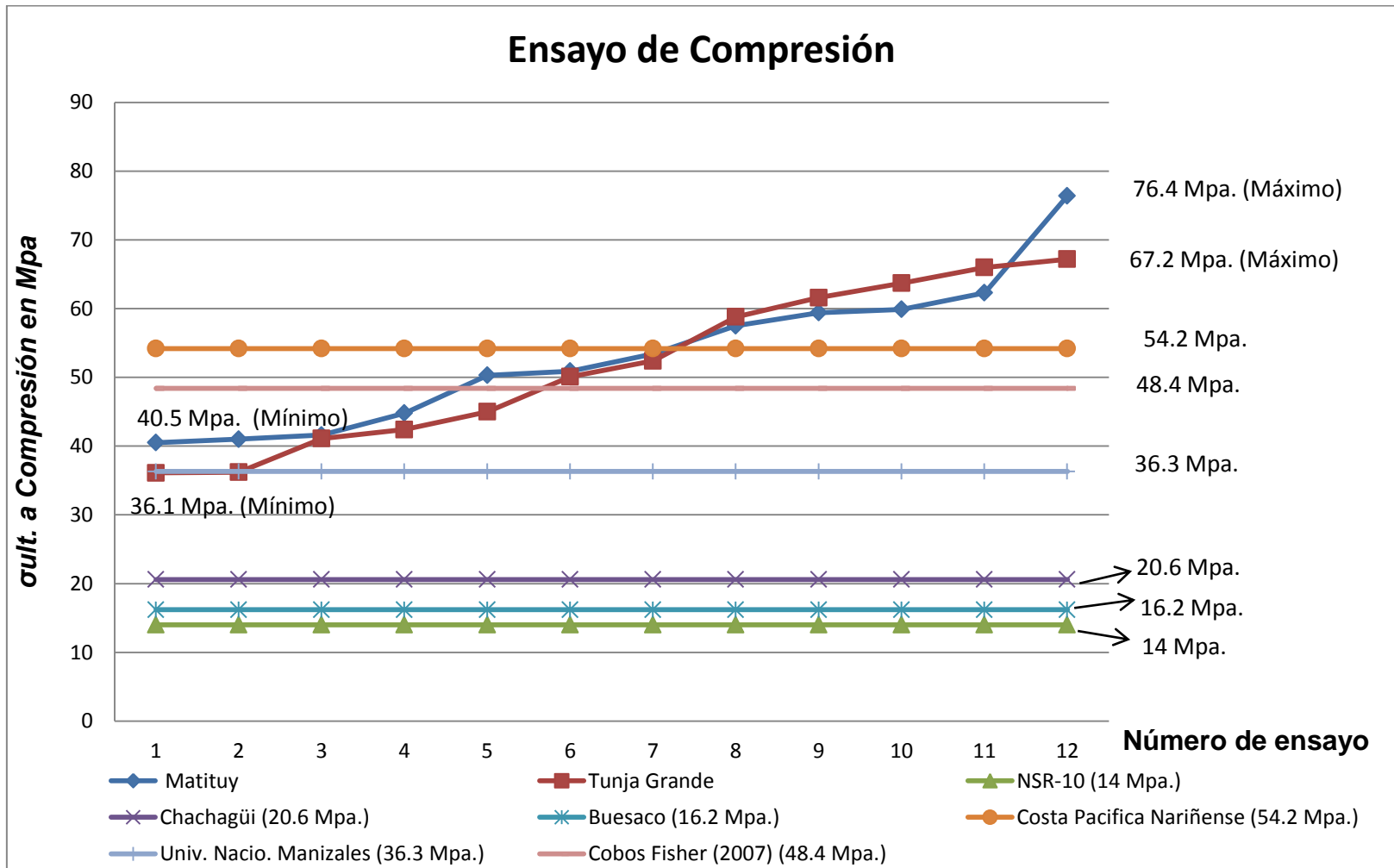
Lo mismo ocurre con el corregimiento de Tunja Grande donde los valores de 81 Mpa de resistencia a la flexión y un módulo de elasticidad de 21083 Mpa confirman el buen comportamiento de la guadua del municipio de la Florida.

**Cuadro 5.**

Título de la investigación	ult. en Mpa.	E. Módulo de elasticidad.
Norma Sismo-resistente NSR- 10 capítulo G.	15.0	9500
Universidad de Nariño. Municipio de Chachagüi, Cadena, Ayala. Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.	25.8	-
Universidad de Nariño. Municipio de Buesaco, Cadena, Ayala. Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.	25.2	-
Universidad de Nariño. Costa Pacífica Nariñense. (Investigación en proceso de aceptación).	34.7	-
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Tipo macana, López y Silva tesis de grado.	20.5	18900
Cobos Fisher, Jorge Alberto. León Rodríguez, Xavier Antonio (2007). Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth	35	10362

## **GRÁFICAS DE RESULTADOS Y COMPARACIONES CON DIFERENTES INVESTIGACIONES**



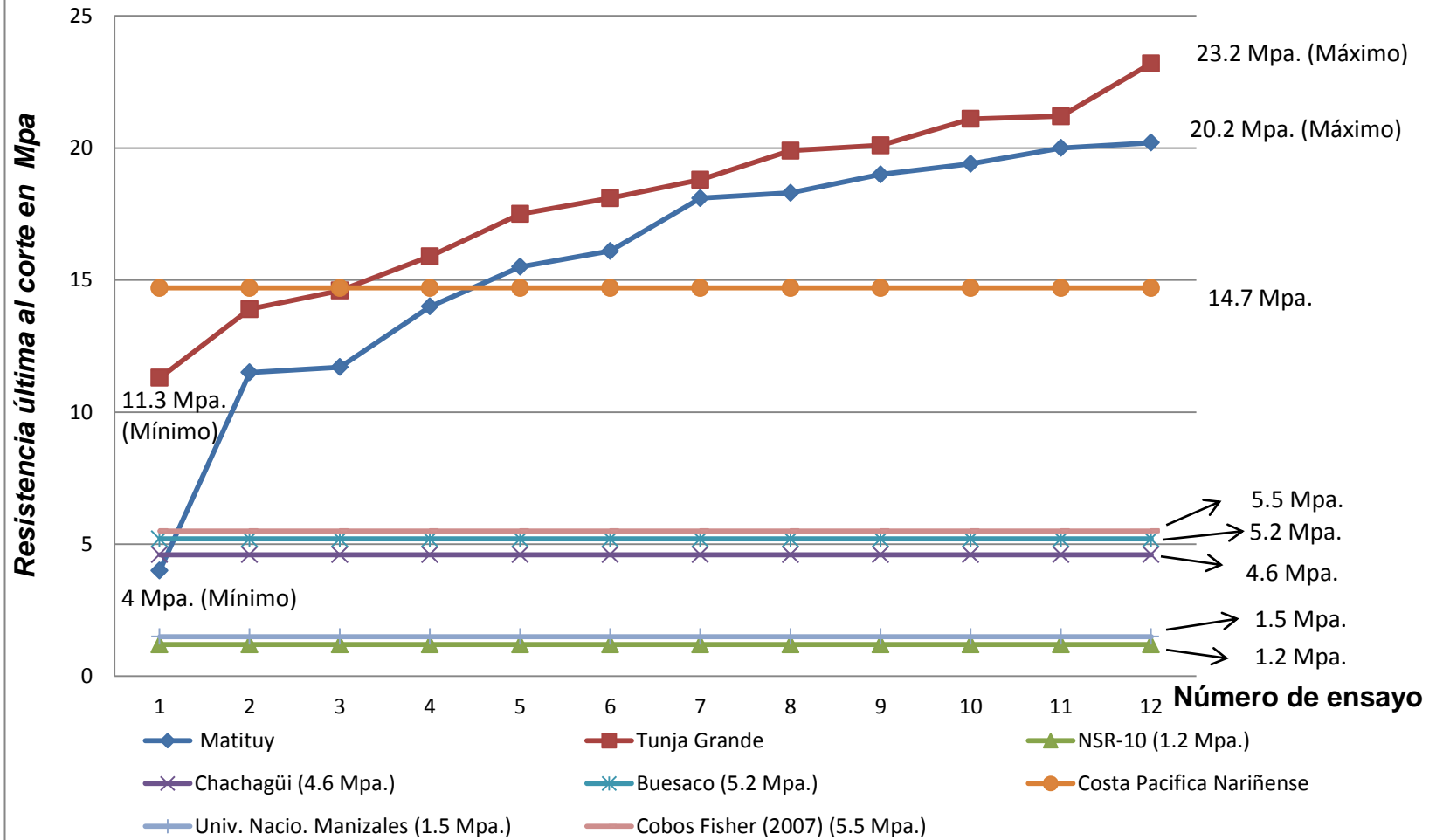


Gráfica A.

DATOS GRÁFICA A.

LUGAR	Matituy.	Tunja Grande.	NSR-10	Chachagüi.	Buesaco.	Costa Pacífica Nariñense	Univ. Nacional. Manizales.	Cobos Fisher. (2007)
Esfuerzo último a compresión en Mpa.	40.5	36.1	14	20.6	16.2	54.2	36.3	48.4
	41	36.2						
	41.6	41.1						
	44.8	42.4						
	50.3	45						
	50.9	50.1						
	53.4	52.4						
	57.5	58.8						
	59.4	61.6						
	59.9	63.7						
	62.3	66						
	76.4	67.2						

## Ensayo de Corte paralelo a las fibras

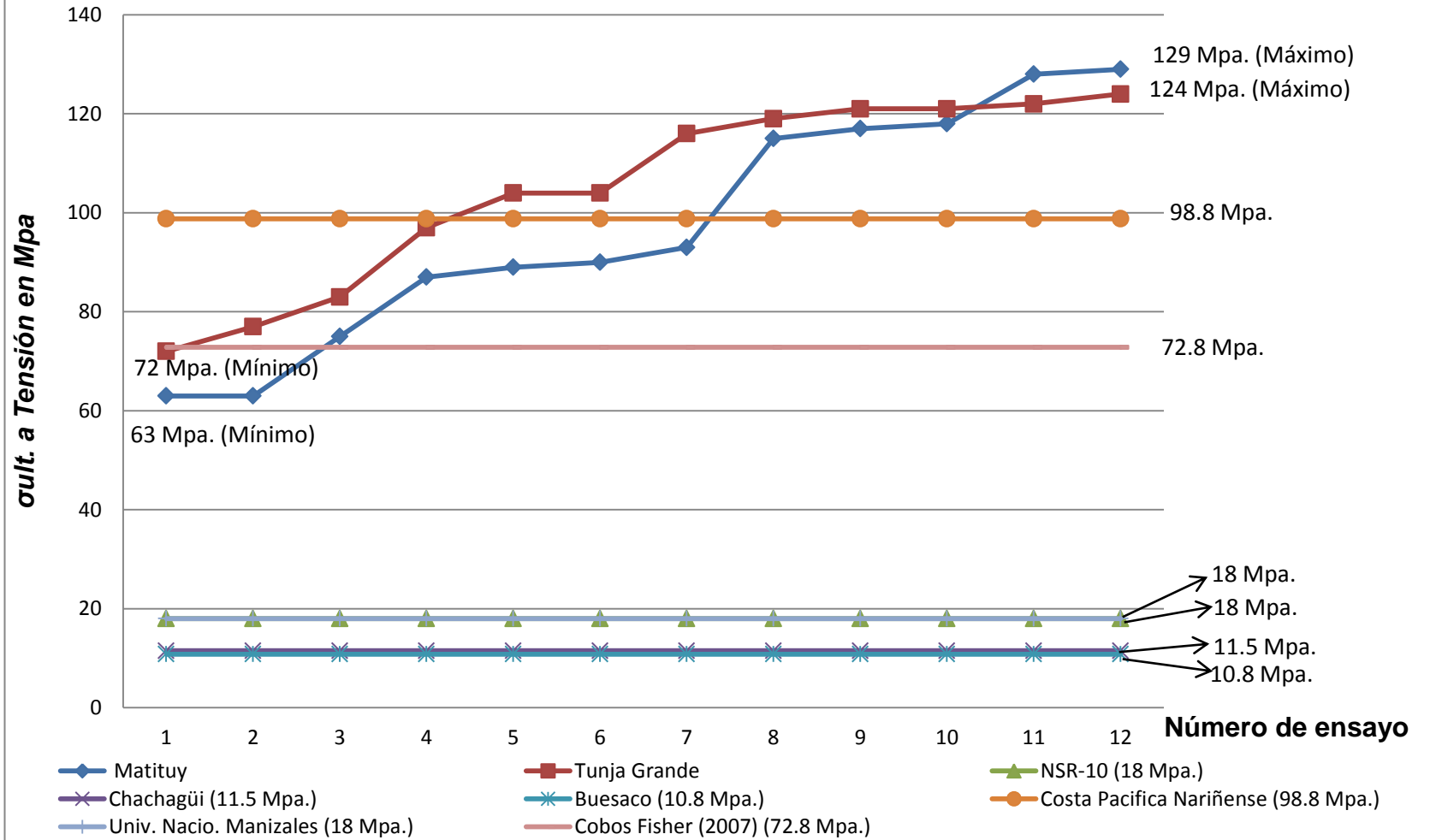


**Gráfica B.**

**DATOS GRÁFICA B.**

LUGAR	Matituy.	Tunja Grande.	NSR-10	Chachagüi.	Buesaco.	Costa Pacífica Nariñense	Univ. Nacional. Manizales.	Cobos Fisher. (2007)
Resistencia última de corte en Mpa.	4	11.3	1.2	4.6	5.2	14.7	1.5	5.5
	11.5	13.9						
	11.7	14.6						
	14	15.9						
	15.5	17.5						
	16.1	18.1						
	18.1	18.8						
	18.3	19.9						
	19	20.1						
	19.4	21.1						
	20	21.2						
20.2	23.2							

## Ensayo de tensión paralela a las fibras

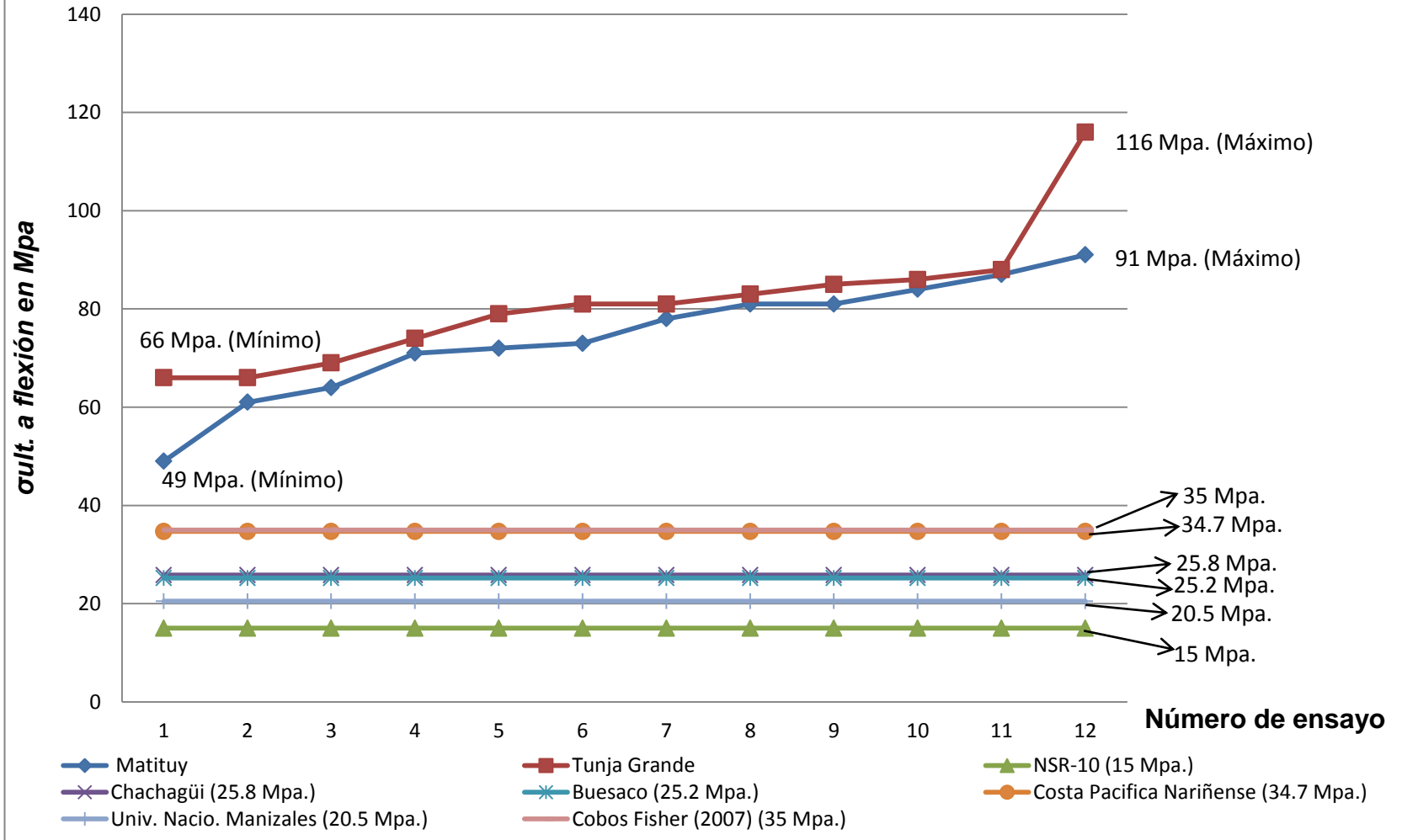


**Gráfica C.**

**DATOS GRÁFICA C.**

LUGAR	Matituy.	Tunja Grande.	NSR-10	Chachagüi.	Buesaco.	Costa Pacífica Nariñense	Univ. Nacional. Manizales.	Cobos Fisher. (2007)
Esfuerzo último de tensión en Mpa.	63	72	18	11.5	10.8	98.8	18	72.8
	63	77						
	75	83						
	87	97						
	89	104						
	90	104						
	93	116						
	115	119						
	117	121						
	118	121						
	128	122						
129	124							

## Ensayo de Flexión



**Gráfica D.**

**DATOS GRÁFICA D.**

LUGAR	Matituy.	Tunja Grande.	NSR-10	Chachagüi.	Buesaco.	Costa Pacífica Nariñense	Univ. Nacional. Manizales.	Cobos Fisher. (2007)
Resistencia última a flexión en Mpa.	49	66	15	25.8	25.2	43.7	20.5	35
	61	66						
	64	69						
	71	74						
	72	79						
	73	81						
	78	81						
	81	83						
	81	85						
	84	86						
	87	88						
91	116							



## 7 Conclusiones

- La hora y la época de corte, y el proceso de avinagre son fundamentales para obtener unos culmos y probetas de ensayo de *Guadua Angustifolia* Kunth con características adecuadas para realizar un determinado estudio ya que esto influye directamente con el contenido de humedad y este a su vez con las propiedades mecánicas de las mismas.
- Los culmos de *Guadua* presentan mayor área transversal, mayor diámetro externo y menor separación entre nudos en la parte inferior y a medida que nos aproximamos a la parte superior se nota una disminución en el área transversal, diámetro externo y un aumento en la distancia entre nudos, esto explica los valores superiores de resistencia en la parte inferior.
- Es necesario el conocimiento previo antes de hacer una selección de rodales y selección de muestras considerando que la *Guadua Angustifolia* Kunth posee unas características y propiedades diversas y dependiendo de las necesidades se escoge un determinado culmo.
- El contenido de humedad presente en las muestras ensayadas se encontró alrededor del 50% esto se debe a que la hora de corte se realizó entre las 5 y 7 de la mañana, lo ideal es realizar el corte entre las 3 y 5 de la mañana para obtener un contenido de humedad no superior al 25 % ya que la planta absorbe agua a medida que transcurre el día, o se debe también a que la planta no posee la madurez suficiente, esto influye directamente en las propiedades mecánicas de las probetas.
- La mayoría de estudios realizados a la *Guadua* en Colombia arrojan resultados de peso específico que oscila entre 650 y 750 kg/m<sup>3</sup>. Este estudio arroja un peso específico promedio de 670 kg/m<sup>3</sup>, lo cual nos muestra un peso específico acorde con otras investigaciones.
- Los resultados obtenidos del esfuerzo último de compresión de 58.5 Mpa en el corregimiento de Matituy y en el corregimiento de Tunja Grande de 51.7 Mpa, afirma una gran capacidad de resistencia a la compresión de la *Guadua* proveniente de este sector, ya que al ser comparadas con otras investigaciones como la de los Municipios de Buesaco y Chachagüi (Nariño) son de 16,2 y 20,6 Mpa respectivamente, la Norma Sismo-resistente NSR- 10 capítulo G nos da un valor de 14 Mpa. se observa la superioridad.

- Los valores obtenidos en los ensayos de corte paralelo a las fibras, tensión paralela a las fibras y el ensayo de flexión también arrojaron datos superiores en comparación con otras investigaciones realizadas en el eje cafetero, Universidad Nacional, Universidad de Nariño, Norma NSR 10, lo que demuestra que el comportamiento de la Guadua Angustifolia Kunth proveniente de los corregimientos de Matituy y Tunja Grande localizados en el municipio de La Florida (Nariño), tiene un comportamiento idóneo y completo para su uso en el sector de la construcción.
- Al realizar el ensayo de contracción concluimos que las probetas de ensayo presentan un valor casi nulo en dirección de la altura de la probeta, lo que indica que las muestras se contraen específicamente en espesor de pared y diámetro mas no en altura.
- Se comprueba que la afirmación común de considerar la Guadua Angustifolia Kunth como el “acero vegetal” debido a su buen comportamiento tanto a tracción, compresión, flexión y corte, esto se observa en los valores obtenidos en cada ensayo mecánico realizado.

## 8 RECOMENDACIONES

- Cumplir con las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 5525 y hacer los ensayos en el menor tiempo posible para obtener mejores resultados de las probetas que se obtienen de las muestras de guadua.
- Realizar el ensayo de contenido de humedad Inmediatamente después de cada ensayo mecánico, debido a que las muestras pierden contenido de agua con el transcurrir del tiempo.
- Acondicionar un lugar para la realización de los ensayos, en donde no haya cambios bruscos de temperatura y humedad, en lo posible que el promedio de temperatura este entre los 20 y 25°C, logrando conservar la humedad de las muestras y obteniendo resultados más precisos.

## 9 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

COBOS FISHER, Jorge Alberto. León Rodríguez, Xavier Antonio (2007). Propiedades físicas mecánicas de la guadua angustifolia kunth.

COLOMBIA 1998, Revista Corpo Tunia “Cultivo, Uso y Manejo de la Guadua.”

HIDALGO LÓPEZ, Oscar. Manual de construcción con Bambú, Bogotá, Estudios Técnicos Colombianos, 1981.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525: métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia kunth.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5300, 2008: Cosecha y Poscosecha de culmos de Guadua Angustifolia Kunth.

NORMA SISMO RESISTENTE 2010 (NSR - 10) capitulo G.12. Estructuras de madera y estructuras de Guadua.

### NETGRAFIA

Manual de guadua.

[http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/2006718144553\\_Manual%20de%20guadua.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006718144553_Manual%20de%20guadua.pdf)

Guadua: el acero vegetal.

<http://www.colombia.travel/es/turista-internacional/actividad/historia-y-tradicion/artesantias/materiales-autoctonos/guadua>

El portal de negocios sobre la guadua banbu.

<http://www.guadua.biz/>

## 10 ANEXOS

### Anexo 1. El Municipio de la Florida



El Municipio de la Florida se ubica en la parte noroccidental del Departamento de Nariño y su espacio territorial está localizado geográficamente a 1° 18" de latitud Norte y 17° 24" de longitud oeste. Su cabecera corregimental se encuentra a una altitud de 2.077 (m.s.n.m).

Tiene una temperatura media de 17 C° y una precipitación anual de 2.500 mm, posee tres pisos térmicos: clima frío con un área total de 78 km<sup>2</sup>, Clima medio con un área de 52 km<sup>2</sup> y páramo con 9 km<sup>2</sup>. Los pisos térmicos se distribuyen de la siguiente manera:

Páramo: 201.99 ha.  
Páramo Húmedo: 413.7 ha.  
Muy Frío Sub-húmedo: 533.09 ha.  
Frío Semi-húmedo: 6627.65 ha.  
Medio Húmedo: 3055.61 ha.  
Medio Seco: 904.40 ha.  
Cálido Semi-seco: 739.66 ha.  
Cálido Seco: 75.3 ha.  
Total 12551,4 ha.

Tiene una población de 25.529 habitantes, distribuida de la siguiente forma:

<b>CORREGIMIENTO</b>	<b>PORCENTAJE DEL TOTAL DE POBLACIÓN %</b>
LA FLORIDA	23.16
SANTA CRUZ DE ROBLES	19.92
TUNJA GRANDE	17
SAN JOSÉ DE MATITUY	16.9
EL RODEO	13.25
PLAZUELAS	9.78

Límites del municipio:

Limita al Norte con el municipio de El Tambo, al Sur con los municipios de Sandoná y Consacá, al Oriente con los municipios de Pasto, Chachaguí y Nariño y al Occidente con el municipio de Sandoná. Está ubicado a una distancia de 24.7 Km de la capital del Departamento (Pasto).

Extensión total: 143 km<sup>2</sup> km<sup>2</sup>

Extensión área urbana:

Extensión área rural:

Temperatura media: 17° C

Distancia de referencia: a 27 kilómetros de la ciudad de Pasto

## Anexo 2. Análisis estadístico.

### Análisis para determinar número de muestras

Nivel de confiabilidad 90%,  $Z = 1.64$ .

$Z$  variable que depende del nivel de confiabilidad:

- Para un nivel de confiabilidad del 99%,  $Z = 2.58$ ,
- Para un nivel de confiabilidad del 95%,  $Z = 1.96$ ,
- Para un nivel de confiabilidad del 90%,  $Z = 1.64$ .

Los siguientes son valores de esfuerzos a compresión obtenidos de estudios anteriores de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Tipo Macana. López y Silva. Tesis de Grado 2000, la NSR-10 (G.12.7.3) contempla que el esfuerzo admisible a compresión debe ser mínimo de  $140 \text{ kg/cm}^2$  por lo tanto estos datos cumplen.

- $\sigma_{\text{máx.}} = 363 \text{ kg/cm}^2$
- $\sigma_{\text{min}} = 165 \text{ kg/cm}^2$

Rango de máximos y mínimos, en  $\text{kg/cm}^2$ . (363,165)

1. Desviación estándar (S)

$$S = \frac{R}{6} \quad [0.1]$$

En donde:

S desviación estándar,

R valor mínimo obtenido de rango de máximos y mínimos, en  $\text{kg/cm}^2$ .

Reemplazando valores se tiene:

$$S = \frac{165}{6} = 27.5$$

2. Calculamos la media mediante la ecuación:

$$X = \frac{(\sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{min}})}{2} \quad [0.2]$$

Reemplazando valores se tiene:

$$X = \frac{(363 + 165)}{2} = 264$$

3. Para determinar el número de muestras pequeñas se tiene la siguiente ecuación:

$$n = \left[ \frac{z * S}{e} \right]^2 \quad [0.3]$$

En donde:

$n$  número de muestras pequeñas

$S$  desviación estándar,

$e$  valor obtenido de:  $e = X * 0.05$

[0.4]

Reemplazando valores tenemos:

$$e = 264 * 0.05 = 13.2$$

Reemplazando en [0.3], se obtiene:

$$n = \left[ \frac{1.64 * 27.5}{13.2} \right]^2 = 11.67$$

Entonces el número de muestras es de  $n = 12$ .

La Norma NTC 5525 contempla como mínimo 12 muestras en el literal 5.6 (Rotulado y trozado en probetas), se debe de regir a esta, en caso que el resultado sea inferior a 12.



### Anexo 3. Resultados detallados ensayo de compresión corregimiento de Matituy.

PROBETA I1									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	oult Mpa.
1	10	0.0254	12.57	0.0020	65.64	65.61	7800	118.88	11.6
2	20	0.0508	12.57	0.0040	65.64	65.59	12000	182.96	17.9
3	30	0.0762	12.57	0.0061	65.64	65.56	13800	210.48	20.6
4	40	0.1016	12.57	0.0081	65.64	65.54	16800	256.34	25.1
5	50	0.1270	12.57	0.0101	65.64	65.51	18000	274.75	26.9
6	60	0.1524	12.57	0.0121	65.64	65.49	19400	296.24	29.0
7	70	0.1778	12.57	0.0141	65.64	65.46	21900	334.54	32.8
8	80	0.2032	12.57	0.0162	65.64	65.44	24000	366.77	35.9
9	90	0.2286	12.57	0.0182	65.64	65.41	25200	385.25	37.8
10	100	0.2540	12.57	0.0202	65.64	65.39	26800	409.87	40.2
11	110	0.2794	12.57	0.0222	65.64	65.36	27000	413.09	40.5
12	120	0.3048	12.57	0.0242	65.64	65.34	27000	413.25	40.5
13	130	0.3302	12.57	0.0263	65.64	65.31	27000	413.41	40.5
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									27000
oult. (Esfuerzo último en Mpa.)									40.5

PROBETA M1									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	oult Mpa.
1	10	0.0254	11.12	0.0023	46.06	46.03	6000	130.34	12.8
2	20	0.0508	11.12	0.0046	46.06	46.01	10400	226.04	22.2
3	30	0.0762	11.12	0.0069	46.06	45.98	15000	326.20	32.0
4	40	0.1016	11.12	0.0091	46.06	45.96	18600	404.71	39.7
5	50	0.1270	11.12	0.0114	46.06	45.93	21600	470.25	46.1
6	60	0.1524	11.12	0.0137	46.06	45.91	22200	483.58	47.4
7	70	0.1778	11.12	0.0160	46.06	45.88	23800	518.72	50.8
8	80	0.2032	11.12	0.0183	46.06	45.86	23800	519.01	50.9
9	90	0.2286	11.12	0.0206	46.06	45.83	23800	519.29	50.9
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									23800
oult. (Esfuerzo último en Mpa.)									50.9

PROBETA S1									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	oult Mpa.
1	10	0.0254	9.98	0.0025	33.29	33.26	3000	90.19	8.8
2	20	0.0508	9.98	0.0051	33.29	33.24	9300	279.79	27.4
3	30	0.0762	9.98	0.0076	33.29	33.21	12300	370.33	36.3
4	40	0.1016	9.98	0.0102	33.29	33.19	14700	442.93	43.4
5	50	0.1270	9.98	0.0127	33.29	33.16	15900	479.45	47.0
6	60	0.1524	9.98	0.0153	33.29	33.14	17400	525.08	51.5
7	70	0.1778	9.98	0.0178	33.29	33.11	18000	543.61	53.3
8	80	0.2032	9.98	0.0204	33.29	33.09	18000	544.02	53.3
9	90	0.2286	9.98	0.0229	33.29	33.06	18000	544.44	53.4
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									18000
oult. (Esfuerzo último en Mpa.)									53.4

PROBETA I2									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	8.66	0.0029	33.96	33.93	3300	97.25	9.5
2	20	0.0508	8.66	0.0059	33.96	33.91	9300	274.26	26.9
3	30	0.0762	8.66	0.0088	33.96	33.88	10800	318.74	31.2
4	40	0.1016	8.66	0.0117	33.96	33.86	12000	354.42	34.7
5	50	0.1270	8.66	0.0147	33.96	33.83	13200	390.15	38.2
6	60	0.1524	8.66	0.0176	33.96	33.81	13800	408.19	40.0
7	70	0.1778	8.66	0.0205	33.96	33.78	14100	417.38	40.9
8	80	0.2032	8.66	0.0235	33.96	33.76	14100	417.69	40.9
9	90	0.2286	8.66	0.0264	33.96	33.73	14100	418.01	41.0
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									14100
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									41.0

PROBETA M2									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	7.88	0.0032	23.58	23.55	6000	254.73	25.0
2	20	0.0508	7.88	0.0064	23.58	23.53	9000	382.50	37.5
3	30	0.0762	7.88	0.0097	23.58	23.50	10700	455.25	44.6
4	40	0.1016	7.88	0.0129	23.58	23.48	12000	511.11	50.1
5	50	0.1270	7.88	0.0161	23.58	23.45	12300	524.45	51.4
6	60	0.1524	7.88	0.0193	23.58	23.43	12900	550.63	54.0
7	70	0.1778	7.88	0.0226	23.58	23.40	13200	564.05	55.3
8	80	0.2032	7.88	0.0258	23.58	23.38	13500	577.50	56.6
9	90	0.2286	7.88	0.0290	23.58	23.35	13900	595.25	58.3
10	100	0.2540	7.88	0.0322	23.58	23.33	14800	634.49	62.2
11	110	0.2794	7.88	0.0355	23.58	23.30	14800	635.18	62.2
12	120	0.3048	7.88	0.0387	23.58	23.28	14800	635.87	62.3
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									14800
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									62.3

PROBETA S2									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	6.87	0.0037	15.03	15.00	3000	199.94	19.6
2	20	0.0508	6.87	0.0074	15.03	14.98	6000	400.56	39.3
3	30	0.0762	6.87	0.0111	15.03	14.95	9000	601.85	59.0
4	40	0.1016	6.87	0.0148	15.03	14.93	10800	723.45	70.9
5	50	0.1270	6.87	0.0185	15.03	14.90	10800	724.69	71.0
6	60	0.1524	6.87	0.0222	15.03	14.88	11200	752.81	73.8
7	70	0.1778	6.87	0.0259	15.03	14.85	11200	754.10	73.9
8	80	0.2032	6.87	0.0296	15.03	14.83	11300	762.13	74.7
9	90	0.2286	6.87	0.0333	15.03	14.80	11500	776.95	76.1
10	100	0.2540	6.87	0.0370	15.03	14.78	11500	778.29	76.3
11	110	0.2794	6.87	0.0407	15.03	14.75	11500	779.63	76.4
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									11500
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									76.4

PROBETA I3									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	10.13	0.0025	34.13	34.10	6000	175.93	17.2
2	20	0.0508	10.13	0.0050	34.13	34.08	10800	316.91	31.1
3	30	0.0762	10.13	0.0075	34.13	34.05	13800	405.24	39.7
4	40	0.1016	10.13	0.0100	34.13	34.03	18400	540.72	53.0
5	50	0.1270	10.13	0.0125	34.13	34.00	18900	555.83	54.5
6	60	0.1524	10.13	0.0150	34.13	33.98	19800	582.74	57.1
7	70	0.1778	10.13	0.0176	34.13	33.95	20200	594.95	58.3
8	80	0.2032	10.13	0.0201	34.13	33.93	20700	610.14	59.8
9	90	0.2286	10.13	0.0226	34.13	33.90	20700	610.59	59.8
10	100	0.2540	10.13	0.0251	34.13	33.88	20700	611.05	59.9
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									20700
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									59.9

PROBETA M3									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	9.34	0.0027	30.40	30.37	6300	207.41	20.3
2	20	0.0508	9.34	0.0054	30.40	30.35	10200	336.09	32.9
3	30	0.0762	9.34	0.0082	30.40	30.32	15600	514.45	50.4
4	40	0.1016	9.34	0.0109	30.40	30.30	18000	594.09	58.2
5	50	0.1270	9.34	0.0136	30.40	30.27	18000	594.59	58.3
6	60	0.1524	9.34	0.0163	30.40	30.25	18300	605.01	59.3
7	70	0.1778	9.34	0.0190	30.40	30.22	18300	605.52	59.3
8	80	0.2032	9.34	0.0218	30.40	30.20	18300	606.02	59.4
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									18300
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									59.4

PROBETA S3									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	8.55	0.0030	29.44	29.41	6000	203.98	20.0
2	20	0.0508	8.55	0.0059	29.44	29.39	10500	357.27	35.0
3	30	0.0762	8.55	0.0089	29.44	29.36	11500	391.64	38.4
4	40	0.1016	8.55	0.0119	29.44	29.34	12000	409.02	40.1
5	50	0.1270	8.55	0.0149	29.44	29.31	13800	470.78	46.1
6	60	0.1524	8.55	0.0178	29.44	29.29	14700	501.92	49.2
7	70	0.1778	8.55	0.0208	29.44	29.26	15000	512.61	50.2
8	80	0.2032	8.55	0.0238	29.44	29.24	15000	513.05	50.3
9	90	0.2286	8.55	0.0267	29.44	29.21	15000	513.50	50.3
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									15000
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									50.3

PROBETA I4									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	11.30	0.0022	65.64	57.95	6000	103.54	10.1
2	20	0.0508	11.30	0.0045	65.64	57.95	12000	207.08	20.3
3	30	0.0762	11.30	0.0067	65.64	57.95	18000	310.61	30.4
4	40	0.1016	11.30	0.0090	65.64	57.95	21600	372.74	36.5
5	50	0.1270	11.30	0.0112	65.64	57.95	23600	407.25	39.9
6	60	0.1524	11.30	0.0135	65.64	57.95	24000	414.15	40.6
7	70	0.1778	11.30	0.0157	65.64	57.95	24200	417.60	40.9
8	80	0.2032	11.30	0.0180	65.64	57.95	24300	419.33	41.1
9	90	0.2286	11.30	0.0202	65.64	57.95	24500	422.78	41.4
10	100	0.2540	11.30	0.0225	65.64	57.95	24600	424.50	41.6
11	110	0.2794	11.30	0.0247	65.64	57.95	24600	424.50	41.6
12	120	0.3048	11.30	0.0270	65.64	57.95	24600	424.50	41.6
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									24600
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									41.6

PROBETA M4									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	10.28	0.0025	42.85	42.82	7800	182.14	17.8
2	20	0.0508	10.28	0.0049	42.85	42.80	12300	287.39	28.2
3	30	0.0762	10.28	0.0074	42.85	42.77	15600	364.71	35.7
4	40	0.1016	10.28	0.0099	42.85	42.75	18000	421.07	41.3
5	50	0.1270	10.28	0.0124	42.85	42.72	18600	435.36	42.7
6	60	0.1524	10.28	0.0148	42.85	42.70	19200	449.67	44.1
7	70	0.1778	10.28	0.0173	42.85	42.67	19500	456.97	44.8
8	80	0.2032	10.28	0.0198	42.85	42.65	19500	457.24	44.8
9	90	0.2286	10.28	0.0222	42.85	42.62	19500	457.52	44.8
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									19500
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									44.8

PROBETA S4									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	9.91	0.0026	27.91	27.88	6000	215.17	21.1
2	20	0.0508	9.91	0.0051	27.91	27.86	9000	323.05	31.7
3	30	0.0762	9.91	0.0077	27.91	27.83	12000	431.13	42.3
4	40	0.1016	9.91	0.0103	27.91	27.81	12600	453.10	44.4
5	50	0.1270	9.91	0.0128	27.91	27.78	13800	496.71	48.7
6	60	0.1524	9.91	0.0154	27.91	27.76	15000	540.39	53.0
7	70	0.1778	9.91	0.0179	27.91	27.73	15300	551.71	54.1
8	80	0.2032	9.91	0.0205	27.91	27.71	15600	563.04	55.2
9	90	0.2286	9.91	0.0231	27.91	27.68	15900	574.39	56.3
10	100	0.2540	9.91	0.0256	27.91	27.66	16200	585.77	57.4
11	110	0.2794	9.91	0.0282	27.91	27.63	16200	586.31	57.5
12	120	0.3048	9.91	0.0308	27.91	27.61	16200	586.85	57.5
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									16200
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									57.5

**Anexo 4. Resultados detallados ensayo de compresión correjimiento de Tunja Grande.**

PROBETA I1									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3''	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	11.57	0.0022	49.56	49.53	6000	121.13	11.9
2	20	0.0508	11.57	0.0044	49.56	49.51	11400	230.26	22.6
3	30	0.0762	11.57	0.0066	49.56	49.48	13800	278.88	27.3
4	40	0.1016	11.57	0.0088	49.56	49.46	16400	331.59	32.5
5	50	0.1270	11.57	0.0110	49.56	49.43	17800	360.08	35.3
6	60	0.1524	11.57	0.0132	49.56	49.41	21500	435.16	42.6
7	70	0.1778	11.57	0.0154	49.56	49.38	23000	465.75	45.6
8	80	0.2032	11.57	0.0176	49.56	49.36	24000	486.26	47.7
9	90	0.2286	11.57	0.0198	49.56	49.33	25200	510.83	50.1
10	100	0.2540	11.57	0.0220	49.56	49.31	25200	511.09	50.1
11	110	0.2794	11.57	0.0241	49.56	49.28	25200	511.36	50.1
12	120	0.3048	11.57	0.0263	49.56	49.26	25200	511.62	50.1
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									25200
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									50.1

PROBETA M1									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3''	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	10.76	0.0024	34.45	34.42	6400	185.91	18.2
2	20	0.0508	10.76	0.0047	34.45	34.40	12000	348.85	34.2
3	30	0.0762	10.76	0.0071	34.45	34.37	13600	395.65	38.8
4	40	0.1016	10.76	0.0094	34.45	34.35	17000	494.93	48.5
5	50	0.1270	10.76	0.0118	34.45	34.32	18300	533.17	52.3
6	60	0.1524	10.76	0.0142	34.45	34.30	19400	565.64	55.4
7	70	0.1778	10.76	0.0165	34.45	34.27	21000	612.74	60.0
8	80	0.2032	10.76	0.0189	34.45	34.25	22200	648.24	63.5
9	90	0.2286	10.76	0.0212	34.45	34.22	23000	672.09	65.9
10	100	0.2540	10.76	0.0236	34.45	34.20	23400	684.29	67.1
11	110	0.2794	10.76	0.0260	34.45	34.17	23400	684.80	67.1
12	120	0.3048	10.76	0.0283	34.45	34.15	23400	685.31	67.2
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									23400
$\sigma_{ult}$ . (Esfuerzo último en Mpa.)									67.2

PROBETA S1									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	10.11	0.0025	33.68	33.65	4000	118.85	11.6
2	20	0.0508	10.11	0.0050	33.68	33.63	7600	225.99	22.1
3	30	0.0762	10.11	0.0075	33.68	33.60	12500	371.98	36.5
4	40	0.1016	10.11	0.0100	33.68	33.58	16200	482.45	47.3
5	50	0.1270	10.11	0.0126	33.68	33.55	18000	536.46	52.6
6	60	0.1524	10.11	0.0151	33.68	33.53	19200	572.66	56.1
7	70	0.1778	10.11	0.0176	33.68	33.50	20600	614.88	60.3
8	80	0.2032	10.11	0.0201	33.68	33.48	20800	621.33	60.9
9	90	0.2286	10.11	0.0226	33.68	33.45	21000	627.78	61.5
10	100	0.2540	10.11	0.0251	33.68	33.43	21000	628.25	61.6
11	110	0.2794	10.11	0.0276	33.68	33.40	21000	628.73	61.6
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									21000
ult. (Esfuerzo último en Mpa.)									61.6

PROBETA 12									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	12.30	0.0021	63.91	63.88	6000	93.92	9.2
2	20	0.0508	12.30	0.0041	63.91	63.86	12000	187.91	18.4
3	30	0.0762	12.30	0.0062	63.91	63.83	14400	225.59	22.1
4	40	0.1016	12.30	0.0083	63.91	63.81	17000	266.42	26.1
5	50	0.1270	12.30	0.0103	63.91	63.78	18600	291.61	28.6
6	60	0.1524	12.30	0.0124	63.91	63.76	20000	313.69	30.7
7	70	0.1778	12.30	0.0145	63.91	63.73	23200	364.02	35.7
8	80	0.2032	12.30	0.0165	63.91	63.71	25000	392.42	38.5
9	90	0.2286	12.30	0.0186	63.91	63.68	25800	405.14	39.7
10	100	0.2540	12.30	0.0207	63.91	63.66	26700	419.44	41.1
11	110	0.2794	12.30	0.0227	63.91	63.63	26700	419.61	41.1
12	120	0.3048	12.30	0.0248	63.91	63.61	26700	419.78	41.1
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									26700
ult. (Esfuerzo último en Mpa.)									41.1

PROBETA M2									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	12.57	0.0020	65.64	65.61	7600	115.83	11.4
2	20	0.0508	12.57	0.0040	65.64	65.59	12000	182.96	17.9
3	30	0.0762	12.57	0.0061	65.64	65.56	13800	210.48	20.6
4	40	0.1016	12.57	0.0081	65.64	65.54	15400	234.98	23.0
5	50	0.1270	12.57	0.0101	65.64	65.51	16800	256.44	25.1
6	60	0.1524	12.57	0.0121	65.64	65.49	18000	274.86	26.9
7	70	0.1778	12.57	0.0141	65.64	65.46	19400	296.35	29.0
8	80	0.2032	12.57	0.0162	65.64	65.44	21000	320.92	31.5
9	90	0.2286	12.57	0.0182	65.64	65.41	23200	354.68	34.8
10	100	0.2540	12.57	0.0202	65.64	65.39	24100	368.58	36.1
11	110	0.2794	12.57	0.0222	65.64	65.36	24100	368.72	36.1
12	120	0.3048	12.57	0.0242	65.64	65.34	24100	368.87	36.1
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									24100
ult. (Esfuerzo último en Mpa.)									36.1

PROBETA S2									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	10.77	0.0024	41.06	41.03	6300	153.53	15.0
2	20	0.0508	10.77	0.0047	41.06	41.01	9000	219.46	21.5
3	30	0.0762	10.77	0.0071	41.06	40.98	13400	326.96	32.0
4	40	0.1016	10.77	0.0094	41.06	40.96	16200	395.52	38.8
5	50	0.1270	10.77	0.0118	41.06	40.93	18000	439.74	43.1
6	60	0.1524	10.77	0.0142	41.06	40.91	19000	464.46	45.5
7	70	0.1778	10.77	0.0165	41.06	40.88	19800	484.32	47.5
8	80	0.2032	10.77	0.0189	41.06	40.86	21000	513.99	50.4
9	90	0.2286	10.77	0.0212	41.06	40.83	21600	529.00	51.8
10	100	0.2540	10.77	0.0236	41.06	40.81	21800	534.24	52.4
11	110	0.2794	10.77	0.0259	41.06	40.78	21800	534.57	52.4
12	120	0.3048	10.77	0.0283	41.06	40.76	21800	534.90	52.4
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									21800
ult. (Esfuerzo último en Mpa.)									52.4

PROBETA I3									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	9.44	0.0027	30.32	30.29	7000	231.06	22.6
2	20	0.0508	9.44	0.0054	30.32	30.27	13000	429.48	42.1
3	30	0.0762	9.44	0.0081	30.32	30.24	15600	515.81	50.5
4	40	0.1016	9.44	0.0108	30.32	30.22	16000	529.48	51.9
5	50	0.1270	9.44	0.0135	30.32	30.19	17000	563.04	55.2
6	60	0.1524	9.44	0.0161	30.32	30.17	17800	590.04	57.8
7	70	0.1778	9.44	0.0188	30.32	30.14	18400	610.44	59.8
8	80	0.2032	9.44	0.0215	30.32	30.12	19200	637.52	62.5
9	90	0.2286	9.44	0.0242	30.32	30.09	19500	648.03	63.5
10	100	0.2540	9.44	0.0269	30.32	30.07	19500	648.57	63.6
11	110	0.2794	9.44	0.0296	30.32	30.04	19500	649.12	63.6
12	120	0.3048	9.44	0.0323	30.32	30.02	19500	649.67	63.7
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									19500
ult. (esfuerzo último en Mpa.)									63.7

PROBETA M3									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	8.51	0.0030	27.29	27.26	6000	220.07	21.6
2	20	0.0508	8.51	0.0060	27.29	27.24	9200	337.75	33.1
3	30	0.0762	8.51	0.0090	27.29	27.21	11800	433.60	42.5
4	40	0.1016	8.51	0.0119	27.29	27.19	12800	470.79	46.1
5	50	0.1270	8.51	0.0149	27.29	27.16	13800	508.04	49.8
6	60	0.1524	8.51	0.0179	27.29	27.14	14700	541.68	53.1
7	70	0.1778	8.51	0.0209	27.29	27.11	15300	564.32	55.3
8	80	0.2032	8.51	0.0239	27.29	27.09	15500	572.23	56.1
9	90	0.2286	8.51	0.0269	27.29	27.06	15900	587.55	57.6
10	100	0.2540	8.51	0.0298	27.29	27.04	16200	599.20	58.7
11	110	0.2794	8.51	0.0328	27.29	27.01	16200	599.76	58.8
12	120	0.3048	8.51	0.0358	27.29	26.99	16200	600.33	58.8
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									16200
ult. (esfuerzo último en Mpa.)									58.8

PROBETA S3									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	7.99	0.0032	22.52	22.49	6000	266.73	26.1
2	20	0.0508	7.99	0.0064	22.52	22.47	9000	400.55	39.3
3	30	0.0762	7.99	0.0095	22.52	22.44	11500	512.39	50.2
4	40	0.1016	7.99	0.0127	22.52	22.42	12500	557.58	54.6
5	50	0.1270	7.99	0.0159	22.52	22.39	13200	589.47	57.8
6	60	0.1524	7.99	0.0191	22.52	22.37	14000	625.91	61.3
7	70	0.1778	7.99	0.0223	22.52	22.34	14800	662.42	64.9
8	80	0.2032	7.99	0.0254	22.52	22.32	15000	672.14	65.9
9	90	0.2286	7.99	0.0286	22.52	22.29	15000	672.91	65.9
10	100	0.2540	7.99	0.0318	22.52	22.27	15000	673.67	66.0
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									15000
$\sigma_{ult}$ . (esfuerzo último en Mpa.)									66.0

PROBETA I4									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	12.50	0.0020	69.33	69.30	6000	86.57	8.5
2	20	0.0508	12.50	0.0041	69.33	69.28	12000	173.21	17.0
3	30	0.0762	12.50	0.0061	69.33	69.25	14000	202.15	19.8
4	40	0.1016	12.50	0.0081	69.33	69.23	16500	238.34	23.4
5	50	0.1270	12.50	0.0102	69.33	69.20	18000	260.10	25.5
6	60	0.1524	12.50	0.0122	69.33	69.18	20400	294.89	28.9
7	70	0.1778	12.50	0.0142	69.33	69.15	23000	332.60	32.6
8	80	0.2032	12.50	0.0163	69.33	69.13	25000	361.65	35.4
9	90	0.2286	12.50	0.0183	69.33	69.10	25200	364.68	35.7
10	100	0.2540	12.50	0.0203	69.33	69.08	25500	369.16	36.2
11	110	0.2794	12.50	0.0224	69.33	69.05	25500	369.29	36.2
12	120	0.3048	12.50	0.0244	69.33	69.03	25500	369.43	36.2
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									25500
$\sigma_{ult}$ . (esfuerzo último en Mpa.)									36.2

PROBETA M4									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	11.24	0.0023	56.20	56.17	7300	129.95	12.7
2	20	0.0508	11.24	0.0045	56.20	56.15	11500	204.81	20.1
3	30	0.0762	11.24	0.0068	56.20	56.12	13600	242.32	23.7
4	40	0.1016	11.24	0.0090	56.20	56.10	16400	292.34	28.6
5	50	0.1270	11.24	0.0113	56.20	56.07	19000	338.84	33.2
6	60	0.1524	11.24	0.0136	56.20	56.05	20200	360.41	35.3
7	70	0.1778	11.24	0.0158	56.20	56.02	21800	389.13	38.1
8	80	0.2032	11.24	0.0181	56.20	56.00	23600	421.45	41.3
9	90	0.2286	11.24	0.0203	56.20	55.97	24000	428.79	42.0
10	100	0.2540	11.24	0.0226	56.20	55.95	24200	432.56	42.4
11	110	0.2794	11.24	0.0249	56.20	55.92	24200	432.76	42.4
12	120	0.3048	11.24	0.0271	56.20	55.90	24200	432.95	42.4
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									24200
$\sigma_{ult}$ . (esfuerzo último en Mpa.)									42.4



PROBETA S4									
Lectura N°	$\delta$ 10 E-3"	$\Delta H$ cm.	H cm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A cm <sup>2</sup>	A corregida cm <sup>2</sup>	Carga (F) kg/f	$\sigma$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{ult}$ Mpa.
1	10	0.0254	10.22	0.0025	46.96	46.93	5800	123.58	12.1
2	20	0.0508	10.22	0.0050	46.96	46.91	9200	196.12	19.2
3	30	0.0762	10.22	0.0075	46.96	46.88	13600	290.08	28.4
4	40	0.1016	10.22	0.0099	46.96	46.86	16800	358.53	35.1
5	50	0.1270	10.22	0.0124	46.96	46.83	18500	395.02	38.7
6	60	0.1524	10.22	0.0149	46.96	46.81	19700	420.87	41.2
7	70	0.1778	10.22	0.0174	46.96	46.78	20400	436.06	42.7
8	80	0.2032	10.22	0.0199	46.96	46.76	21200	453.41	44.4
9	90	0.2286	10.22	0.0224	46.96	46.73	21200	453.66	44.5
10	100	0.2540	10.22	0.0249	46.96	46.71	21400	458.19	44.9
11	110	0.2794	10.22	0.0273	46.96	46.68	21400	458.43	44.9
12	120	0.3048	10.22	0.0298	46.96	46.66	21400	458.68	45.0
Carga máxima de falla a compresión en kg/f									21400
$\sigma_{ult}$ . (esfuerzo último en Mpa.)									45.0

### Anexo 5. Resultados detallados ensayo de corte corregimiento de Matituy.

PROBETA I1 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	t cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau_{ult}$ . Mpa.
15000	13.20	2.56	33.79	125.18	11.7
	13.11	2.43	31.86		
	13.19	2.52	33.24		
	13.08	2.01	26.29		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					15000
$\tau_{ult}$ . (Resistencia última en Mpa.)					11.7

PROBETA M1 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau_{ult}$ . Mpa.
11700	11.48	1.84	21.12	74.21	15.5
	11.40	1.57	17.90		
	11.50	1.61	18.52		
	11.42	1.46	16.67		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					11700
$\tau_{ult}$ . (Resistencia última en Mpa.)					15.5

PROBETA S1 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau_{ult}$ . Mpa.
9000	10.59	1.44	15.25	63.01	14.0
	10.58	1.44	15.24		
	10.56	1.49	15.73		
	10.56	1.59	16.79		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					9000
$\tau_{ult}$ . (Resistencia última en Mpa.)					14.0

PROBETA I2 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
6600	8.43	1.59	13.40	46.29	14.0
	8.40	1.15	9.66		
	8.42	1.43	12.04		
	8.41	1.33	11.19		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					6600
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					4.0

PROBETA M2 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
6000	8.40	1.15	9.66	36.62	16.1
	8.29	0.96	7.96		
	8.32	1.09	9.07		
	8.28	1.20	9.94		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					6000
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					16.1

PROBETA S2 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
4200	7.20	0.69	4.97	20.62	20.0
	7.15	0.64	4.58		
	7.22	0.73	5.27		
	7.17	0.81	5.81		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					4200
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					20.0

PROBETA I3 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
9300	10.09	1.200	12.11	48.08	19.0
	10.11	1.210	12.23		
	10.02	1.180	11.82		
	10.01	1.190	11.91		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					9300
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					19.0

PROBETA M3 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
8100	9.79	1.010	9.89	43.94	18.1
	9.84	1.190	11.71		
	9.79	1.170	11.45		
	9.81	1.110	10.89		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					8100
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					18.1

PROBETA S3 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
7800	9.01	1.110	10.00	39.36	19.4
	8.99	1.010	9.08		
	8.94	1.180	10.55		
	8.93	1.090	9.73		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					7800
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					19.4

PROBETA I4 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
12000	11.60	2.225	25.81	101.92	11.5
	11.50	1.975	22.71		
	11.55	2.610	30.15		
	11.59	2.006	23.25		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					12000
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					11.5

PROBETA M4 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
10500	10.51	1.435	15.08	56.16	18.3
	10.49	1.210	12.69		
	10.48	1.360	14.25		
	10.47	1.350	14.13		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					10500
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					18.3

PROBETA S4 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
8000	9.43	1.060	10.00	38.80	20.2
	9.50	1.009	9.59		
	9.42	1.009	9.50		
	9.48	1.025	9.72		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					8000
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					20.2

## Anexo 6. Resultados detallados ensayo de corte corregimiento de Tunja Grande.

PROBETA I1 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
16000	11.83	1.610	19.05	74.21	21.1
	11.77	1.540	18.13		
	11.81	1.600	18.90		
	11.78	1.540	18.14		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					16000
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					21.1

PROBETA M1 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
13400	10.65	1.330	14.16	56.60	23.2
	10.71	1.210	12.96		
	10.60	1.400	14.84		
	10.68	1.370	14.63		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					13400
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					23.2

PROBETA S1 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
10000	10.08	1.150	11.59	48.82	20.1
	9.97	1.230	12.26		
	10.10	1.310	13.23		
	9.99	1.175	11.74		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					10000
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					20.1

PROBETA I2 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
13200	12.10	1.894	22.92	93.18	13.9
	12.03	1.970	23.70		
	12.11	1.860	22.52		
	12.00	2.003	24.04		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					13200
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					13.9

PROBETA M2 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
10800	11.54	2.000	23.08	93.33	11.3
	11.61	2.035	23.63		
	11.52	1.970	22.69		
	11.59	2.065	23.93		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					10800
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					11.3

PROBETA S2 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
10200	10.46	1.700	17.78	68.67	14.6
	10.47	1.680	17.59		
	10.47	1.590	16.65		
	10.44	1.595	16.65		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					10200
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					14.6

PROBETA I3 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
9400	9.66	1.180	11.40	46.22	19.9
	9.57	1.214	11.62		
	9.68	1.180	11.42		
	9.58	1.230	11.78		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					9400
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					19.9

PROBETA M3 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
7900	9.30	1.120	10.42	41.19	18.8
	9.10	1.130	10.28		
	9.00	1.100	9.90		
	9.10	1.164	10.59		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					7900
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					18.8

PROBETA S3 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	T cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
6800	8.30	1.160	9.63	36.80	18.1
	8.35	1.080	9.02		
	8.27	1.074	8.88		
	8.34	1.112	9.27		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					6800
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					18.1

PROBETA I4 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	t cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
16500	12.45	2.040	25.40	101.49	15.9
	12.46	1.976	24.62		
	12.46	2.128	26.51		
	12.47	2.002	24.95		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					16500
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					15.9

PROBETA M4 CON NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	t cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
15400	11.12	1.584	17.61	71.02	21.2
	11.09	1.613	17.89		
	11.10	1.570	17.43		
	11.10	1.630	18.09		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					15400
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					21.2

PROBETA S4 SIN NUDO					
Carga (F) kg/f	L cm.	t cm.	t*L cm <sup>2</sup>	$\Sigma(t*L)$ cm <sup>2</sup>	$\tau$ ult. Mpa.
12800	10.50	1.730	18.17	71.65	17.5
	10.57	1.692	17.88		
	10.51	1.718	18.06		
	10.57	1.660	17.55		
Carga máxima de falla a compresión en kg/f					12800
$\tau$ ult. (Resistencia última en Mpa.)					17.5

### Anexo 7. Resultados detallados ensayo de tensión corregimiento de Matituy.

PROBETA I1								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	504.35	504.35	0.0	0
2	0.60	0.0600		0.0006		504.29	4.0	8
3	1.10	0.1100		0.0011		504.24	9.0	18
4	1.50	0.1500		0.0015		504.20	15.0	30
5	2.00	0.2000		0.0020		504.15	20.0	40
6	2.60	0.2600		0.0026		504.09	25.0	50
7	2.90	0.2900		0.0029		504.06	31.0	62
8	3.75	0.3750		0.0038		503.98	38.0	75
Carga máxima de falla a compresión en KN								38.0
$\sigma$ ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								75

PROBETA M1								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	353.52	353.52	0.0	0
2	0.60	0.0600		0.0006		353.46	5.0	14
3	1.00	0.1000		0.0010		353.42	10.0	28
4	1.60	0.1600		0.0016		353.36	16.0	45
5	2.00	0.2000		0.0020		353.32	22.0	62
6	2.50	0.2500		0.0025		353.27	26.0	74
7	3.60	0.3600		0.0036		353.16	31.5	89
Carga máxima de falla a compresión en KN								31.5
$\sigma$ ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								89

PROBETA S1								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	334.26	334.26	0.0	0
2	0.50	0.0500		0.0005		334.21	4.0	12
3	1.10	0.1100		0.0011		334.15	8.0	24
4	1.50	0.1500		0.0015		334.11	15.0	45
5	1.80	0.1800		0.0018		334.08	20.0	60
6	2.30	0.2300		0.0023		334.03	25.0	75
7	3.20	0.3200		0.0032		333.94	30.0	90
Carga máxima de falla a compresión en KN								30.0
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								90

PROBETA I2								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	398.43	398.43	0.0	0
2	5.00	0.5000		0.0050		397.93	4.0	10
3	1.10	0.1100		0.0011		398.32	8.0	20
4	1.50	0.1500		0.0015		398.28	14.0	35
5	1.90	0.1900		0.0019		398.24	19.0	48
6	2.30	0.2300		0.0023		398.20	22.0	55
7	2.20	0.2200		0.0022		398.21	25.0	63
Carga máxima de falla a compresión en KN								25.0
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								63

PROBETA M2								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	323.71	323.71	0.0	0
2	0.40	0.0400		0.0004		323.67	4.0	12
3	0.70	0.0700		0.0007		323.64	7.0	22
4	1.00	0.1000		0.0010		323.61	11.0	34
5	1.20	0.1200		0.0012		323.59	16.0	49
6	1.80	0.1800		0.0018		323.53	20.5	63
Carga máxima de falla a compresión en KN								20.5
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								63



PROBETA S2								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	201.72	201.72	0.0	0
2	0.60	0.0600		0.0006		201.66	5.0	25
3	0.80	0.0800		0.0008		201.64	9.0	45
4	1.00	0.1000		0.0010		201.62	12.0	60
5	1.20	0.1200		0.0012		201.60	15.0	74
6	1.70	0.1700		0.0017		201.55	17.5	87
Carga máxima de falla a compresión en KN								17.5
$\sigma$ ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								87

PROBETA I3								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	272.28	272.28	0.0	0
2	0.40	0.0400		0.0004		272.24	4.0	15
3	0.80	0.0800		0.0008		272.20	9.0	33
4	1.10	0.1100		0.0011		272.17	15.0	55
5	1.40	0.1400		0.0014		272.14	20.0	73
6	1.70	0.1700		0.0017		272.11	25.0	92
7	2.00	0.2000		0.0020		272.08	30.0	110
8	2.55	0.2550		0.0026		272.03	35.0	129
Carga máxima de falla a compresión en KN								35.0
$\sigma$ ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								129

PROBETA M3								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	255.05	255.05	0.0	0
2	0.30	0.0300		0.0003		255.02	5.0	20
3	0.50	0.0500		0.0005		255.00	10.0	39
4	0.70	0.0700		0.0007		254.98	15.0	59
5	0.90	0.0900		0.0009		254.96	20.0	78
6	1.10	0.1100		0.0011		254.94	25.0	98
7	1.80	0.1800		0.0018		254.87	30.0	118
Carga máxima de falla a compresión en KN								30.0
$\sigma$ ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								118

PROBETA S3								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	269.38	269.38	0.0	0
2	0.30	0.0300		0.0003		269.35	6.0	22
3	0.50	0.0500		0.0005		269.33	13.0	48
4	0.70	0.0700		0.0007		269.31	19.0	71
5	1.00	0.1000		0.0010		269.28	25.0	93
6	1.40	0.1400		0.0014		269.24	31.5	117
Carga máxima de falla a compresión en KN								31.5
$\sigma$ ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								117

PROBETA I4								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	418.70	418.70	0.0	0
2	0.50	0.0500		0.0005		418.65	4.0	10
3	1.00	0.1000		0.0010		418.60	9.0	22
4	1.50	0.1500		0.0015		418.55	15.0	36
5	2.00	0.2000		0.0020		418.50	21.0	50
6	2.40	0.2400		0.0024		418.46	27.0	65
7	2.90	0.2900		0.0029		418.41	33.0	79
8	3.80	0.3800		0.0038		418.32	39.0	93
Carga máxima de falla a compresión en KN								39.0
$\sigma$ ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								93

PROBETA M4								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	312.01	312.01	0.0	0
2	0.40	0.0400		0.0004		311.97	5.0	16
3	0.80	0.0800		0.0008		311.93	9.0	29
4	1.30	0.1300		0.0013		311.88	14.0	45
5	1.70	0.1700		0.0017		311.84	18.0	58
6	2.00	0.2000		0.0020		311.81	23.0	74
7	2.30	0.2300		0.0023		311.78	29.0	93
8	3.10	0.3100		0.0031		311.70	36.0	115
Carga máxima de falla a compresión en KN								36.0
$\sigma$ ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								115

PROBETA S4								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	278.59	278.59	0.0	0
2	0.50	0.0500		0.0005		278.54	5.0	18
3	0.80	0.0800		0.0008		278.51	9.0	32
4	1.10	0.1100		0.0011		278.48	15.0	54
5	1.50	0.1500		0.0015		278.44	20.0	72
6	1.80	0.1800		0.0018		278.41	24.0	86
7	2.10	0.2100		0.0021		278.38	28.0	101
8	2.85	0.2850		0.0029		278.30	35.5	128
Carga máxima de falla a compresión en KN								35.5
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								128

**Anexo 8.** Resultados detallados ensayo de tensión corregimiento de Tunja Grande.

PROBETA I1								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	277.36	277.36	0.0	0
2	0.50	0.0500		0.0005		277.31	4.0	14
3	0.90	0.0900		0.0009		277.27	9.0	32
4	1.30	0.1300		0.0013		277.23	15.0	54
5	1.70	0.1700		0.0017		277.19	20.0	72
6	2.10	0.2100		0.0021		277.15	24.0	87
7	2.40	0.2400		0.0024		277.12	28.0	101
8	3.30	0.3300		0.0033		277.03	34.4	124
Carga máxima de falla a compresión en KN								34.4
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								124

PROBETA M1								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	262.04	262.04	0.0	0
2	0.50	0.0500		0.0005		261.99	5.0	19
3	0.90	0.0900		0.0009		261.95	10.0	38
4	1.30	0.1300		0.0013		261.91	15.0	57
5	1.60	0.1600		0.0016		261.88	20.0	76
6	1.90	0.1900		0.0019		261.85	25.0	95
7	2.20	0.2200		0.0022		261.82	29.0	111
8	2.90	0.2900		0.0029		261.75	32.0	122
Carga máxima de falla a compresión en KN								32.0
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								122

PROBETA S1								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	270.60	270.60	0.0	0
2	0.40	0.0400		0.0004		270.56	6.0	22
3	0.80	0.0800		0.0008		270.52	11.0	41
4	1.10	0.1100		0.0011		270.49	17.0	63
5	1.50	0.1500		0.0015		270.45	21.0	78
6	1.80	0.1800		0.0018		270.42	24.0	89
7	2.60	0.2600		0.0026		270.34	28.0	104
Carga máxima de falla a compresión en KN								28.0
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								104

PROBETA I2								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	210.06	210.06	0.0	0
2	0.50	0.0500		0.0005		210.01	4.0	19
3	0.90	0.0900		0.0009		209.97	9.0	43
4	1.20	0.1200		0.0012		209.94	13.0	62
5	1.90	0.1900		0.0019		209.87	17.5	83
Carga máxima de falla a compresión en KN								17.5
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								83

PROBETA M2								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	206.49	206.49	0.0	0
2	0.40	0.0400		0.0004		206.45	4.0	19
3	0.70	0.0700		0.0007		206.42	8.0	39
4	1.00	0.1000		0.0010		206.39	11.0	53
5	1.55	0.1550		0.0016		206.34	14.8	72
Carga máxima de falla a compresión en KN								14.8
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								72

PROBETA S2								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	201.64	201.64	0.0	0
2	0.40	0.0400		0.0004		201.60	5.0	25
3	0.60	0.0600		0.0006		201.58	9.0	45
4	0.80	0.0800		0.0008		201.56	12.0	60
5	1.40	0.1400		0.0014		201.50	15.5	77
Carga máxima de falla a compresión en KN								15.5
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								77

PROBETA I3								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	279.68	279.68	0.0	0
2	0.50	0.0500		0.0005		279.63	5.0	18
3	0.80	0.0800		0.0008		279.60	10.0	36
4	1.10	0.1100		0.0011		279.57	15.0	54
5	1.40	0.1400		0.0014		279.54	19.0	68
6	1.70	0.1700		0.0017		279.51	23.0	82
7	1.90	0.1900		0.0019		279.49	27.0	97
8	2.50	0.2500		0.0025		279.43	32.5	116
Carga máxima de falla a compresión en KN								32.5
ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								116

PROBETA M3								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	268.84	268.84	0.0	0
2	0.50	0.0500		0.0005		268.79	5.0	19
3	0.80	0.0800		0.0008		268.76	9.0	33
4	1.10	0.1100		0.0011		268.73	15.0	56
5	1.40	0.1400		0.0014		268.70	20.0	74
6	1.60	0.1600		0.0016		268.68	24.0	89
7	2.10	0.2100		0.0021		268.63	28.0	104
Carga máxima de falla a compresión en KN								28.0
ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								104

PROBETA S3								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	263.72	263.72	0.0	0
2	0.60	0.0600		0.0006		263.66	4.0	15
3	0.90	0.0900		0.0009		263.63	9.0	34
4	1.10	0.1100		0.0011		263.61	15.0	57
5	1.30	0.1300		0.0013		263.59	19.0	72
6	1.50	0.1500		0.0015		263.57	22.0	83
7	2.30	0.2300		0.0023		263.49	25.6	97
Carga máxima de falla a compresión en KN								25.6
ult. (Esfuerzo último en Mpa.)								97

PROBETA I4								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	300.64	300.64	0.0	0
2	0.50	0.0500		0.0005		300.59	7.0	23
3	0.90	0.0900		0.0009		300.55	12.0	40
4	1.30	0.1300		0.0013		300.51	17.0	57
5	1.70	0.1700		0.0017		300.47	21.0	70
6	2.00	0.2000		0.0020		300.44	26.0	87
7	2.20	0.2200		0.0022		300.42	31.0	103
8	3.00	0.3000		0.0030		300.34	36.2	121
Carga máxima de falla a compresión en KN								36.2
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								121

PROBETA M4								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	289.79	289.79	0.0	0
2	0.60	0.0600		0.0006		289.73	5.0	17
3	1.10	0.1100		0.0011		289.68	10.0	35
4	1.60	0.1600		0.0016		289.63	15.0	52
5	2.00	0.2000		0.0020		289.59	21.0	73
6	2.30	0.2300		0.0023		289.56	27.0	93
7	2.70	0.2700		0.0027		289.52	32.0	111
8	2.90	0.2900		0.0029		289.50	35.0	121
Carga máxima de falla a compresión en KN								35.0
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								121

PROBETA S4								
Lectura N°	$\delta$ cm.	$\Delta H$ mm.	H=L mm.	$\xi$ unitaria $\Delta H/H$	A mm <sup>2</sup>	A corregida mm <sup>2</sup>	Carga (F) KN	$\sigma$ ult. Mpa.
1	0	0.0000	100	0.0000	281.33	281.33	0.0	0
2	0.60	0.0600		0.0006		281.27	4.0	14
3	1.10	0.1100		0.0011		281.22	9.0	32
4	1.50	0.1500		0.0015		281.18	15.0	53
5	1.90	0.1900		0.0019		281.14	20.0	71
6	2.20	0.2200		0.0022		281.11	25.0	89
7	2.50	0.2500		0.0025		281.08	30.0	107
8	2.85	0.2850		0.0029		281.04	33.5	119
Carga máxima de falla a compresión en KN								33.5
out. (Esfuerzo último en Mpa.)								119

### Anexo 9. Resultados detallados ensayo de flexión corregimiento de Matituy.

PROBETA 1									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3500.0	100.0	75.47	12.27	3314883	10329.20	91
2	1.0	85							
3	2.0	177							
4	3.0	308							
5	4.0	457							
6	5.0	603							
7	6.0	789							
8	7.0	925							
9	8.0	990							
10	8.7	1054							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									1054
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									91
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									27252

PROBETA 2									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3600.0	98.3	74.67	11.83	3063860	8722.00	84
2	1.0	161							
3	2.0	222							
4	3.0	308							
5	4.0	432							
6	5.0	521							
7	6.0	612							
8	7.0	698							
9	8.0	795							
10	9.0	854							
11	9.4	890							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									890
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									84
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									25076

PROBETA 3									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3450.0	101.0	76.57	12.23	3427754	9555.00	81
2	1.0	162							
3	2.0	270							
4	3.0	390							
5	4.0	480							
6	5.0	528							
7	6.0	612							
8	7.0	739							
9	8.0	825							
10	9.0	954							
11	9.8	975							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									975
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									81
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									20729

PROBETA 4									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3050.0	83.5	61.00	11.27	1710410	5693.80	71
2	1.0	115							
3	2.0	231							
4	3.0	279							
5	4.0	316							
6	5.0	364							
7	6.0	457							
8	7.0	502							
9	8.0	538							
10	9.0	567							
11	9.5	581							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									581
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									71
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									17644

PROBETA 5									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3350.0	92.3	69.07	11.63	2450858	6125.00	64
2	1.0	102							
3	2.0	161							
4	3.0	247							
5	4.0	322							
6	5.0	410							
7	6.0	480							
8	7.0	542							
9	8.0	584							
10	8.9	625							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									625
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									64
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									18735

PROBETA 6									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	2750.0	75.3	55.73	9.80	1107334	3880.80	61
2	1.0	132							
3	2.0	205							
4	3.0	267							
5	4.0	298							
6	5.0	327							
7	6.0	358							
8	6.4	396							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									396
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									61
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									20211



PROBETA 7									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	2920.0	79.3	57.13	11.10	1421403	5723.20	78
2	1.0	86							
3	2.0	165							
4	3.0	243							
5	4.0	339							
6	5.0	464							
7	6.0	538							
8	6.3	584							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									584
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									78
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									28239

PROBETA 8									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	2600.0	78.0	57.07	10.47	1296380	3792.60	49
2	1.0	84							
3	2.0	149							
4	3.0	209							
5	4.0	281							
6	5.0	336							
7	6.0	370							
8	6.7	387							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									387
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									49
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									13620

PROBETA 9									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	2630.0	80.3	56.87	11.73	1531008	7065.80	81
2	1.0	76							
3	2.0	175							
4	3.0	214							
5	4.0	313							
6	5.0	378							
7	6.0	456							
8	7.0	478							
9	8.0	484							
10	9.0	645							
11	9.2	721							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									721
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									81
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									16195

PROBETA 10									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3000.0	85.0	60.80	12.10	1891610	6497.40	73
2	1.0	164							
3	2.0	242							
4	3.0	316							
5	4.0	484							
6	5.0	558							
7	6.0	613							
8	7.0	648							
9	7.6	663							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									663
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									73
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									21656

PROBETA 11									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3300.0	96.0	72.27	11.87	2830407	7742.00	72
2	1.0	85							
3	2.0	156							
4	3.0	263							
5	4.0	376							
6	5.0	492							
7	6.0	608							
8	7.0	725							
9	8.0	764							
10	8.8	790							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									790
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									72
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									19824

PROBETA 12									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3080.0	84.5	60.63	11.93	1839173	7350.00	87
2	1.0	72							
3	2.0	177							
4	3.0	308							
5	4.0	457							
6	5.0	535							
7	6.0	604							
8	7.0	687							
9	8.0	723							
10	9.0	750							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									750
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									87
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									23025

**Anexo 10.** Resultados detallados ensayo de flexión corregimiento de Tunja Grande.

PROBETA 1									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	2950.0	86.4	62.17	12.13	2006491	7644.00	81
2	1.0	176							
3	2.0	243							
4	3.0	322							
5	4.0	457							
6	5.0	547							
7	6.0	624							
8	7.0	712							
9	8.0	756							
10	8.8	780							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									780
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									81
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									19724

PROBETA 2									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3150.0	93.3	68.60	12.37	2637834	7056.00	66
2	1.0	74							
3	2.0	180							
4	3.0	245							
5	4.0	376							
6	5.0	456							
7	6.0	534							
8	7.0	612							
9	8.0	682							
10	8.7	720							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									720
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									66
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									17055

PROBETA 3									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	D mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3300.0	99.0	74.60	12.20	3195036	9310.00	79
2	1.0	85							
3	2.0	163							
4	3.0	282							
5	4.0	345							
6	5.0	426							
7	6.0	555							
8	7.0	638							
9	8.0	746							
10	9.0	867							
11	9.2	950							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									950
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									79
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									20200

PROBETA 4									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	d mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	2600.0	80.2	58.20	11.00	1467605	7007.00	83
2	1.0	85							
3	2.0	183							
4	3.0	320							
5	4.0	432							
6	5.0	603							
7	6.0	702							
8	7.0	703							
9	8.0	710							
10	8.7	715							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									715
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									83
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									17118

PROBETA 5									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	d mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	2700.0	72.5	54.03	9.23	937772	6664.00	116
2	1.0	70							
3	2.0	112							
4	3.0	145							
5	4.0	227							
6	5.0	302							
7	6.0	470							
8	7.0	560							
9	7.8	680							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									680
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									116
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									31824

PROBETA 6									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	d mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3300.0	92.3	68.23	12.03	2498649	7938.00	81
2	1.0	88							
3	2.0	195							
4	3.0	308							
5	4.0	457							
6	5.0	610							
7	6.0	675							
8	7.0	756							
9	8.0	793							
10	8.4	810							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									810
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									81
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									24121

PROBETA 7									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	d mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3400.0	102.0	77.43	12.27	3541699	9094.40	74
2	1.0	142							
3	2.0	277							
4	3.0	408							
5	4.0	521							
6	5.0	623							
7	6.0	792							
8	7.0	958							
9	8.0	814							
10	9.0	886							
11	9.2	928							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									928
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									74
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									19469

PROBETA 8									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	d mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3250.0	94.6	70.03	12.27	2744918	9457.00	88
2	1.0	165							
3	2.0	287							
4	3.0	405							
5	4.0	514							
6	5.0	678							
7	6.0	808							
8	7.0	954							
9	8.0	903							
10	9.0	940							
11	9.5	965							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									965
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									88
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									22094

PROBETA 9									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	d mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3150.0	91.1	57.33	11.87	2367048	8555.40	86
2	1.0	106							
3	2.0	278							
4	3.0	344							
5	4.0	457							
6	5.0	622							
7	6.0	700							
8	7.0	764							
9	8.0	826							
10	9.0	873							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									873
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									86
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									22276

PROBETA 10									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	d mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	3050.0	86.3	62.53	11.90	1976384	7683.20	85
2	1.0	64							
3	2.0	175							
4	3.0	231							
5	4.0	332							
6	5.0	487							
7	6.0	628							
8	7.0	703							
9	8.0	745							
10	8.6	784							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									784
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									85
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									22761

PROBETA 11									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) kg/f	L mm.	D mm.	d mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	2650.0	78.2	58.23	10.00	1274324	4851.00	66
2	1.0	62							
3	2.0	123							
4	3.0	200							
5	4.0	292							
6	5.0	386							
7	6.0	438							
8	7.0	470							
9	7.2	495							
Carga máxima de falla a Flexión en kg/f									495
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									66
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									17461

PROBETA 12									
Lectura N°	$\delta$ cm.	Carga (F) Kg/f	L mm.	D mm.	d mm.	t mm.	IB mm <sup>4</sup>	F N	$\sigma_{ult.}$ Mpa.
1	0.0	0	2600.0	75.6	55.93	9.83	1123004	4762.80	69
2	1.0	64							
3	2.0	154							
4	3.0	210							
5	4.0	281							
6	5.0	360							
7	6.0	427							
8	7.0	486							
Carga máxima de falla a Flexión en Kg/f									486
$\sigma_{ult.}$ (Resistencia última en Mpa.)									69
E (Módulo de elasticidad en Mpa.)									18898