

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA  
Guadua Angustifolia CON FINES ESTRUCTURALES”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**FRANKLIN DARWIN ANGELES CASTRO**

**ASESOR:**

**Ms. Ing. HÉCTOR ALVARINO PÉREZ LOAYZA**

**CAJAMARCA -- PERÚ**

**2014**

## **AGRADECIMIENTO**

El conocimiento de hoy, comparado al de ayer,  
no es más que una hormiga en una selva de animales salvajes,  
Pero, así como la hormiga trabaja día con día para subsistir,  
así el conocimiento debe crecer en cada uno de nosotros.

Desde la vida hasta la muerte, todo se agradece a Dios,  
el amor se agradece a los padres,  
el cariño a los hermanos,  
la amistad a los amigos,  
la guía a los maestros,  
y la compañía a la pareja.

A todos ellos, por siempre estar conmigo.

## **DEDICATORIA**

**Dios es quien provee y quien suple, a quien todo se debe y para quien todo es.**

**A él, este pequeño trabajo...**

## INDICE O CONTENIDO

1.1	INTRODUCCIÓN.....	14
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1	Definición del problema.....	16
1.2.2	Hipótesis.....	16
1.2.3	Delimitación.....	16
1.2.4	Justificación.....	16
1.3	OBJETIVOS.....	17
1.3.1	Objetivo General.....	17
1.3.2	Objetivo Específico.....	17
2.1	ANTECEDENTES.....	18
2.2	BASE TEÓRICA.....	19
2.2.1	Generalidades de la Guadua Angustifolia [6].....	19
2.2.2	Morfología de la Guadua Angustifolia [6].....	19
a.	Raíces.....	19
b.	Rizoma.....	19
c.	Tallo o Culmo.....	20
d.	Hojas.....	20
e.	Flor.....	20
f.	Semilla.....	20
2.2.3	Cultivo [4].....	20
2.2.4	Zonas de Producción en Perú [7].....	23
2.2.5	Etapas de Corte [8].....	25
2.2.6	Partes de la Guadua y su utilización [8].....	25
2.2.7	Tratamiento y Preservación [9].....	27
a.	Método de la transpiración de las hojas.....	27
b.	Por inmersión.....	28
c.	Método Boucherie simple (por gravedad).....	28
d.	Método Boucherie modificado (por presión).....	29
2.2.8	Antecedentes del Bambú como Material de Construcción [10].....	29
2.2.9	Propiedades Físicas [6].....	30
a.	Antecedentes.....	30
b.	Estados de Madures de Guadua [6].....	32
c.	Caracterización Morfológica de la Guadua Angustifolia Kunth.....	33

d.	Cambios estructurales que ocurren durante los estados de madurez de la Guadua [6]	34
e.	Contenido de humedad [6].....	35
f.	Densidad (Masa por Volumen) [11] .....	35
2.2.10	Propiedades Mecánicas .....	35
a.	Antecedentes [9] .....	35
b.	Resistencia a la flexión [9].....	35
c.	Resistencia a la compresión paralela a la fibra [9] .....	36
d.	Resistencia a la tracción paralela a la fibra [9] .....	37
e.	Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra [9].....	38
f.	Resistencia al corte o cizallamiento paralelo a la fibra [9] .....	38
2.3	DEFINICION DE TERMINOS BASE .....	39
3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	42
3.1.1	UBICACIÓN.....	42
3.1.2	LIMITES .....	42
3.1.3	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	42
3.2	TIEMPO O ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN .....	43
3.3	PROCEDIMIENTO .....	43
3.3.1	Propiedades Físicas .....	43
a.	Contenido de Humedad [12].....	43
a.	Densidad (Masa / Volumen) [12] .....	46
b.	Absorción [12] .....	47
c.	Contracción [12] [14].....	47
3.3.2	Propiedades Mecánicas [6].....	48
a.	Resistencia a la flexión .....	48
b.	Resistencia a la compresión paralela a la fibra .....	52
c.	Resistencia a la tracción paralela y perpendicular a la fibra .....	55
d.	Resistencia al corte o cizallamiento paralelo a la fibra.....	58
e.	Determinación de los valores de los Esfuerzos Admisibles .....	60
3.4	PROPIEDADES FÍSICAS .....	64
3.4.1	Contenido de Humedad .....	64
3.4.2	Densidad .....	65
3.4.3	Absorción .....	65
3.4.4	Contracción .....	65
3.5	PROPIEDADES MECÁNICAS .....	67
3.5.1	Resistencia a la flexión.....	67

3.5.2	Resistencia a la compresión paralela a la fibra .....	69
3.5.3	Resistencia a la tracción paralela a la fibra .....	72
3.5.4	Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra.....	75
4.1	CONCLUSIONES.....	79
4.2	RECOMENDACIONES .....	79
5.1	Anexos tablas.....	80
5.2	Anexos fotos.....	113

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Condiciones de Siembra del Bambú.....	21
Tabla N° 2: Ciclo Biológico del Bambú.....	22
Tabla N° 3: Beneficios de la siembra de Guadua.....	23
Tabla N° 4: Zonas de Producción en Perú.....	23
Tabla N° 5: Clasificación de Partes Comerciales de la Guadua.....	31
Tabla N° 6: Número de Ensayos Realizados.....	61
Tabla N° 7: Resumen de contenido de Humedad.....	64
Tabla N° 8: Cálculo de Densidades Ensayadas.....	65
Tabla N° 9: Tabla de Absorción.....	65
Tabla N° 10: Tabla de valores de contracción promedio.....	66
Tabla N° 11: Esfuerzos admisibles y módulo de Elasticidad.....	67
Tabla N° 12: Contenido de Humedad – Compresión.....	80
Tabla N° 13: Contenido de Humedad - Tracción //.....	80
Tabla N° 14: Contenido de Humedad – Flexión.....	81
Tabla N° 15: Contenido de Humedad – Corte.....	81
Tabla N° 16: Contenido de Humedad – Tracción $\perp$ .....	82
Tabla N° 17: Tabla con medidas para cálculo de Densidades.....	83
Tabla N° 18: Tabla con medidas para cálculo de Densidades.....	84
Tabla N° 19: Tabla Densidad - Estado Natural.....	85
Tabla N° 20: Tabla Densidad - Estado Seco.....	85
Tabla N° 21: Tabla de cálculo de Absorción Finales.....	86
Tabla N° 22: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.....	87
Tabla N° 23: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.....	88
Tabla N° 24: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.....	89
Tabla N° 25: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.....	90
Tabla N° 26: Contracción - Natural a Seco.....	91
Tabla N° 27: Contracción - Natural a Saturado 1° Día.....	91
Tabla N° 28: Contracción – Natural a Saturado 2° Día.....	92
Tabla N° 29: Contracción - Seco a Saturado 1° Día.....	92
Tabla N° 30: Contracción - Sec. a Sat. 2° Día.....	93
Tabla N° 31: Tabla con datos para ensayos a Flexión.....	94
Tabla N° 32: Esfuerzo Admisible - Flexión.....	95
Tabla N° 33: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P1.....	96
Tabla N° 34: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P2.....	96

Tabla N° 35: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P3.....	97
Tabla N° 36: Tabla con datos para ensayos a Compresión.....	99
Tabla N° 37: Esfuerzo Admisible - Compresión.....	100
Tabla N° 38: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N - Compresión.....	101
Tabla N° 39: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N - Compresión.....	102
Tabla N° 40: Tabla con datos para ensayos a Tracción paralelo a la fibra.....	103
Tabla N° 41: Esfuerzo Admisible – Tracción Paralela a la Fibra.....	104
Tabla N° 42: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N -Tracción Paralela a la Fibra.....	105
Tabla N° 43: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N -Tracción Paralela a la Fibra.....	106
Tabla N° 44: Tabla con datos para ensayos a Tracción perpendicular a la fibra.....	107
Tabla N° 45: Esfuerzo Admisible – Tracción Perpendicular a la Fibra.....	108
Tabla N° 46: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N -Tracción Paralela a la Fibra.....	109
Tabla N° 47: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N -Tracción Perpendicular a la Fibra. ...	110
Tabla N° 48: Tabla con datos para ensayos a Corte o cizallamiento.....	111
Tabla N° 49: Esfuerzo Admisible – Corte Paralelo a la Fibra.....	112



## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Mapa Político del Perú .....	24
Figura N° 2: Mapa Político de Cajamarca.....	24
Figura N° 3: Mapa Político de Cajabamba.....	24
Figura N° 4: Uso del Bambú .....	26
Figura N° 5: Método de la transpiración de las hojas. ....	27
Figura N° 6: Método por Inmersión .....	28
Figura N° 7: Método Boucherie .....	28
Figura N° 8: Método Boucherie Modificado.....	29
Figura N° 9: Desarrollo y clasificación de la Guadua Angustifolia.....	31
Figura N° 10: Estado de Madurez de la Guadua Angustifolia Kunth .....	32
Figura N° 11: Identificación Volumétrica del Tallo.....	33
Figura N° 12: Número de Internodos en los Segmentos Basal, Medio y Apical .....	33
Figura N° 13: Variación de diámetros en los Segmentos.....	34
Figura N° 14: Lignificación de las fibras de un culmo de Guadua .....	34
Figura N° 15: Peso de espécimen en estado natural.....	46
Figura N° 16: Especímenes Saturadas durante 24 horas en agua.....	48
Figura N° 17: Maquina de Carga para el ensayo de flexión.....	49
Figura N° 18: Modelo matemático del ensayo de flexión.....	51
Figura N° 19: Cilindro de compresión sin nudo con altura de 2D. ....	53
Figura N° 20: Especímenes Para ensayos de tracción //.....	56
Figura N° 21: Maquina Universal c/especímen para ensayo a tracción perpendicular .....	56
Figura N° 22: Especímen de Guadua para corte en mm. ....	58
Figura N° 23: Acceso especial para ensayos a corte .....	59

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 2: Graf. Esfuerzo vs. Deformación – Flexión.....	67
Gráfico N° 3: Graf. Esfuerzo vs. Deformación – Flexión.....	68
Gráfico N° 4: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Flexión.....	68
Gráfico N° 5: Graf. Esfuerzo vs. Deformación Total - Flexión.....	69
Gráfico N° 6: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Compresión //.....	69
Gráfico N° 7: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Compresión //.....	70
Gráfico N° 8: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total – Compresión //.....	70
Gráfico N° 9: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Compresión //.....	71
Gráfico N° 10: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Compresión //.....	71
Gráfico N° 11: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Compresión //.....	72
Gráfico N° 12: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N - Tracción //.....	72
Gráfico N° 13: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción //.....	73
Gráfico N° 14: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total – Tracción //.....	73
Gráfico N° 15: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción //.....	74
Gráfico N° 16: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Tracción //.....	74
Gráfico N° 17: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Tracción //.....	75
Gráfico N° 18: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción ⊥.....	75
Gráfico N° 19: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción ⊥.....	76
Gráfico N° 20: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total - - Tracción ⊥.....	76
Gráfico N° 21: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Tracción ⊥.....	77
Gráfico N° 22: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N – Tracción ⊥.....	77
Gráfico N° 23: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Tracción ⊥.....	78

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Contenido de humedad .....	45
Ecuación 2: Densidad .....	47
Ecuación 3: Momento de Inercia.....	49
Ecuación 4: Esfuerzo Máximo .....	50
Ecuación 5: Momento Último .....	51
Ecuación 6: Momento de Inercia.....	51
Ecuación 7: Formula de Flexión Máxima en el Centro de la Viga .....	51
Ecuación 8: Módulo de Elasticidad.....	51
Ecuación 9: Esfuerzo Admisible a Flexión .....	52
Ecuación 10: Esfuerzo último a compresión .....	54
Ecuación 11: Esfuerzo Admisible a Compresión .....	54
Ecuación 12: Esfuerzo último en Tracción.....	57
Ecuación 13: Esfuerzo Admisible en Tracción .....	57
Ecuación 14: Esfuerzo máximo de Corte .....	59
Ecuación 15: Esfuerzo Admisible a Corte paralelo .....	60
Ecuación 16: Valor Característico para cada Solicitación de Ensayo .....	61
Ecuación 17: Formula para el Cálculo del Percentil .....	61
Ecuación 18: Formula de la Desviación Estándar .....	62
Ecuación 19: Formula para el cálculo del Promedio .....	62
Ecuación 20: Esfuerzo Admisible en la sollicitación de ensayo. ....	62

## RESUMEN

La presente investigación se basó en el estudio del comportamiento físico y mecánico de la *Guadua Angustifolia*. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo principal evaluar las propiedades físicas y mecánicas, para los esfuerzos de tracción, compresión, flexión y corte, a los que fue sometida la *Guadua Angustifolia* con fines estructurales. Para ensayos físicos, de la *Guadua Angustifolia*, como el contenido de humedad, densidad, absorción y expansión, también para ensayos mecánicos como flexión, compresión paralelo a la fibra, tracción, paralelo y perpendicular a la fibra, y corte o cizallamiento paralelo a la fibra, se empleó la metodología de experimentación - error; considerando algunas condiciones como diámetro máximo de la caña y el empleo de accesorios adicionales para algunos de los ensayos mecánicos. Se procedió a la elaboración de especímenes de diferentes tamaños y modelos dependiendo del diámetro exterior de la caña, las que se evaluaron en diferentes etapas tanto físicas como mecánicas. Se concluyó que la *Guadua Angustifolia* posee buenas características físicas y mecánicas para ser usado como elemento estructural.

### Palabras Clave

*Guadua Angustifolia*, Esfuerzos Admisibles, contenido de humedad, absorción, densidad, contracción, flexión, compresión, corte, tracción paralela y tracción perpendicular.

## **ABSTRACT**

This research was based on the study of the physical and mechanical behavior of the *Guadua angustifolia*. The main objective of this research was to determine the physical and mechanical properties, including the tension, compression, flexion and shear forces, for structural purposes of the *Guada angustifoilia*. In physical properties, of the *Guadua Angustifolia*, such as moisture content, density, absorption and expansion, and the mechanical properties such as flexion, compression parallel to the fiber strength, parallel and perpendicular to the fiber, and cut or shear parallel to the grain, the methodology used consisted in experimentation – mistakes. Some conditions like maximum diameter of the rod and the use of additional accessories were considered in the testing of the mechanical properties. Specimens of different sizes and models were produced depending on the outer diameter of the rod, which were assessed at different stages both physicaly and mechanicaly. It was concluded that the *Guadua angustifolia* has adequate physical and mechanical properties for use as a structural element characteristics.

### **Keywords**

*Guadua Angustifolia* Eligible efforts, moisture content, absorption, density, contraction, bending, compression, cutting, parallel and perpendicular tensile strength.

## CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 INTRODUCCIÓN

La *Guadua Angustifolia* es una planta perteneciente al grupo de las gramíneas, como en el caso del trigo y arroz (plantas que crecen en abundancia como la hierba); y está constituido por: rizoma, tallo o culmo, ramas y hojas.

En el mundo existen alrededor de 1250 especies de Bambú según el estudio de varios botánicos, distribuidos de la siguiente manera: 63% en Asia, 32% en América y 5% en África y Oceanía. Sólo en América existen 440 especies de Bambú, entre ellas se destaca el género Guadua, mismo que abarca 16 especies aproximadamente. De éstas 16 especies, la más destacada es la “*Guadua Angustifolia*”, conocida también como Caña Guayaquil en el Perú y otros países.

La Guadua Angustifolia o caña Guayaquil (nombre vulgar) crece en forma tubular, rápidamente y en abundancia, alcanzando alturas de hasta 25 metros y diámetros que van desde 10, 15 y hasta 20cm según el hábitad donde se encuentren (suelo, clima, etc.). El tiempo que tarda en desarrollarse es de aprox. 4 ó 5 años; siendo relativamente corto si lo comparamos con un árbol, éste tarda por lo menos 5 o 10 veces más.

En el valle de Condebamba – Cajabamba – Cajamarca, existen zonas poco habitables y de bajos recursos donde se emplea el bambú como material para la construcción de viviendas. Los mismos campesinos de esta región, realizan cortes longitudinales a lo largo de la caña rolliza, empleando hachas o hachuelas, transformándola de caña Guadua cilíndrica a plana y rectangular (caña picada) para poder ser usada como paneles.

No solo en nuestro país son conocidas las bondades de este material, sino también en países desarrollados como la China, que desde tiempos antiguos su uso era constante. Actualmente, en este país (China), existen infinidad de productos elaborados a partir de las diversas especies y géneros nativos del lugar. Dichos productos han mejorado la calidad de vida de las personas y se han convertido en productos altamente competitivos en el mercado, tal es el caso de los famosos laminados de bambú, pisos, tejados, entre otros.

En países latinoamericanos como Brasil, Venezuela, Colombia, Ecuador, incluyendo al Perú, y demás países, la *Guadua Angustifolia* se ha convertido en una alternativa ecológica en el área de construcción, empleándose de forma rolliza o tubular (estructura natural) en la edificación de grandes puentes y estructuras; el logro de esto se debe a la alta resistencia y dureza que posee éste material, denominado por algunos “el acero vegetal”.

El presente estudio de investigación se realizó con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de la especie *Guadua Angustifolia*, proveniente de las plantaciones

establecidas en las diferentes zonas del Valle de Condebamba. Es notable la creciente necesidad de utilizar materiales amigables con el medioambiente en la construcción, lo que sitúa a la Guadua Angustifolia en primera línea. Si bien por un lado, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento ha formulado una norma para las edificaciones sismo-resistentes con la Guadua Angustifolia (norma E100) que fue aprobada recientemente por el poder ejecutivo. Esta norma permite al sector formal de la construcción del Perú, contar con un instrumento que permite promover las edificaciones con el uso de la Guadua Angustifolia. Existe una necesidad de socializar la norma en los diferentes sectores y entre actores de la cadena productiva en los diferentes territorios del país.

Por otro lado, los aspectos relacionados con el análisis y el diseño de estructuras de Guadua Angustifolia, sometidas a cargas no han sido generalizados a nivel profesional, y mucho menos, a nivel de la formación universitaria. En general, podría decirse que el estudio para determinar propiedades físicas y mecánicas no ha sido un tema suficientemente tratado, con excepción de algunos esfuerzos aislados de las facultades de ingeniería civil. Es indispensable capacitar a los futuros profesionales de la construcción en cálculos estructurales con Guadua Angustifolia, de manera que este recurso natural pueda ser aprovechado en su totalidad.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Definición del problema**

En vista a la gran creciente del uso del Bambú como elemento estructural (vigas, columnas y otros), debido a su bajo costo y facilidad de adquisición, se ha comenzado a realizar muchas construcciones como viviendas unifamiliares, casuchas, chozas, etc., de uno (1) y hasta (2) pisos, en diferentes zonas de nuestro país como lo son en la costa, selva y pocas zonas de la sierra.

Lo poco que se conoce de este material, como elemento estructural, es debido a estudios y ensayos realizados en otros países como es Brasil, Japón y otros, más en nuestro país, dicho estudio, es muy escaso.

Lo que conlleva a preguntarnos si dicho material *¿Posee la Guadua Angustifolia una resistencia adecuada para que sirva como elemento estructural?*

### **1.2.2 Hipótesis**

“La Guadua Angustifolia (Bambú) posee características, físicas y mecánicas, favorables para ser utilizado como material estructural”

### **1.2.3 Delimitación**

El presente proyecto tiene como finalidad realizar un estudio de las propiedades Físicas y Mecánicas (Compresión, Tracción y Corte) de la Guadua Angustifolia (Bambú) perteneciente a la Región de Cajamarca; el cual se espera sirva, como base referencial y como fuente bibliográfica para futuros estudios referentes al Bambú en la construcción, a alumnos, docentes y personas de la industria de la construcción, que pertenezcan a la carrera de Ingeniería Civil y/o carreras afines, interesadas en el tema.

### **1.2.4 Justificación**

El presente proyecto se presenta con el motivo de analizar y estudiar las propiedades del Bambú, debido a que recientemente se está usando con mayor intensidad en lo que respecta a la construcción de viviendas caceras.



## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Evaluar las propiedades físicas y mecánicas, para los esfuerzos de tracción, compresión, flexión y corte, a los que será sometido la Guadua Angustifolia con fines estructurales.

### **1.3.2 Objetivo Específico**

- Determinar las propiedades físicas como el contenido de humedad, densidad, absorción y expansión de la Guadua Angustifolia.
- Determinar las propiedades mecánicas como flexión, tracción, compresión y corte de la Guadua Angustifolia.
- Contribuir a la normalización de los diferentes ensayos de resistencia física y mecánica a los que será sometido el Bambú.

## **CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES**

Se ha realizado diferentes estudios a lo largo de nuestra historia sobre lo que es el Bambú en diferentes partes del mundo, en especial en Japón, Colombia, Venezuela, Brasil, etc., y en Perú se está realizando recientemente algunos estudios, y aquí describiremos algunos de los realizados en Perú y en otros países vecinos, los que sirven como base para desarrollar este proyecto.

- Gutiérrez Aliaga [1], en su proyecto de Tesis “Uniones Estructurales con Bambú”, en la Universidad Nacional de Ingeniería en Perú, realizó un estudio de elementos estructurales con Bambú y luego los sometió a ensayos mecánicos de resistencia, donde logró alcanzar valores promedios de resistencia y esfuerzos admisibles; dando a concluir que en las uniones con Bambú la resistencia varía dependiendo del tipo de unión que se realice.
- Pantoja Trujillo y Acuña Jiménez [2], en su proyecto de Tesis “Resistencia al Corte Paralelo a la Fibra de la Guadua Angustifolia”, en la Universidad Nacional de Colombia en Colombia, realizó un estudio donde logró alcanzar valores promedio a la resistencia del corte paralelo a la fibra en el Bambú; concluyendo en que una debilidad del Bambú es la resistencia al corte paralelo, debido a la baja resistencia que posee.
- De Navas Gutiérrez [3], en su proyecto de Fin de Carrera “Aplicaciones Estructurales de la Guadua”, en la Universidad Politécnica de Madrid en España, realizó un estudio con Bambú en el que buscaba un diseño de Estructuras Modulares Multifuncionales en la localidad de Neiva Colombia, las que también sometió a ensayos sísmicos de resistencia; concluyendo en que la Guadua es material que puede ser usado en diferentes elementos estructurales, por sus características mecánicas.
- Orosco Calcin [4], en su proyecto de Tesis “El Bambú como Material Alternativo en la Construcción Arquitectónica”, en la Universidad de los Andes en Mérida – Venezuela, hizo un estudio de las bondades del Bambú en la construcción con lo cual concluyó que este material se ampara en 3 pilares básicos: Respeto al medio ambiente, bajo costo y los bienes que brinda al ser humano.
- Docentes y Estudiantes [5], en su Estudio “La Heurística de las Estructuras de Bambú: Principios y Criterios de Diseño”, de la Universidad Nacional de Tucumán en Argentina, se encargaron de estudiar y analizar una forma práctica de hacer diseños con

Bambú, concluyendo que el Bambú cuenta con optimas características para el diseño de diversas estructuras, apoyado en su resistencia y forma.

## **2.2 BASE TEÓRICA**

### **2.2.1 Generalidades de la Guadua Angustifolia [6]**

La Guadua es una planta leñosa arborescente que pertenece a la familia Poaceae y a la Tribu Bambuseae, En 1820 el botánico Kunth constituyó este género incluyendo la palabra Guadua con el que los indígenas de Ecuador y Colombia se referían a este Bambú.

En el mundo existen alrededor de 1500 especies de bambú entre leños y herbáceos que se distribuyen en Asia 63%, en América 32%, en Oceanía y África 5%.

La forma de llamarlas a las especies de Guadua Angustifolia es diferente en toda América, en Ecuador se la llama caña, en Perú marona o taca, en Bolivia tacuarembó, en Argentina tacuara, en Brasil taboca, en Paraguay Tacuaracu en Venezuela Guafa y en Colombia Guadura.

La Guadua Angustifolia, como planta está conformada de su respectiva estructura y sistemas de ejes vegetativos segmentados y formados por nudos y entre nudos, contiene rizoma tallo o culmo, ramas y hojas. (Ver Imagen N° 1)

### **2.2.2 Morfología de la Guadua Angustifolia [6]**

#### **a. Raíces**

Dependiendo el suelo en que se encuentre, su grosor es de 5 milímetros y alcanza profundidades de hasta 1.50 metros, parte de ellas se profundizan, las demás se extienden en forma horizontal.

#### **b. Rizoma**

A parte de ser el órgano almacenador de nutrientes es el elemento apto para la propagación sexual.

La forma más segura y efectiva para el cultivo de la Guadua es por medio de rizomas completos, de uno o más años de edad, que aún no tengan yemas desarrolladas.

Por lo general el primer brote aparece a los 30 días de sembrado. (Ver Imagen N° 2)

**c. Tallo o Culmo**

Su forma es cilíndrica con entrenudos huecos llamados canutos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le dan mayor rigidez, flexibilidad y **resistencia**.

Los tallos están formados por fibras longitudinales, que según su especie se diferencian, en su diámetro, altura y su forma de crecimiento. La altura puede llegar hasta 40 m y el diámetro va de 8 a 18 cm en promedio. (Ver Imagen N° 3)

**d. Hojas**

Su color es verde especial, de forma lanceolada y lisas (angostas y largas), inconfundibles en la distancia y de fácil reconocimiento.

Las hojas al caer aportan de biomasa al suelo (4Kg. / metros cuadrado / año), transfiriendo nutrientes al suelo y demás plántulas que las rodean.

Existen otras hojas en la Guadua denominadas Caulinares, estas cubren el tallo desde su nacimiento hasta su madurez, son de color café y provistas de pelusillas como sistemas de defensa. (Ver Imagen N° 4)

**e. Flor**

Es muy pequeña, de color violáceo o rosáceo, su color depende del tipo de suelo donde esta plantada, su vida es muy corta dura aproximadamente 48 horas y está ubicada en las partes terminales de las ramas superiores y en el primer tercio de la espiga. (Ver Imagen N° 4)

**f. Semilla**

Se parece a un grano de arroz, de coloración blancuzca muy clara en su interior y de café muy claro en su exterior de 5 a 8 milímetros de largo y 3 milímetros de espesor.

**2.2.3 Cultivo [4]**

Se desarrolla desde San Ángel en México hasta el sur de Argentina, exceptuando Chile y las Islas del Caribe, la Guadua crece en toda 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 nuestro país 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, y después de ella durante la colonia.

Brasil tiene 141 especies, Colombia 72 especies, Venezuela 60 especies, Ecuador 44 especies, Costa Rica 39 especies, México Colombia, Ecuador y Panamá son los países en América que registran mayor tradición de uso de este material, 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 cafetera colombiana se construyeron cerca de 100 poblaciones completas con bareque, según lo indica Lucy Amparo Bastidas y Edgar Flores, miembros de la Sociedad Colombiana de Bambú.

Este uso tradicional de siglos en la construcción, o su empleo en la elaboración de artesanías o papel en Brasil, u otros menos comunes como la fabricación de pisos y molduras realizado únicamente por los orientales, tiene su razón de ser en las enormes propiedades y ventajas que ofrece la especie.

<b>CONDICIONES DE SIEMBRA</b>	
<b>Donde Sembrar</b>	
Altitud	400 a 2. 000 m.s.n.m.
Temperatura	18°C a 22°C.
Precipitación	Superior a 1300 milímetros por año.
Humedad Relativa	80%.
Suelos	Areno-limosos, arcillosos, sueltos profundos, bien drenados y fértiles.
<b>Como Sembrar</b>	
Distancia de Siembra	5 X 5 metros.
Plateo	1.5 metros.
Hoyo	40 X 40 centímetros.

*Tabla N° 1: Condiciones de Siembra del Bambú*

Encontrada en su estado natural en Colombia, Venezuela y Ecuador es introducida con éxito en Algunos países de Centro América, el Caribe y Asia esta especie es el tercer más grande bambú del mundo superado únicamente por dos especies Asiáticas. Alcanza 30 metros de Altura y 22 centímetros de diámetro.

Además tiene una velocidad alta de crecimiento, aproximadamente 10 centímetros de altura por día y se dice que en solo 6 meses logra su altura total.

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

*Tabla N° 2: Ciclo Biológico del Bambú*

En el Perú la Guadua representa una enorme riqueza ambiental, ya que es un importante fijador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 17 toneladas métricas / hectárea / año, la producción de oxígeno y captación de carbono tiene un aporte de biomasa de 35 toneladas métricas / hectárea / año, su madera no libera a la atmósfera el gas retenido después de ser transformada en elemento o ser usada en construcción, ya que éste queda fijo en las obras realizadas con ella. Esta característica llama la atención en los países industrializados porque según el protocolo de Kyoto, se debe disminuir la emisión de gases de efecto invernadero entre el 2008 y el 2012. Estos países ven al bambú como una alternativa que ayudaría a resolver un inquietante problema global y que daría a costos más bajos comparados con otros procesos tecnológicos más complejos.

<b>Beneficios de la Siembra de la Guadua</b>	
a)	La conversión de tierras en uso o en proceso de deterioro al uso económico de la reforestación con esta especie.
b)	La conservación del medio ambiente mediante el control de la erosión.
c)	Impacto en el régimen hidrológico y condiciones climáticas y la regulación de la cantidad de agua para consumo humano.

d)	Mejoramiento de la situación socioeconómica y la calidad de vida de las comunidades en el área de influencia del proyecto.
e)	Rescate y fortalecimiento de la cultura de la Guadua

*Tabla N° 3: Beneficios de la siembra de Guadua*

El bambú evita el movimiento de tierras en taludes y zonas frágiles, también es un regulador y protector de cuencas hídricas, de allí que su siembra resulte ideal en áreas propensas a deslizamientos, derrumbes, erosión y remociones. Además es una gran fuente de reserva de agua de hasta 30.000 litros / hectárea / año.

#### **2.2.4 Zonas de Producción en Perú [7]**

El estudio realizado a nivel de los departamentos del Perú, con especial énfasis en las áreas naturales protegidas a nivel nacional, y sus zonas de amortiguamiento, aun cuando en algunos casos de interés especial, también se evaluaron localidades que estaban fuera de ese ámbito.

Se ha dividido al Perú en 9 zonas, las cuales se detallan en el cuadro siguiente, en cada una de las zonas se evaluó la información bibliográfica existente, análisis de la información geográfica satelital, las zonas son las siguientes:

	<b>Zonas Evaluadas</b>	<b>Departamentos</b>
<b>I</b>	Zona Noroeste	Tumbes y Piura
<b>II</b>	Zona Nororiental	Cajamarca, Amazonas y San Martín
<b>III</b>	Zona Norte	Lambayeque y la Libertad
<b>IV</b>	Zona Centro	Ancash y Lima
<b>V</b>	Zona Centro Oriental	Huánuco, Pasco y Junín
<b>VI</b>	Zona Oriental	Loreto y Ucayali
<b>VII</b>	Zona Sur	Ica, Huancavelica y Ayacucho
<b>VIII</b>	Zona Suroriental	Madre de Dios, Cusco, Apurímac y Puno
<b>IX</b>	Zona Sureste	Arequipa, Moquegua y Tacna

*Tabla N° 4: Zonas de Producción en Perú*



Figura N° 1: Mapa Político del Perú



Figura N° 2: Mapa Político de Cajamarca

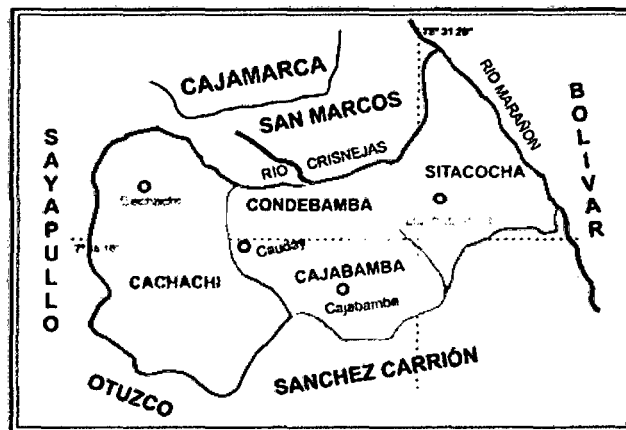


Figura N° 3: Mapa Político de Cajabamba



### **2.2.5 Etapas de Corte [8]**

Las varas de Bambú deben cortarse por encima del primer nudo del tallo, a nivel del suelo; se recomienda hacerlo anualmente después de los tres a cinco años de plantados (según la especie) con el fin de mantener activa la planta. Se reconoce cuando el Bambú empieza a madurar porque tiende a perder brillo y su coloración normal. Al momento de cortarse éste no debe tener rizomas nuevos ni tallos en crecimiento.

En los culmos que no se cortan periódicamente los rizomas se vuelven improductivos, pero también los Bambúes que se cortan periódicamente y totalmente pierden su vigor. Para evitar esta situación, las plantas deben quedar por lo menos con un 25% de sus varas en pie.

El cultivador de Bambú tiene que determinar la edad del corte teniendo en cuenta el uso y la producción de la especie. Si se cortan tallos demasiado jóvenes, la nueva brotación será mayor, pero los tallos serán pequeños; por otro lado, si se cortan tallos demasiado viejos, los nuevos tallos serán largos pero en reducido número. Esto puede variar de acuerdo con el manejo de la plantación en cuanto al uso de fertilizantes y control de malezas, reduciéndose la cosecha hasta en un año.

La variabilidad de calidad y cantidad de brotes de Bambú hace que el propietario de plantaciones deba tener cuidados especiales en el corte. Por esta razón, y con el fin de obtener el máximo rendimiento posible, en cantidad y en calidad de los tallos, en un cultivo o bosque de Bambú debe tener en cuenta: el ciclo de corte, el que está determinado por la madurez del tallo, la máxima madurez y la extensión del área que se va a explotar; la intensidad de corte, lo que se refiere al número de tallos a cortar en cada intervención y el método para hacer el corte.

En ocasiones se realizan cortes forzados y estos se presentan en algunas Guaduas jóvenes, cuando éstas han sido atacadas por insectos y hongos habrá que remover cuando se cuente con tallos viejos y deteriorados. Una vez cortados hay que protegerlos de los insectos xilófagos como el *dinoderus minutus*, que atraídos por el almidón que se encuentra depositado en su fibra, estos construyen largas galerías a lo largo de la misma dejándola inservible.

### **2.2.6 Partes de la Guadua y su utilización [8]**

Hay especies muy dinámicas cuya frecuencia de brotación y velocidad de crecimiento, les permite producir diferentes estados y estructuras de su biomasa en muy corto tiempo. En las especies que son aptas para la alimentación se cortan los brotes tiernos antes de 30 días. Este periodo también puede aprovecharse para producir varas deformadas, para

uso decorativo empleando formalestas o moldes. Cuando las varas alcanzan de 6 meses a 1 año de edad, se empelan en la elaboración de canastos, esteras, carteras, paneles, pajilla y otros tipos de tejidos. Entre los 2 y 3 años las varas se utilizan principalmente en la elaboración de esterilla y cable. Después de los 3 años se empelan en la construcción de estructuras y en la fabricación de pulpa y papel. (Figura N° 5)

Cuando se utiliza como alimento, se diversifica enormemente el potencial de uso del tallo de Bambú. El primer uso es muy rudimentario como tubería de conducción de agua, o varilla de construcción, o poste, o para construir casi cualquier parte de una casa, o conformar parte de sus utensilios.

El segundo uso es ya menos rudimentario y está constituido por su transformación en una forma artesanal a mobiliarios, utensilios, artículos decorativos y manualidades. Todos estos usos van a depender de cada especie y de la edad del tallo, gracias a los diferentes grados de dureza, flexibilidad y resistencia que el bambú va adquiriendo a medida que transcurre la primera etapa de su maduración o sazónamiento. En las especies comerciales, esto ocurre entre los 2 y 4 años de edad del bambú. Después de los 6 años, la resistencia del bambú comienza a declinar a medida que el tallo se va secando y su rizoma se vuelve improductivo.



Figura N° 4: Uso del Bambú

### 2.2.7 Tratamiento y Preservación [9]

El problema más grande que presentan las estructuras que tienen Guadua es el de la preservación, pues son muy susceptibles al ataque de insectos, la humedad y el sol. Para estos problemas hay varios tipos de solución dependiendo de la utilización de la Guadua o los agentes a los que se va a ver expuesta.

Para preservar la Guadua del ataque de insectos y hongos se trata con productos químicos insecticidas y funguicidas. De acuerdo al medio de disolución de los preservantes se identifican dos grupos diferentes: los Oleosolubles como creosota alquitranada, aceite de antraceno, soluciones de cerosota, etc, y los Hidrosolubles que son sales disueltas en agua y entre sus ingredientes activos están el cloruro de zinc, el dicromato de sodio, el bórax, el ácido bórico entre otros.

Para realizar la inmunización existen diferentes métodos como son el aprovechamiento de la transpiración de las hojas, por inmersión, por el método Boucherie simple o por el método Boucherie modificado.

#### a. Método de la transpiración de las hojas

Una vez que se realiza el corte, aprovechando el método del curado en la mata, se coloca el tallo en posición vertical y se cambia la piedra por un recipiente que contenga un preservativo (5% de DDT y talco), en el cual se deja sumergido un extremo del tallo, dicho preservativo es absorbido hacia arriba por la transpiración de las hojas; se mantiene durante el tiempo de curado.

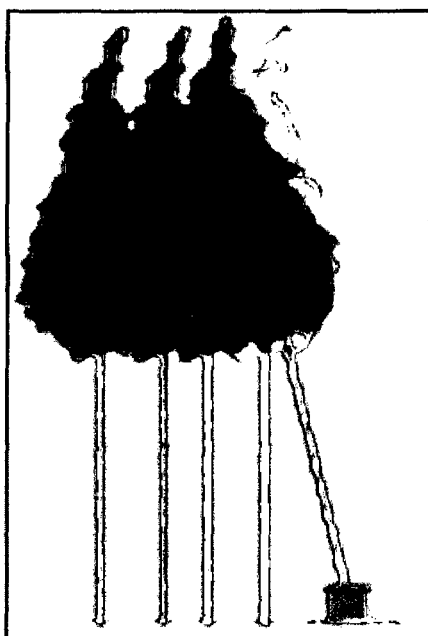


Figura N° 5: Método de la transpiración de las hojas.

**b. Por inmersión**

Como su nombre lo indica, se sumergen los tallos cortados por un tiempo mayor a 12 horas, en un tanque con una solución que contenga los productos químicos preservativos a ser utilizados en el tratamiento. Para que la Guadua quede totalmente cubierta con el preservativo, se colocan piedras grandes en los extremos para que permanezca sumergida.



Figura N° 6: Método por Inmersión

**c. Método Boucherie simple (por gravedad)**

Consiste en llenar el entrenudo superior con preservante, dejando el tallo en posición vertical hasta que el químico baje a lo largo de las paredes, ya que por acción de la gravedad empuja y desplaza la sabia ocupando su lugar.

También uno de los extremos puede conectarse a un tubo de caucho que conduce el preservativo de un tanque ubicado a una altura mayor, hacia el tallo de la Guadua. Es un método que puede demorarse varios días de acuerdo con las dimensiones del tallo, por lo cual es poco usado a escala comercial.

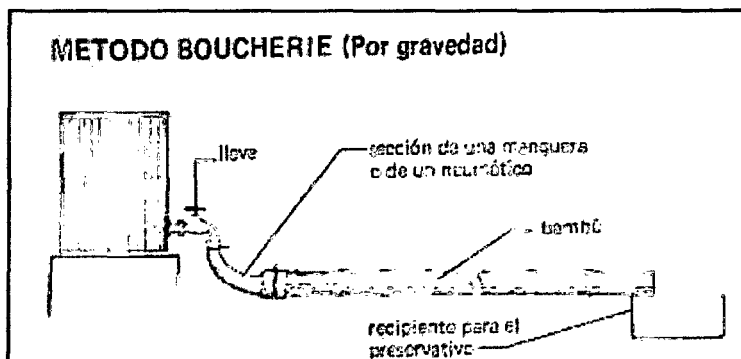


Figura N° 7: Método Boucherie

#### d. Método Boucherie modificado (por presión)

Es similar al método simple, se diferencia porque el tanque trabaja a presión. Este método es mucho más rápido (se requieren pocas horas para culminar el proceso) y efectivo, pues hay una mayor penetración y absorción del preservativo; además se pueden tratar varias Guaduas al tiempo.

El uso de preservativos y productos químicos aplicados en forma externa sobre la superficie de la Guadua con brocha, no es muy recomendable, debido a que no existe una adecuada penetración hacia el interior del tallo, además se puede lavar fácilmente con la lluvia si queda la Guadua expuesta a la intemperie.

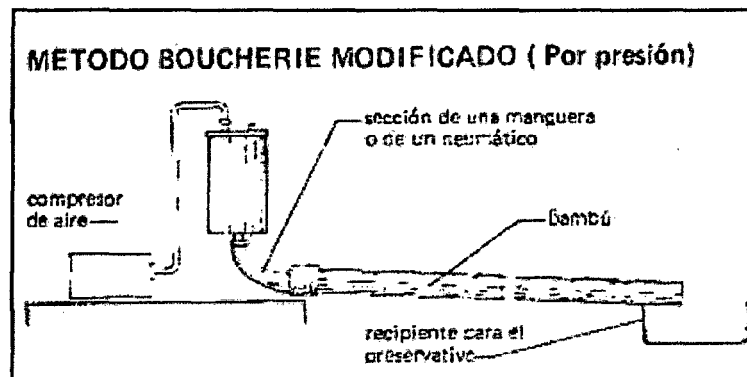


Figura N° 8: Método Boucherie Modificado

#### 2.2.8 Antecedentes del Bambú como Material de Construcción [10]

Desde hace mucho tiempo, el bambú ha sido útil a la sociedad en diversas formas: como alimentación, producción de etanol, alcohol, celulosa, en la fabricación del papel-carbón, en la preparación de medicinas, “sumideros” de carbono, control de erosión, en la confección de vestidos, en una variedad de canastas, mobiliario, utensilios, embarcaciones (lanchas y botes), etc. Para lo cual existe una vasta información por medios escritos, medios audiovisuales y electrónicos, especialmente en los países asiáticos.

En relación al continente americano existe muy poca información literaria técnico-científica sobre la utilización tradicional del bambú como material de construcción de viviendas. Las pocas referencias solo se obtienen en algunas revistas relacionadas con la cultura China o en forma sarcástica y despectiva a través de película de cine “Tarzan en el África”, donde presentaban las imágenes de unos negros en que huían despavoridos cuando los leones de un solo zarpazo destruían sus humildes chozas hechas de bambú\*(7). En cambio cuando se empiezan a difundir las primeras películas

chinas de artes marciales, se pueden observar grandes templos, mansiones y hermosas viviendas hechas de bambú.

De esta comparación podemos identificar dos concepciones opuestas: mientras en América se consideraba al bambú de uso para las viviendas de los pobres, en el continente asiático eran para los ricos.

Recién al término del siglo XX, ante la destrucción masiva de viviendas por causa de los fenómenos naturales, y por esa “valentía“, digámoslo así de resistir a esos embates protegiendo la vida humana, al bambú se le da el valor que se merece; gracias a la labor de muchos artesanos, investigadores, arquitectos e ingenieros.

### **2.2.9 Propiedades Físicas [6]**

#### **a. Antecedentes**

La Guadua Angustifolia crece desde el sur de México hasta el noroeste Argentino, siendo una de las especies de bambú que desarrollan mayor diámetro, espesor y resistencia, por lo que tiene un importante valor económico. Ocupa diferentes habitats, sin embargo es frecuente observarla en las orillas de los ríos, quebradas y valles interandinos donde se forman grandes sociedades naturales llamadas Guadales.

La Guadua está conformada por varias partes comerciales que se detallaran a continuación cada una con diferentes características técnicas que se traducen en aplicaciones para la construcción, artesanías, producción de muebles, latas, láminas y pisos.

Estudios recientes indican que la densidad puede variar desde 3000 a 8000 tallos de Guadua por hectárea (Londoño 1998; CVC, 2000), lo que reporta aprovechamientos que van mínimo de 360 hasta un máximo 960 Guaduas por hectárea, teniendo en cuenta que los aprovechamientos se deben realizar con un año de por medio para garantizar el equilibrio natural de desarrollo óptimo, para así maximizar beneficios en términos ambientales y comerciales.

Una vez cortados se los clasifica en partes comerciales como se los muestra en la figura.

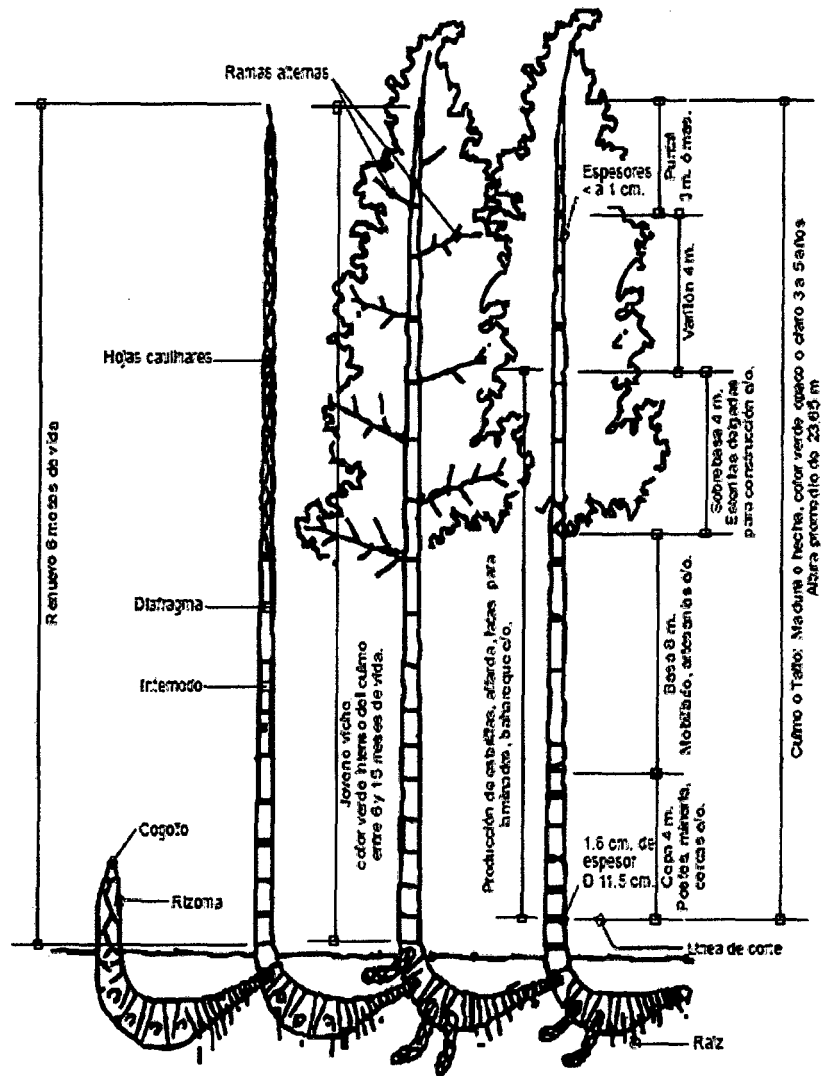


Figura N° 9: Desarrollo y clasificación de la Guadua Angustifolia

PARTE COMERCIAL	DESCRIPCIÓN
<b>Cepa</b>	Sección que posee el mayor diámetro, se encuentra en la parte inferior del tallo, sus longitudes más comunes van de 2.50 a 3.0 metros.
<b>Basa</b>	Esta pieza puede tener una longitud entre 4.0 a 8.0 metros.
<b>Sobrebase</b>	Longitudes de hasta 4.0 metros.
<b>Varillón</b>	Corresponde a la parte terminal de la Guadua y su diámetro es menor, alcanza longitudes de 4.0 metros.

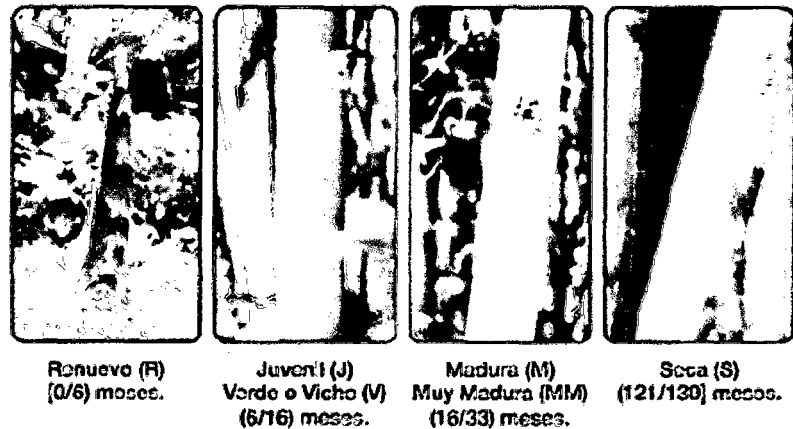
Tabla N° 5: Clasificación de Partes Comerciales de la Guadua.

El Bambú utilizado en los ensayos fueron obtenidos de sembríos caseros realizados en el Valle de Condebamba – Cajabamba – Cajamarca.

Las muestras fueron curadas en la mata (In Situ).

**b. Estados de Madures de Guadua [6]**

Se caracterizan por su rápido crecimiento, cualidad que se muestra en todas las plantas monocotiledóneas. La Guadua Angustifolia alcanza su altura definitiva entre los 6 y 7 meses de vida, esta crece a razón de 21 centímetros por día y alcanza su madurez entre los 3 y 5 años de vida (Castaño 1985, Londoño 1992). A través de su ciclo vital, en la Guadua se identifican cuatro estados de madurez como se muestra a continuación.



Tiempo de vida promedio: 11 años ó 130 meses. (Valle del Cauca)

Figura N° 10: Estado de Madurez de la Guadua Angustifolia Kunth

En algunas regiones como el valle del Cauca Colombia el estado madura (M) se suele subdividir en adulta (A) y muy madura (MM), y el estado seca (S), y seca partida (SP). En cada una de estas etapas, las Guaduas toman una coloración distintiva. El Renuevo (Hijuelo) es de color verde intenso y sus nudos son blancos, la madura (M) es de color grisáceo por la presencia de líquenes en su corteza (entre más líquenes tenga, más dura esta), por último, la Guadua se toma de color amarillo en su estado seco (S) por que se encuentra en estado de envejecimiento o degradación.

Los estados ideales para el uso industrial de la Guadua son el maduro (M) y el muy maduro (MM), en los cuales la planta ha adquirido su mayor consistencia. A medida que se torna amarilla, la planta pierde tal consistencia. En el mercado de maderas, las Guaduas comerciales de mayor demanda son las maduras, mientras que las secas tienen menor salida. La Guadua tiene un ciclo de vida promedio de once años, que, sin embargo, puede variar según las condiciones del sitio (humedad,



suelo etc.); puede haber plantas con un ciclo de vida corto (cuatro años) y otras con un ciclo de vida más prolongado (superior a once años).

**c. Caracterización Morfológica de la Guadua Angustifolia Kunth**

Geoméricamente a la Guadua se la representa como un cono truncado ahuecado, cruzado por secciones transversales llamadas diafragmas como se muestra en la siguiente figura:

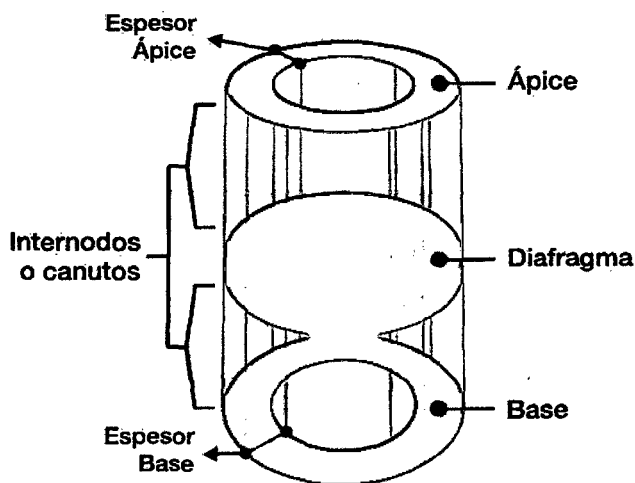
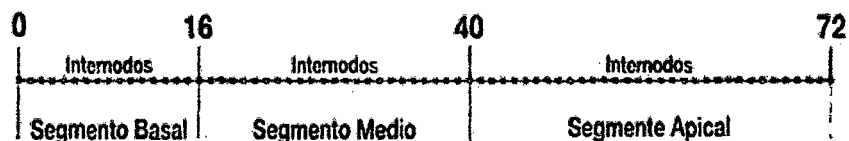


Figura N° 11: Identificación Volumétrica del Tallo

El culmo o tallo de la Guadua se divide en tres segmentos; basal, medio y apical y el número de internodos a lo largo del tallo, se distribuyen como se muestra a continuación:



Segmento	No. Internodos
Basal	16
Medio	24
Apical	32
Tallos	72

Figura N° 12: Número de Internodos en los Segmentos Basal, Medio y Apical

Mojica, Gonzáles 2005 determinaron que el diámetro a nivel de la base es de 11,50 centímetros en la parte media de 11.05 centímetros y en el apical (parte terminal de la Guadua), es de 5.84 centímetros. A continuación se representan gráficamente estos datos:

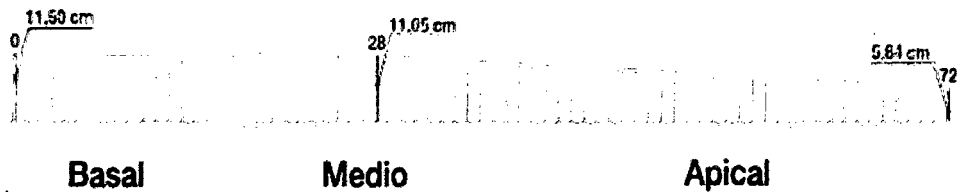


Figura N° 13: Variación de diámetros en los Segmentos

Cabe destacar que cada segmento Basal, Medio y Apical esta aproximadamente en una longitud de 10 metros cada uno, dando un total de 30 metros en promedio de la Guadua.

**d. Cambios estructurales que ocurren durante los estados de madurez de la Guadua [6]**

Liese y Weiner 1996; Murphy y Alvin 1997, determinaron que durante los primeros años el tallo sufre un proceso de maduración. Se cambian algunas estructuras, por ende, las propiedades y los fines para el que son empleados. El tallo de un año de edad (inmaduro), tiene paredes celulares delgadas de fibras y parénquima, con el más bajo volumen de lignina. Las células no contienen almidón. Durante los años siguientes, se ve que las fibras y las células de parénquima aumentan su espesor a través de la de posición de laminillas adicionales y una lignificación consecutiva como se muestra en la siguiente figura:



Figura N° 14: Lignificación de las fibras de un culmo de Guadua

El engrosamiento de las paredes de las fibras puede seguir, incluso, después de los 10 años. Además el envejecimiento natural de tallos afecta la eficacia funcional. Según estudios realizados en 1987 indican que la composición cambia significativamente entre los culmos de 1 y 7 años de edad.

**e. Contenido de humedad [6]**

La humedad, es una propiedad física indispensable de ser analizada ya que el comportamiento mecánico de la Guadua depende del grado de humedad de la muestra. La humedad del tallo de Guadua disminuye con la altura y con la edad. La humedad cambia con las época del año, si hay lluvia hay mayor humedad; y menos durante los tiempos de sequía.

La contracción del tallo en su longitud se puede pasar por alto; pero la contracción del diámetro puede ser del 5 hasta el 15%, cuando se disminuye la humedad del tronco, (del 70% hasta el 20%). Esta contracción es importante considerando el uso en hormigón armado. La contracción de troncos verdes o jóvenes es mayor que en los troncos maduros; estos últimos tiene buena resistencia a la tracción y flexión. Además, el incremento de la resistencia a la presión está en relación con la disminución de la humedad, en forma parecida al proceso de endurecimiento de la madera.

**f. Densidad (Masa por Volumen) [11]**

Propiedad de una muestra igual a su masa por unidad de volumen, la densidad de la Guadua se expresa en g/cm<sup>3</sup>.

### **2.2.10 Propiedades Mecánicas**

**a. Antecedentes [9]**

La propuesta de normas internacionales para ensayos de bambú INBAR STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO, especifican para los ensayos parámetros que a partir del año 1999 se estandarizaron para sacar resultados confiables y que se puedan evaluar de mejor manera las propiedades de la Guadua por que anteriormente se hacían investigaciones pero sin un manual o una guía que los lleve a dicho estudio por tal razón en nuestro trabajo nos hemos visto en la necesidad de hacerlo de forma técnica y responsable.

**b. Resistencia a la flexión [9]**

Se recomienda hacer ensayos para Guadua con luces cortas (<1.50m), intermedias (1.50m-2.00m) y largas (>2.00m). Esto debido a que la Guadua solicitada a flexión presenta tres tipos de fallas:

Falla por corte, cuando la luz de la Guadua es menor de 1.50m; falla por flexión en luces intermedias y falla por deflexión en luces largas.

En proyectos anteriores, en la realización de ensayos a flexión para Guaduas cortas, se presentó aplastamiento en los apoyos. Por lo tanto, en este proyecto se decidió amarrar los extremos del elemento para poder ver la verdadera falla de las Guaduas cortas; encontrando que fue una buena solución.

Debido a la concentración de esfuerzos se presentó también aplastamiento donde se encontraban los dispositivos de carga, por este motivo se optó por cargar en los tabiques y no como se hizo al inicio de los ensayos que era a  $L/3$ .

La norma INBAR recomienda para el ensayo a flexión un método de carga concerniente en dividir la fuerza que genera la máquina en dos partes por medio de una viga rígida, que a su vez transmite a cuatro caballetes ubicados sobre los nudos cercanos a los tercios de la luz. Estos dispositivos de carga (caballetes) al igual que los apoyos permiten el giro de los especímenes.

Los apoyos son similares a los dispositivos de carga permitiendo un desplazamiento horizontal para lograr el contacto con el culmo únicamente en los nudos. En este proyecto se consideró que el método de la INBAR era válido sólo para culmos que fallaran por deflexión debido a que no se puede asegurar en el montaje un mismo número de puntos de apoyo y puntos de carga tal como al inicio del ensayo debido a la curvatura generada en el espécimen.

**c. Resistencia a la compresión paralela a la fibra [9]**

Para el desarrollo de este proyecto se ensayaron especímenes cilíndricas de altura igual a dos veces el diámetro promedio exterior (con y sin nudo en la mitad), las cuales fallaron en su totalidad por aplastamiento (columna corta) sin presentarse astillamiento en los extremos de los cilindros u otro tipo de falla.

También, se ha tratado de calcular el módulo de elasticidad a compresión paralela a la fibra de la Guadua utilizando deformímetros mecánicos (no se han utilizado deformímetros eléctricos debido a su costo). Para tal fin, se ha calculado la deformación del material igual al acortamiento de la luz entre platos de la máquina. Estos procedimientos no han tenido en cuenta el efecto de confinamiento que generan los platos de carga, por lo cual no muestran el verdadero comportamiento del material. Para evitar las anteriores complicaciones se recomienda utilizar anillos de soporte para el deformímetro mecánico, apoyándose en el espécimen evitando medir la deformación cerca a los bordes.

En caso de utilizar los anillos de soporte para el deformímetro (collarines) se recomienda utilizar cilindros con altura aproximadamente igual a dos veces su diámetro exterior, por comodidad de manejo.

En el proceso de corte de los cilindros existe la probabilidad de generar:

- ✓ Grietas en los extremos del espécimen.
- ✓ Caras no paralelas.
- ✓ Caras no planas.

En dado caso se recomienda eliminar la muestra para el ensayo por posibilitar la falla a compresión o inducir otro tipo de falla distinta a la de compresión paralela a la fibra.

En cuanto a la existencia de nudos en el espécimen de acuerdo a la bibliografía y a lo experimentado en este proyecto no se observa una marcada diferencia en la resistencia última a compresión de especímenes con o sin nudo.

Finalmente y de acuerdo a lo expuesto anteriormente se determinó que el espécimen para el ensayo de compresión debe tener una altura igual a dos veces el diámetro externo, con y sin nudo en la mitad.

#### **d. Resistencia a la tracción paralela a la fibra [9]**

La Guadua es conocida actualmente como el “Acero vegetal” debido a su alto desempeño a la tracción paralela a la fibra.

Los especímenes utilizados para la determinación de la resistencia a la tracción han tratado de imitar las pruebas realizadas en la madera.

Para garantizar la falla por tracción se recomienda que el espécimen posea nudo en el centro. El espécimen se debe ensayar por lo menos con un nudo debido a que la resistencia es menor. Las fibras no tienen continuidad en estos puntos y algunas fibras continúan longitudinalmente a lo largo del culmo mientras que otras pasan a constituir parte de los nudos (canutos).

Se recomienda que los especímenes sean limpiados de líquenes y cualquier otro material que puedan contribuir a un posible deslizamiento.

**e. Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra [9]**

De la resistencia a la tracción perpendicular a la fibra no se ha encontrado información escrita acerca de los ensayos realizados elaborados para encontrar esta propiedad hasta el desarrollo de esta investigación.

Es importante recordar que las estructuras en Guadua fallan muchas veces por este fenómeno, por lo que se intentó montar un ensayo que estuviera en capacidad de generar este tipo de falla.

La Guadua se caracteriza por su forma circular, que en un alto porcentaje de su sección se aproxima a una circunferencia. Gracias a ello, se debe elaborar semicilindros en madera de diferentes radios que logran transmitir la carga aproximadamente en toda la superficie interna de un espécimen circular.

Además con una longitud del cilindro (sin nudo) de 15 centímetros se garantiza que el diámetro del espécimen sea aproximadamente constante permitiendo un mayor contacto entre los semicilindros macizos y las paredes interiores de la Guadua.

**f. Resistencia al corte o cizallamiento paralelo a la fibra [9]**

Para el desarrollo de este ensayo simplemente se reprodujo el ensayo diseñado por la norma "INBAR: Determination of Physical and Mechanical Properties of Bamboo". Salvo que en este proyecto se especifica con claridad las dimensiones del dispositivo de ensayo y su montaje.

Es importante tener en cuenta que el material, a pesar que puede fallar por corte paralelo a la fibra, podría estar sometido al mismo tiempo a compresión, dando como resultado un valor erróneo de resistencia al corte debido a que no siempre se garantiza la verticalidad de la fibra. Por lo cual se debe prever que los dispositivos de carga estén correctamente colocados y con las dimensiones especificadas según lo propuesto en este proyecto.

Es de gran importancia la tolerancia entre las platinas en los puntos de posible traslape, se debe garantizar la tolerancia mínima de 3 mm que recomienda las normas INBAR en su capítulo 7.1.

Además de lo anterior se considera finalmente que el método de ensayo será más eficiente si se asegura únicamente un plano de falla.

## 2.3 DEFINICION DE TERMINOS BASE

- ✓ **Anisotropía** — Propiedad de ciertos materiales que, como la madera, presentan características diferentes según la dirección que se considere.
- ✓ **Aserrado** — Proceso mediante el cual se corta longitudinalmente una troza, para obtener piezas de madera de sección transversal cuadrada o rectangular denominadas comúnmente bloque o tablones. El aserrado se realiza mediante sierras circulares, sierras de cinta u hojas de sierra.
- ✓ **Cargar** — Aplicar fuerzas a una estructura. Apilar madera en una cámara de secado.
- ✓ **Coefficientes de modificación** — Son los coeficientes por los cuales se debe afectar a los esfuerzos admisibles y a los módulos admisibles de elasticidad longitudinal para tener en cuenta las condiciones de uso particular de un elemento o componente estructural, y así obtener los valores modificados que pueden ser usados en el diseño estructural.
- ✓ **Contracción** — Reducción de las dimensiones de una pieza de madera causada por la disminución del contenido de humedad por debajo de la zona de saturación de las fibras, que se presenta en los sentidos radial, tangencial y longitudinal.
- ✓ **Dimensiones reales** — Son aquellas que presentan las piezas después de las operaciones de maquinado.
- ✓ **Distancia al extremo** — Distancia del centro de un elemento de unión (conector) a la arista extrema de una pieza.
- ✓ **Distancia al borde** — Distancia del centro de un elemento de unión (conector) a una arista lateral de la pieza.
- ✓ **Ductilidad por desplazamiento** — Relación entre el desplazamiento correspondiente al esfuerzo de rotura del material y el desplazamiento correspondiente al esfuerzo de fluencia del material.
- ✓ **Elemento dúctil** — Es un elemento que tiene capacidad de deformación en el rango inelástico.
- ✓ **Esfuerzos admisibles para diseño** — Son los esfuerzos de flexión, tensión, compresión paralela, compresión perpendicular, corte y módulo de elasticidad longitudinal, que resisten los elementos de madera, referenciados.
- ✓ **Esfuerzos admisibles modificados para diseño** — Es el esfuerzo resultante de multiplicar los esfuerzos de referencia para diseño por los coeficientes de modificación aplicables. Es el esfuerzo que debe ser usado para realizar el diseño estructural y para revisar los criterios de aceptación.

- ✓ **Esfuerzo calculado** — Es el esfuerzo resultante de las solicitudes de servicio.
- ✓ **Fibra** — Célula alargada con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas; típica de las maderas latifoliadas.
- ✓ **Grupo** — Clasificación de las maderas de acuerdo a su módulo de elasticidad y a su conjunto de esfuerzos.
- ✓ **Hinchamiento** — Aumento de las dimensiones de una pieza causada por el incremento de su contenido de humedad.
- ✓ **Labrado** — Es la operación realizada en la madera para reducirla al estado o forma conveniente para su uso.
- ✓ **Madera tratada** — Es aquella sometida a un proceso de secado y preservación.
- ✓ **Módulo de elasticidad longitudinal admisible** — Módulo de elasticidad de un elemento de madera medido en la dirección paralela al grano, multiplicado por los coeficientes de modificación que lo afecten.
- ✓ **Módulo de elasticidad mínimo longitudinal admisible** — Es el anterior módulo, llevado al quinto percentil, a flexión pura y finalmente afectado por un factor de seguridad.
- ✓ **Precortado** — Se refiere a la obtención de piezas o elementos de madera con determinadas características, tales como cortes, perforaciones, etc., las que serán luego utilizadas en obra.
- ✓ **Preservación** — Tratamiento que consiste en aplicar sustancias capaces de prevenir o contrarrestar la acción de alguno o varios tipos de organismos que destruyen o afectan la integridad de la madera. Generalmente estos tratamientos son efectivos por lapsos más o menos largos, dependiendo de su calidad.
- ✓ **Preservante** — Sustancia que se aplica para prevenir o contrarrestar por un período de tiempo, la acción de alguno o varios de los tipos de organismos capaces de destruir o afectar la madera.
- ✓ **Secado** — Proceso natural o artificial mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera.
- ✓ **Sección** — Perfil o figura que resulta de cortar una pieza o cuerpo cualquiera por un plano.
- ✓ **Sección longitudinal** — Aquella sección que resulta de cortar una madera en sentido paralelo a las fibras.
- ✓ **Sección radial** — Corte longitudinal de un tronco en dirección perpendicular a los anillos de crecimiento.



- ✓ **Sección tangencial** - Corte longitudinal de un tronco tangente a los anillos de crecimiento.
- ✓ **Sección transversal** — Aquella sección que resulta de cortar una madera en sentido perpendicular a las fibras.
- ✓ **Sistema estructural de resistencia sísmica** — Es el sistema estructural de resistencia a cargas laterales específicamente diseñado y detallado para resistir fuerzas sísmicas a través de la disipación de energía en el rango inelástico.
- ✓ **Solicitación** — Fuerza interna (fuerza axial, fuerza cortante y momento flector) que actúa en una sección determinada de un elemento o componente estructural. También se entenderá, como los esfuerzos asociados a cada una de las fuerzas internas que actúan en una sección determinada de un elemento o componente estructural, y que se calculan a partir de la teoría de la elasticidad.
- ✓ **Solicitación admisible** — Fuerza interna calculada con base en los esfuerzos admisibles y las leyes de la mecánica estructural para una sección dada.
- ✓ **Solicitación controlada por deformación** — Se denominan solicitaciones controladas por deformación a aquellas solicitaciones como momentos, cortantes o fuerzas axiales calculadas a partir del análisis estructural, para las cuales se diseña y detalla específicamente un elemento o un componente que proporciona ductilidad al sistema estructural.
- ✓ **Solicitación controlada por fuerza** — Se denominan solicitaciones controladas por fuerza a aquellas solicitaciones como momentos, cortantes o fuerzas axiales para las cuales se diseñan los componentes del sistema estructural de los que se espera un comportamiento frágil o de limitada ductilidad.
- ✓ **Subsistema estructural** — La porción de un sistema estructural que cumple una función específica en la resistencia de cargas y en la transmisión de las mismas a otro elemento, componente, sub-sistema estructural, o a la cimentación.
- ✓ **Tenacidad** — Cualidad que le permite a la madera experimentar considerables cambios de forma antes de romperse, con fractura generalmente astillada.

## **CAPITULO 3. MATERIALES Y METODOS**

### **3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

#### **3.1.1 UBICACIÓN**

La ciudad de Cajamarca está situada en la parte Norte Andina del País, entre los paralelos 4° 30' y 7° 45' de Latitud Sur y los Meridianos 77° 30' de Longitud Oeste de Greenwich [6].

#### **3.1.2 LIMITES**

Por el Norte límite internacional con Ecuador sobre la cordillera Campanquiz; por el este Punto sobre el río Marañón a 1,5 km. al norte de la desembocadura del río Chusgón; por el sur Punto en C s/n cota 3,761 entre la divisoria de aguas del río Llama y Qda. Chagón; oeste Línea de Cumbre del C Carrampón y a 3 km. Al Sur del río de la Leche [7].

#### **3.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA**

✓ **Altura**

Se encuentra una altura de 2,720 m.s.n.m tomando como referencia la plaza de armas de la ciudad [7].

✓ **Topografía del Terreno**

Cajamarca es el departamento de la sierra peruana más plano y de menor altitud de la cordillera de los Andes a su paso por el país, aunque en los valles yungas tanto costeros como fluviales presentan abismos de hasta 600 metros de profundidad, tiene 17 valles extensos y amplios, además sólo escasos cerros que llegan a 4.000 msnm o algo más, entre ellos el cerro Rumi Rumi (4.496 msnm) en la provincia de Cajabamba, que rara vez se encuentra cubierto sino de escarcha o de granizo, mas no de nieve. Altura mínima pueblos de Nanchoc y La Florida 420 y 455 msnm respectivamente (ambos en la provincia de San Miguel de Pallaques). Además de las suaves pendientes, Cajamarca aporta con la mayor cuenca hidrográfica del país al servicio de la ganadería y agricultura, cuyas aguas vierten al río Marañón hacia el oriente y hacia el océano Pacífico al occidente [8].

✓ **Vías de Acceso**

Cajamarca se encuentra a una distancia de 850 Km. de la ciudad de Lima a través de la carretera Panamericana Norte, a unas 18 horas de viaje en bus. De otro lado existe un aeropuerto “Mayor Gral. FAP Armando Revoredo Iglesias” localizado en el distrito de Baños del Inca, el que recibe vuelos diarios desde nuestra capital [9].

✓ **Clima y Temperatura**

Cajamarca por su altitud se encuentra en la región Quechua (entre 2.300-3.500 msnm) lo que determina que su clima sea templado, seco; soleado durante el día, pero frío durante la noche. Su temperatura media anual es de 15,6 °C, siendo época de lluvias de diciembre a marzo, que coinciden con el cíclico fenómeno de El Niño, típico del norte tropical peruano. Sin embargo, en sus diferentes regiones, algunas ciudades tienen clima tropical. Además la proximidad tanto hacia la costa como hacia la selva, sin mencionar su cercanía a la Línea Ecuatorial, la hacen tener el mejor clima de los departamentos de la Sierra Peruana. No tiene picos nevados, pero cuenta con bosques subtropicales húmedos hacia la vertiente oriental, subtropical y tropical secos hacia la vertiente occidental, siendo el departamento de la sierra con mayor índice de forestación [9].

### **3.2 TIEMPO O ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se realizó en la época de Otoño e Invierno, durante los meses de Diciembre hasta Abril.

### **3.3 PROCEDIMIENTO**

#### **3.3.1 Propiedades Físicas**

##### **a. Contenido de Humedad [12]**

La Guadua como cualquier otro material de origen orgánico presenta condiciones particulares dependiendo su contenido de humedad, empezando por la diferencia de resistencia a las diferentes sollicitaciones mecánicas que puede llegar a experimentar a lo largo de su vida útil en una estructura. La determinación del contenido de humedad (CH) de la Guadua Angustifolia como material de construcción es fundamental antes de su utilización en cualquier proyecto, ya que de allí depende uno de los principales parámetros normativos para el diseño; se trata

de los coeficientes de modificación por contenido de humedad que afecta de manera negativa, a partir de un CH superior al 12%, los esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad, dependiendo el esfuerzo que sea sometido un miembro. [13]

El presente Capítulo da a conocer los resultados obtenidos de las pruebas realizadas para determinar el contenido de humedad (CH) de trecientas doce (312) muestras provenientes de los especímenes de los diferentes ensayos mecánicos realizados en esta investigación. Se debe aclarar que para esta investigación todas los especímenes seleccionados para ensayar, antes de su respectivo ensayo, fueron sumergidas con dos o tres semanas de anterioridad en agua (ver Capítulo 3 “Preliminares”, Sub Capítulo 3.3 “Obtención de especímenes”) esto con el fin de permitir primero la saturación del material y así obtener datos conservadores de resistencia, y segundo para obtener una comparación entre el contenido de humedad (CH) y la resistencia última ( $\sigma_{ult}$ ) determinando tendencias según cada tipo de ensayo.

Se debe comprender que la Guadua una vez ha sido aprovechada comienza a perder agua a través de la evaporación, y tiende a secarse hasta alcanzar un contenido de humedad de equilibrio con su entorno o lugar donde es transportada una vez aprovechada; o que si el secado es mecánico y se logra bajar el contenido de humedad de la Guadua por debajo del 12%, esta podrá ganar humedad si el sitio de disposición final tiene una humedad relativa del ambiente muy alta acompañada de una temperatura baja. Es decir, la Guadua al igual que la madera expuesta a condiciones ambientales, desde el instante en que es aprovechada, empieza a perder o ganar humedad hasta llegar a un equilibrio con el ambiente.

#### ✓ **Objetivo**

La determinación de pérdida de peso, o masa de la pieza de bambú en prueba secada a la masa constante. Los cálculos en la pérdida de la masa se expresan como un porcentaje de la masa de la pieza en prueba después del secado.

#### ✓ **Equipo**

1. Balanza con una precisión de 0.1 gramos
2. Horno eléctrico.

### ✓ **Preparación del espécimen de prueba**

Las piezas de prueba para la determinación del contenido de humedad deben ser preparadas inmediatamente después de cada prueba mecánica. El número de especímenes debe ser igual al número de ensayos tanto para las evaluaciones físicas y mecánicas.

La forma del espécimen debe ser como un prisma aproximadamente de 25 milímetros de ancho y 25 milímetros de alto y tan grueso como el grosor de las paredes.

Las piezas en prueba deben ser tomadas cerca del lugar de la falla o almacenadas bajo condiciones las cuales aseguren que los contenidos de humedad permanezcan sin cambio.

### ✓ **Procedimiento**

- Las piezas en prueba se pesaron con una aproximación de 0,1 gramos y luego secados en un horno a una temperatura de  $101$  a  $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
- Después de 24 horas la masa debe ser analizada y verificada para sacar los pesos respectivos.
- El secado debe considerarse completo transcurrido el tiempo señalado.

### ✓ **Cálculo de resultados**

El contenido de humedad de cada pieza en prueba se calculó como la pérdida de masa, expresada como un porcentaje de la masa seca en el horno, de acuerdo a la siguiente formula:

$$CH = \frac{(P_1 - P_2)}{P_2} * 100$$

*Ecuación 1: Contenido de humedad*

Donde:

$CH$  = Contenido de humedad.

$P_1$  = Peso de la muestra en estado natural.

$P_2$  = Peso de la muestra seca al horno.

El contenido de humedad se calculó con una confiabilidad de 1 a 10%. La media aritmética de los resultados obtenidos de las piezas en pruebas individuales debe

ser reportada como el valor medio del contenido de humedad de las piezas de Guadua en prueba.

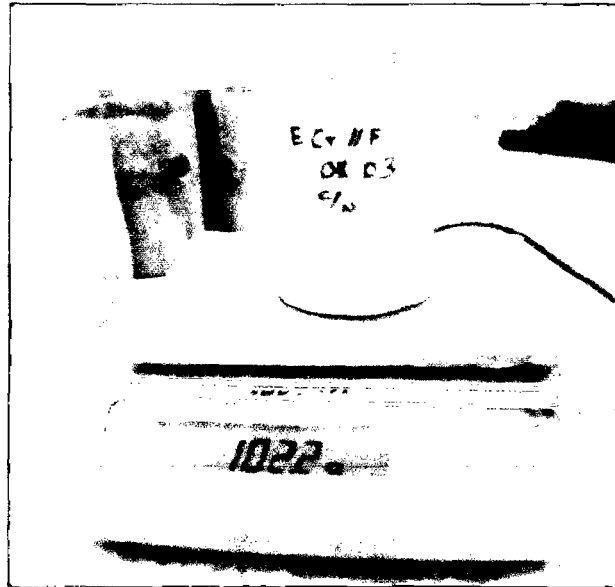


Figura N° 15: Peso de espécimen en estado natural.

**a. Densidad (Masa / Volumen) [12]**

✓ **Objetivo**

"La masa por el volumen" es el nombre moderno de densidad la cual se expresa como la masa dividida para su volumen.

✓ **Equipo**

Se necesitaron instrumentos capaces para determinar las dimensiones de las Guadua de prueba a una aproximación de 0,1 milímetros. Una balanza capaz de pesar con una precisión de 0.1 gramos.

✓ **Preparación de las Piezas**

Las piezas fueron preparadas al igual que en el contenido de humedad, o se lo puede realizar desde un corte completo transversal del culmo.

Para la determinación de la densidad, también es permitido preparar la pieza en prueba de toda la sección de corte cruzada de un tronco, en vista de que el volumen puede ser medido fácilmente.

✓ **Procedimiento**

Se midieron las dimensiones de las piezas en prueba a lo más cercano a 0,1 milímetros y calcular el volumen, o determinar el volumen por un método adecuado (inmersión en mercurio) a una confiabilidad de 10 milímetros cúbicos. Se lo realiza en condiciones tiernas o inmaduras durante la prueba con lo cual se determinara el volumen.

Determinar la masa de las piezas a una confiabilidad de 0,1 gramos.

✓ **Cálculo y expresiones de resultados.**

La densidad de cada pieza es dada por la siguiente formula:

$$\rho = \left(\frac{m}{V}\right) \times 10^6$$

*Ecuación 2: Densidad*

Donde:

$\rho$  = Masa por el volumen en  $\frac{Kg}{m^3}$

$m$  = Masa de la pieza en gramos.

$V$  = Volumen pieza en  $mm^3$

$10^6$  =Factor de corrección de unidades.

**b. Absorción [12]**

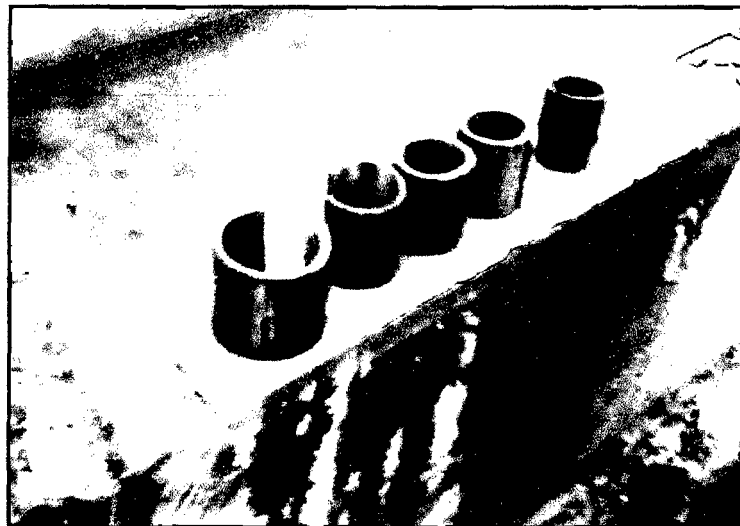
La caña Guadua tiene una humedad de equilibrio del 20% y fácilmente adquiere agua, ya que es un material higroscópico, estando fácilmente expuesta a la proliferación de hongos y demás organismos que crecen en medio acuoso, por ejemplo hongos, tales como el verde penicillium, malta y otros, que pueden removerse fácilmente de la superficie de la caña una vez seco.

**c. Contracción [12] [14]**

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

La contracción es mayor en la altura que en la parte interna, originando tensiones por desecación que agrietan y alabea la Guadua.

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



*Figura N° 16: Especímenes saturados durante 24 horas en agua*

### **3.3.2 Propiedades Mecánicas [6]**

#### **a. Resistencia a la flexión**

##### **✓ Objetivo**

La determinación de:

- El esfuerzo de flexión en troncos de bambú con dos puntos de carga.
- La determinación de la curva esfuerzo deformación.
- El módulo de elasticidad del tronco de Guadua.

##### **✓ Equipo**

Una máquina para el ensayo de flexión capaz de medir carga lo más cercano al 1% y la deflexión lo más cercano a milímetros.

Un mecanismo capaz de asegurar la flexión de un tronco de bambú aplicando una carga media entre los centros de soporte de la carga.



La prueba debe ser una prueba de flexión de 4 puntos dos de aplicación de las cargas y dos de los apoyos.

La carga debe ser dividida en mitades por medio de una viga apropiada, para evitar la ruptura del tronco de bambú en los puntos de aplicación de la carga y en las reacciones en los apoyos deben ser aplicadas en los nudos con ayuda de dispositivos que permitan rotar libremente.

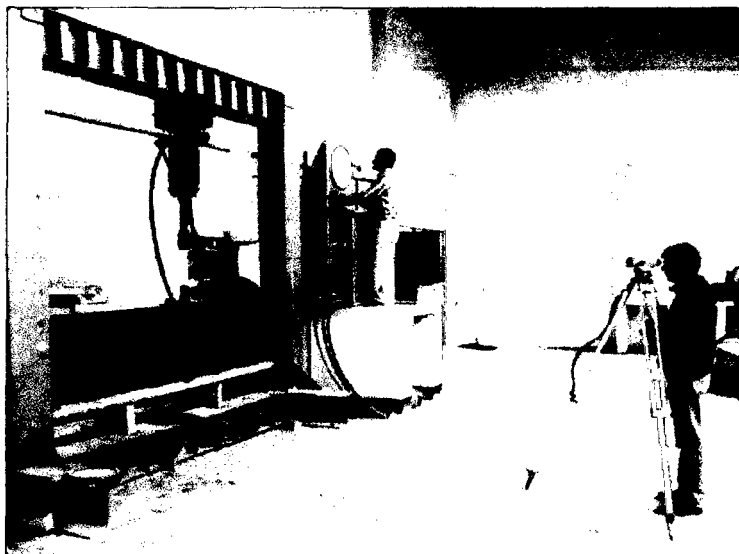


Figura N° 17: Máquina de Carga para el ensayo de flexión.

✓ **Preparación de los especímenes de prueba**

Los troncos deben estar sin ningún defecto visible, con el propósito de obtener la deflexión real, además deberá poseer una distancia libre entre apoyos de  $30 \cdot D$  donde  $D$  es el diámetro externo de la Guadua para alcanzar la flexión pura.

✓ **Procedimiento**

Determine el valor de medio de  $D$  diámetro externo de la Guadua y el espesor de las paredes  $d$  diámetro interno para encontrar el valor del momento de inercia con la siguiente formula:

$$I = \left(\frac{\pi}{64}\right) * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

*Ecuación 3: Momento de Inercia*

Donde:

$I =$  Momento de inercia en  $mm^4$

$\pi = 3.1416$

$D = \text{Diámetro externo de la guadúa}$

$d = \text{Diámetro interno de la guadúa}$

$t = \text{Espesor de la guadúa } D - d$

Poner el tronco de Guadua en el lugar de la máquina de flexión y que se apoyen en los dos extremos permitiendo que el tronco encuentre su posición. Luego ponga los dispositivos de madera y la viga la cual divide a la carga en la parte superior del tronco de bambú y permita que nuevamente se ubique en la mejor posición y alineado al tronco de bambú en un plano vertical.

La carga sobre el tronco de bambú debe ser constante a una confiabilidad de 1% esto quiere decir que se vaya tomando rangos de carga para ir midiendo la deformación producida a esa carga esta tasa puede ser a 0.05 milímetros/segundo y ver la carga máxima a la cual falla la Guadua.

Después de la prueba vuelva a medir  $D$  el diámetro externo y el diámetro interno. Determine el contenido de humedad que debe estar alrededor del 30%

#### ✓ **Calculo y expresión de resultados**

El esfuerzo último de flexión estática es calculado de la siguiente manera:

$$\sigma_{ult} = \frac{M_{ult} * c}{I}$$

*Ecuación 4: Esfuerzo Máximo*

Donde:

$\sigma_{ult} = \text{Esfuerzo máximo de flexión Mpa}$

$c = \text{centro de gravedad que esta a } \frac{D}{2} \text{ en mm}$

$I = \text{Momento de inercia en mm}^4$

$M_{ult} = \text{Momento ultimo de flexión en N * mm}$

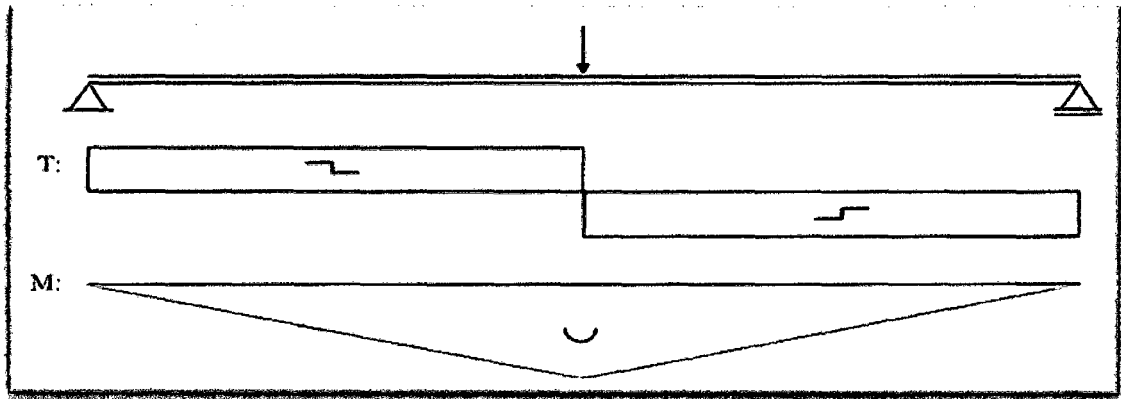


Figura N° 18: Modelo matemático del ensayo de flexión.

$$M_{ult} = \frac{F_{ult} * L}{4}$$

Ecuación 5: Momento Último

Donde:

$L$  = Distancia entre apoyos en mm

$F_{ult}$  = Fuerza ultima aplicada en N

$$I = \left(\frac{\pi}{64}\right) * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

Ecuación 6: Momento de Inercia

Para el módulo de elasticidad o módulo de Young es dado por la parte lineal del diagrama de esfuerzo deformación el módulo de elasticidad E es calculado con la siguiente formula:

$$\delta_{max} = \frac{F * L^3}{48EI}$$

Ecuación 7: Formula de Flexión Máxima en el Centro de la Viga

Despejando:

$$E = \frac{F * L^3}{48 * I * \delta_{max}}$$

Ecuación 8: Módulo de Elasticidad

Donde:

$E$  = Módulo de elasticidad en MPa

$F$  = Fuerza máxima en N

$L$  = Distancia libre entre apoyos en mm

$I$  = Momento de inercia en  $\text{mm}^4$

$\delta_{max}$  = Deformación máxima en mm

✓ **Determinación del Valor del Esfuerzo Admisible**

El esfuerzo admisible para el ensayo a flexión (F), tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3 “factores de reducción” en relación con cada tipo de esfuerzo. [13]

$$F_F = \frac{FC}{F_S \times FDC} \times f_{kF}$$

*Ecuación 9: Esfuerzo Admisible a Flexión*

En donde:

$F_F$  = Esfuerzo admisible en la sollicitación del ensayo a flexión.

$F_{kF}$  = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación a flexión.

$FC$  = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:

- 1.0

$F_S$  = Factor de Seguridad:

- 2.0

$FDC$  = Factor de duración de carga:

- 1.5

$F$  = Subíndice para la sollicitación del ensayo a flexión.

**b. Resistencia a la compresión paralela a la fibra**

✓ **Objetivo**

La determinación de:

- El esfuerzo último de compresión
- El módulo de elasticidad nominal

✓ **Equipo**

La prueba se llevara a cabo en una máquina de prueba adecuada, donde por lo menos exista un engranaje semiesférico para obtener la distribución homogénea de la carga sobre los terminales de la muestra.

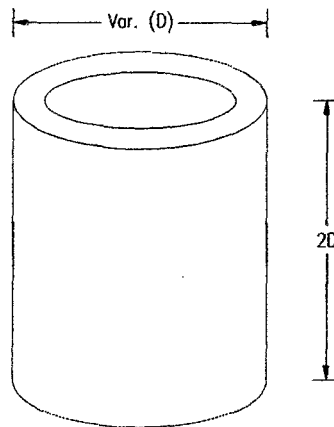


Figura N° 19: Cilindro de compresión sin nudo con altura de 2D.

#### ✓ Preparación de los especímenes de prueba

Las muestras deben ser tomadas de la parte baja, media y alta de cada tronco de bambú.

La compresión de pruebas paralelas al eje deben ser realizadas en muestras sin nódulos esto quiere decir sin nudos y la longitud debe ser tomada igual al diámetro exterior, sin embargo si esta es 20 milímetros o menos, la altura debe ser 2 veces el diámetro externo.

Los planos terminales del espécimen deben estar perfectamente al ángulo del equipo. Además los planos terminales deben ser planos con una desviación máxima de 0,02 milímetros.

Para determinar el módulo de elasticidad E se debe colocar un deformímetro calibrado a 0,01 milímetros para tomar las lecturas a cargas iguales y constantes que son dispuestas por el investigador.

#### ✓ Procedimiento

La muestra debe ser puesta de tal manera que el centro de el cabezal coincida con el centro de la sección transversal del espécimen y una carga pequeña no más de 1KN.

La carga debe ser aplicada continuamente durante la prueba para provocar que la cabeza móvil de la maquina este a una velocidad constante de 0,01 milímetros/segundo. El deformímetro debe ser leído de tal forma que se tenga un número considerable de lecturas para poder trazar la gráfica de esfuerzo

deformación y de ahí sacar el valor del módulo de elasticidad que será determinado de la misma grafica trazada. Se deberá saber cuál fue la lectura final de la carga para tener de referencia y determinada nuevamente.

✓ **Cálculo y expresión de resultados**

El esfuerzo de compresión máxima debe ser calculado con la siguiente fórmula:

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

*Ecuación 10: Esfuerzo último a compresión*

Donde:

$\sigma_{ult}$  = Esfuerzo último de compresión en MPa

$F_{ult}$  = Cargar Máxima en N

$A$  = Área promedio transversal en mm<sup>2</sup>

El módulo de elasticidad E debe ser calculado del promedio de lecturas del deformímetro como una relación lineal entre el esfuerzo de compresión y la deformación al 20 y 80% de la carga máxima.

✓ **Determinación del Valor del Esfuerzo Admisible**

El esfuerzo admisible para el ensayo de compresión paralelo a la fibra (C), tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3 “factores de reducción” en relación con cada tipo de esfuerzo.

$$F_c = \frac{FC}{F_s \times FDC} \times f_{kc}$$

*Ecuación 11: Esfuerzo Admisible a Compresión*

En donde:

$F_c$  = Esfuerzo admisible en la sollicitación ensayo a compresión paralelo a la fibra.

$F_{kc}$  = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación a compresión paralelo a la fibra.

FC = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:

- 1.0

F<sub>s</sub> = Factor de Seguridad:

- 1.5

FDC = Factor de duración de carga:

- 1.2

C = Subíndice para la sollicitación del ensayo a compresión.

### c. Resistencia a la tracción paralela y perpendicular a la fibra

#### ✓ Objetivo

La determinación del esfuerzo último de tensión paralela a la fibra por la aplicación de aumento gradual de carga al tronco de prueba de bambú.

#### ✓ Equipo

Las mordazas de la máquina de tensión debe asegurar que la carga sea aplicada a lo largo del eje longitudinal de la pieza de prueba y debe prevenir el giro longitudinal. Las mordazas deben presionar perpendicular a las fibras y en dirección radial.

La carga debe ser aplicada continuamente a través de toda la prueba a una velocidad de los cabezales de 0.01 milímetros/segundo.

La carga debe ser medida al 1%.

Las dimensiones de corte deben ser medidas a una precisión de 0.1 milímetros.

#### ✓ Preparación de los especímenes de prueba

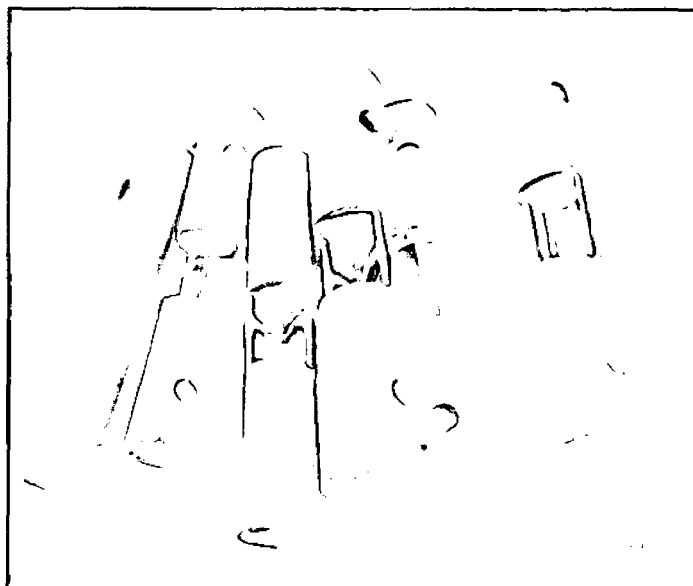
Los especímenes deben ser tomados de la parte basal media y superior de cada tronco de Guadua.

Las pruebas de tensión paralela a la fibra deben ser realizadas con muestras con un nódulo, la cual debe estar en la sección de agarre. Esta limitación es válida en el caso de evaluar para propósitos comerciales. En el caso de investigaciones científicas uno es libre de determinar lo contrario.

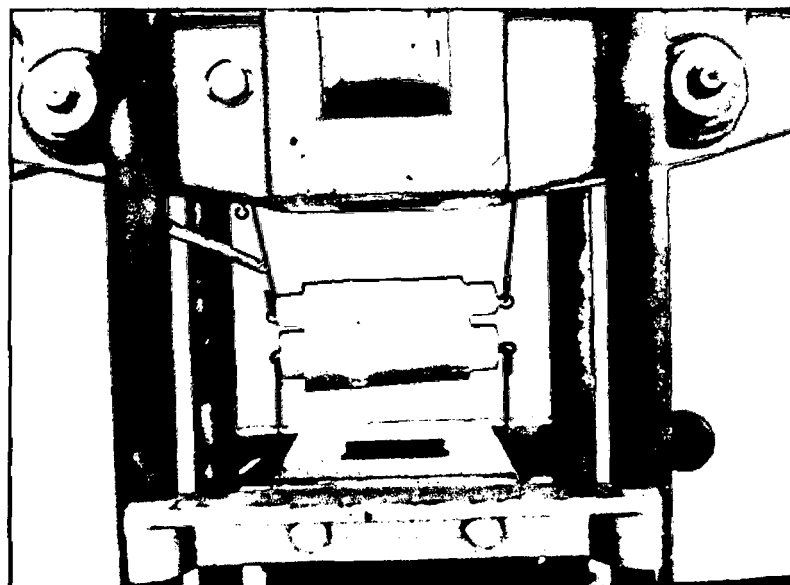
La dirección general de las fibras debe ser paralela al eje longitudinal de la porción de medida de la pieza en prueba. La porción de medida debe tener una

sección transversal rectangular con dimensiones del grosor de las paredes o menor en la dirección radial, de 10 a 20 milímetros en la dirección tangencial. La longitud de medida debe ser de 50 a 100 milímetros.

Los terminales de las piezas de prueba deben ser ahusadas para asegurar que la falla ocurra en la porción media de la pieza y para minimizar la concentración de tensión en el área de transición.



*Figura N° 20: Especímenes Para ensayos de tracción //*



*Figura N° 21: Maquina Universal c/espécimen para ensayo a tracción perpendicular*

✓ **Procedimiento**

Medir las dimensiones de cruce seccional de la porción de medida de la pieza de prueba a una confiabilidad de 0.1 milímetros en tres lugares de la parte media, y calcular su valor medio.



El sujetador en los terminales de la pieza en prueba entre las mordazas de la maquina evaluadora a una distancia segura de la porción media. La carga debe ir a una velocidad constante. Leer la carga máxima. Y después determinar el respectivo contenido de humedad de cada pieza ensayada.

✓ **Cálculo y expresión de resultados**

El esfuerzo último de tensión se calcula con la siguiente formula:

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

*Ecuación 12: Esfuerzo último en Tracción*

Donde

$\sigma_{ult}$  = Esfuerzo último de tensión en MPa.

$F_{ult}$  = Carga Máxima en N.

$A$  = promedio del área transversal medida en  $mm^2$ .

✓ **Determinación del Valor Admisible**

El esfuerzo admisible para el ensayo de tracción paralelo a la fibra (T), tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3 “factores de reducción” en relación con cada tipo de esfuerzo.

$$F_T = \frac{FC}{F_S \times FDC} \times f_{KT}$$

*Ecuación 13: Esfuerzo Admisible en Tracción*

En donde:

$F_T$  = Esfuerzo admisible en la solicitud ensayo a la tracción paralela a la fibra.

$F_{KT}$  = Valor característico del esfuerzo en la solicitud a la tracción paralela a la fibra.

$FC$  = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:

- 0.5

$F_s$  = Factor de Seguridad:

- 2.0

FDC = Factor de duración de carga:

- 1.5

T = Subíndice para la sollicitación del ensayo a la tracción paralela a la fibra.

#### d. Resistencia al corte o cizallamiento paralelo a la fibra

##### ✓ Objetivo

La determinación del esfuerzo último de corte de los especímenes de la Guadua.

##### ✓ Equipo

Las pruebas deben ser llevadas a cabo en una máquina de compresión. Con una sola área de corte igual que para el ensayo de maderas el mismo que aplicara una carga paralela a la fibra la cual tendrá un peso constante de 140 kilogramos en su cabezal.

##### ✓ Preparación del espécimen de prueba

Los especímenes deben ser tomados de la parte inferior, media y superior de cada tronco de bambú.

Los especímenes deben ser 100% material de Guadua sin nódulo en su interior.

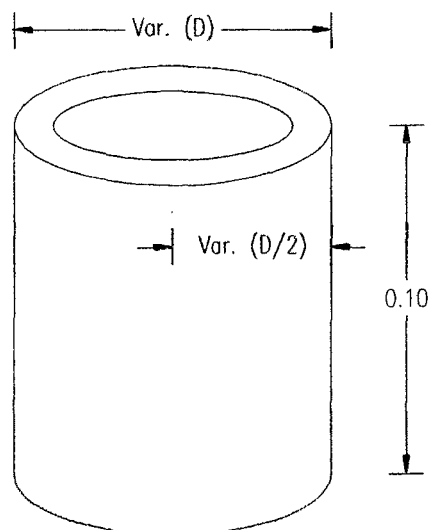


Figura N° 22: Especimen de Guadua para corte en mm.

##### ✓ Procedimiento

El espécimen tiene que estar ubicado de tal forma que reciba la carga verticalmente en el centro de gravedad de la sección de corte con un ángulo recto.

La carga debe ser aplicada continuamente durante la prueba para lograr que la cabeza móvil de la máquina de prueba viaje a una velocidad constante de 0.01 milímetros/segundo.

La lectura final de la carga máxima a la cual falla el espécimen y el área tiene que ser registrada para luego calcular el esfuerzo máximo de corte.



Figura N° 23: Acceso especial para ensayos a corte

#### ✓ Cálculo y expresión de resultados

El esfuerzo máximo de corte debe ser calculado de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{A} \text{ en Mpa}$$

Ecuación 14: Esfuerzo máximo de Corte

Donde:

$\tau_{ult}$  = Esfuerzo máximo de corte

$F_{ult}$  = Carga Máxima en N

$A$  = Área de corte en  $mm^2$

#### ✓ Determinación del Valor del Esfuerzo Admisible

El esfuerzo admisible para el ensayo de corte paralelo (V), tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3 “factores de reducción” en relación con cada tipo de esfuerzo.

$$F_v = \frac{FC}{F_s \times FDC} \times f_{kv}$$

Ecuación 15: Esfuerzo Admisible a Corte paralelo

En donde:

$F_v$  = Esfuerzo admisible en la sollicitación ensayo a corte paralelo a la fibra.

$F_{kv}$  = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación a corte paralelo a la fibra.

$FC$  = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:

- 0.6

$F_s$  = Factor de Seguridad:

- 1.8

$FDC$  = Factor de duración de carga:

- 1.1

$V$  = Subíndice para la sollicitación del ensayo a corte paralelo a la fibra.

#### e. Determinación de los valores de los Esfuerzos Admisibles

Aquí se tiene como finalidad presentar el planteamiento metodológico empleado a lo largo de las pruebas mecánicas de laboratorio para determinar entre otras características de la *Guadua Angustifolia*, su comportamiento ante diferentes sollicitaciones mecánicas y valores de esfuerzos admisibles.

La cantidad de especímenes dispuestos para los ensayos de esta investigación fueron ciento cincuenta (150), y se distribuyeron de la siguiente manera:

Nº Especímenes	Tipo Ensayo
30	Flexión
30	Compresión // a la fibra (Con nudo y sin nudo)
30	Tracción // a la fibra (Con nudo y sin nudo)

30	Tracción $\perp$ a la fibra (Con nudo y sin nudo)
30	Corte paralelo a la fibra (Con nudo y sin nudo)

Tabla N° 6: Número de Ensayos Realizados

Los ensayos de flexión, Compresión, Tracción paralela a fibra y corte, fueron realizados de acuerdo con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC5525:2007 “Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth”.

Una vez realizados la totalidad de los ensayos para cada sollicitación mecánica y el posterior análisis estadístico de los resultados experimentales se procedió a determinar los valores admisibles; a partir del valor característico para cada uno de los ensayos.

Para la determinación del valor característico de todos los ensayos se usó la siguiente ecuación, tomada de la norma internacional ISO 22156: 2001 “Bamboo Structural Design” Numeral 7.2.1, la cual es la misma ecuación NSR-10 G.12.7-1.

[13]

$$R_{ki} = R_{0,05i} \left[ 1 - \frac{2,7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right]$$

Ecuación 16: Valor Característico para cada Sollicitación de Ensayo

Donde:

$R_{ki}$  = Valor característico para cada sollicitación.

$R_{0,05i}$  = Percentil 5 de los datos de cada ensayo en la sollicitación  $i$ .

$$\frac{k \times N}{100}, \quad k = 1,2,3, \dots, 99$$

$$P_k = L_i + \frac{\frac{k \times N}{100} - F_{i-1}}{f_i} \times a$$

Ecuación 17: Formula para el Cálculo del Percentil

$s$  = Desviación estándar de los datos del ensayo.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

*Ecuación 18: Formula de la Desviación Estándar*

$m$  = Promedio de los datos del ensayo.

$$\bar{X} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

*Ecuación 19: Formula para el cálculo del Promedio*

$n$  = Numero de ensayos realizados

$i$  = Subíndice que indica el tipo de sollicitación mecánica:

F para flexión, T para tracción, C para compresión y V para corte.

Una vez hallados los valores característicos para la totalidad de los ensayos de cada sollicitación mecánica, se determinaron los esfuerzos admisibles aplicando la ecuación 4.2, tomada de la NSR-10 G.12.7-2, y la Tabla G.12.7-3. [13]

$$F_i = \frac{FC}{F_s \times FDC} \times f_{ki}$$

*Ecuación 20: Esfuerzo Admisible en la sollicitación de ensayo.*

En donde:

$F_i$  = Esfuerzo admisible en la sollicitación  $i$ .

$F_{kV}$  = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación  $i$ .

$FC$  = Factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura:

- 0.5 para ensayo a tracción paralela
- 0.6 para ensayo a corte paralelo
- 1.0 para ensayo a compresión paralela a la fibra
- 1.0 para ensayo a flexión

$F_s$  = Factor de Seguridad:

- 2.0 para ensayo a flexión
- 2.0 para ensayo a tracción paralela

- 1.5 para ensayo a compresión paralela
- 1.8 para ensayo a corte paralelo

FDC = Factor de duración de carga:

- 1.5 para ensayo a flexión
- 1.5 para ensayo a tracción paralela
- 1.2 para ensayo a compresión paralela
- 1.1 para ensayo a corte paralelo

*i* = Lo mismo que en la ecuación para la determinación del valor característico.

## CAPITULO 4. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.4 PROPIEDADES FÍSICAS

#### 3.4.1 Contenido de Humedad

Contenido de humedad promedio, calculado de cada espécimen y en cada ensayo mecánico realizado.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>C.H. PROM. (%) PARCIAL</b>	<b>C.H. PROM (%) FINAL</b>
Especímenes de Compresión	10.32%	10.36%
Especímenes de Tracción //	10.27%	
Especímenes de Flexión	9.96%	
Especímenes de Corte	11.18%	
Especímenes de Tracción $\perp$	10.07%	

*Tabla N° 7: Resumen de contenido de Humedad*



### 3.4.2 Densidad

Densidad promedio, calculada en estado natural y en estado seco.

D E N S I D A D																
DESCRIPCIÓN		SIN NUDO														
MUESTRAS		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ESTADO NATURAL	DENSIDAD DE LA GUADUA (Kg/m <sup>3</sup> )	42.14	48.77	45.18	44.15	46.63	44.66	42.95	43.93	33.65	47.59	43.15	44.96	47.82	46.05	47.13
	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m <sup>3</sup> )	44.58														
ESTADO SECO	DENSIDAD DE LA GUADUA (Kg/m <sup>3</sup> )	40.33	45.87	42.44	41.81	43.49	42.03	41.00	40.70	30.92	39.19	41.21	38.07	38.04	41.06	44.36
	DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m <sup>3</sup> )	40.70														

Tabla N° 8: Cálculo de Densidades Ensayadas

### 3.4.3 Absorción

Absorción promedio, calculada de especímenes que fueron saturados por 24 horas en agua.

A B S O R C I Ó N																														
DESCRIPCIÓN	CON NUDO															SIN NUDO														
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ABSORCIÓN MÁXIMA (%)	59.79%	50.60%	54.25%	53.99%	54.83%	64.97%	67.67%	58.99%	63.96%	53.12%	67.68%	69.60%	64.88%	70.17%	59.86%	67.20%	71.92%	59.85%	73.97%	62.38%	76.62%	63.50%	66.94%	62.99%	63.45%	65.68%	65.53%	68.06%	67.00%	66.85%
ABS. MÁX. PROMEDIO (%)	63.88%																													

Tabla N° 9: Tabla de Absorción

### 3.4.4 Contracción

Contracción promedio calculada y comparada en condiciones de anhídrido o seca, natural, saturada durante 1 y 2 días.

C O N T R A C C I Ó N																														
MUESTRAS	CON NUDO															SIN NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN SECA - NATURAL (cm <sup>3</sup> )	-33.21	-19.45	-18.90	-9.28	-11.53	-10.21	-11.66	-4.42	-7.28	-10.03	-12.73	-15.78	-12.26	-15.94	-17.03	-20.92	-19.72	-22.07	-25.37	-17.85	-16.21	-19.04	-11.15	-5.65	-13.67	-19.18	-5.19	-12.26	-15.46	-9.36
CONTRACCION PROMEDIO (cm <sup>3</sup> )	-13.98															-15.54														
CONTRACCION PROMEDIO TOTAL (cm <sup>3</sup> )	-14.76																													

<b>VOLUMEN SATURADO 1° - NATURAL (cm3)</b>	87.5	71.48	60.47	73.02	73.32	87.95	83.15	72.52	99.56	41.98	33.87	71.25	63.04	48.93	82.3	221.41	240.75	230.87	247.08	201.58	245.87	216	244.83	210.84	229.44	230.37	219.08	213.7	221.39	227.5		
<b>CONTRACCION PROMEDIO (cm3)</b>	70.02															226.71																
<b>CONTRACCION PROMEDIO TOTAL (cm3)</b>	148.37																															
<b>VOLUMEN SATURADO 2° - NATURAL (cm3)</b>	228.39	239.23	232.29	226.52	256.45	173.22	201.49	222.67	210.36	231.12	195.49	212.29	210.72	219.24	225.54	874.38	873.48	881	868.08	851.71	775.46	657.03	788.91	625.1	649.86	753.55	518.68	486.42	628.3	480.69		
<b>CONTRACCION PROMEDIO (cm3)</b>	219.00															714.18																
<b>CONTRACCION PROMEDIO TOTAL (cm3)</b>	466.59																															
<b>VOLUMEN SATURADO 1° - SECA (cm3)</b>	120.71	90.93	79.37	82.3	84.85	98.16	94.81	76.94	106.84	52.01	46.6	87.03	75.3	64.87	99.33	242.33	260.47	252.94	272.45	219.43	262.08	235.04	255.98	216.49	243.11	249.55	224.27	225.96	236.85	236.86		
<b>CONTRACCION PROMEDIO (cm3)</b>	84.00															242.25																
<b>CONTRACCION PROMEDIO TOTAL (cm3)</b>	163.13																															
<b>VOLUMEN SATURADO 2° - SECA (cm3)</b>	261.6	258.7	251.2	235.8	268	183.4	213.2	227.1	217.6	241.2	208.2	228.1	223	235.2	242.6	895.3	893.2	903.1	893.5	869.6	791.7	676.1	800.1	630.8	663.5	772.7	523.9	498.7	643.8	490.1		
<b>CONTRACCION PROMEDIO (cm3)</b>	232.98															729.72																
<b>CONTRACCION PROMEDIO TOTAL (cm3)</b>	481.35																															

Tabla N° 10: Tabla de valores de contracción promedio.

### 3.5 PROPIEDADES MECÁNICAS

Ensayo	Nº Espec.	Esfuerzo Adm. (Mpa)	Esfuerzo Máx. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Young (Mpa)	Módulo de Young Prom. (Mpa)	Cont. de Humedad (%)
Flexión	30	9.02	91.95	4488.25	4438.98	9.96
Compresión //	30	3.79	38.68	680.84		10.32
Tracción //	30	15.93	162.40	3400.68		10.27
Tracción ⊥	30	0.09	0.91	13215.15		10.07
Corte //	30	0.73	7.42	409.97		11.18

Tabla N° 11: Esfuerzos admisibles y módulo de Elasticidad.

#### 3.5.1 Resistencia a la flexión

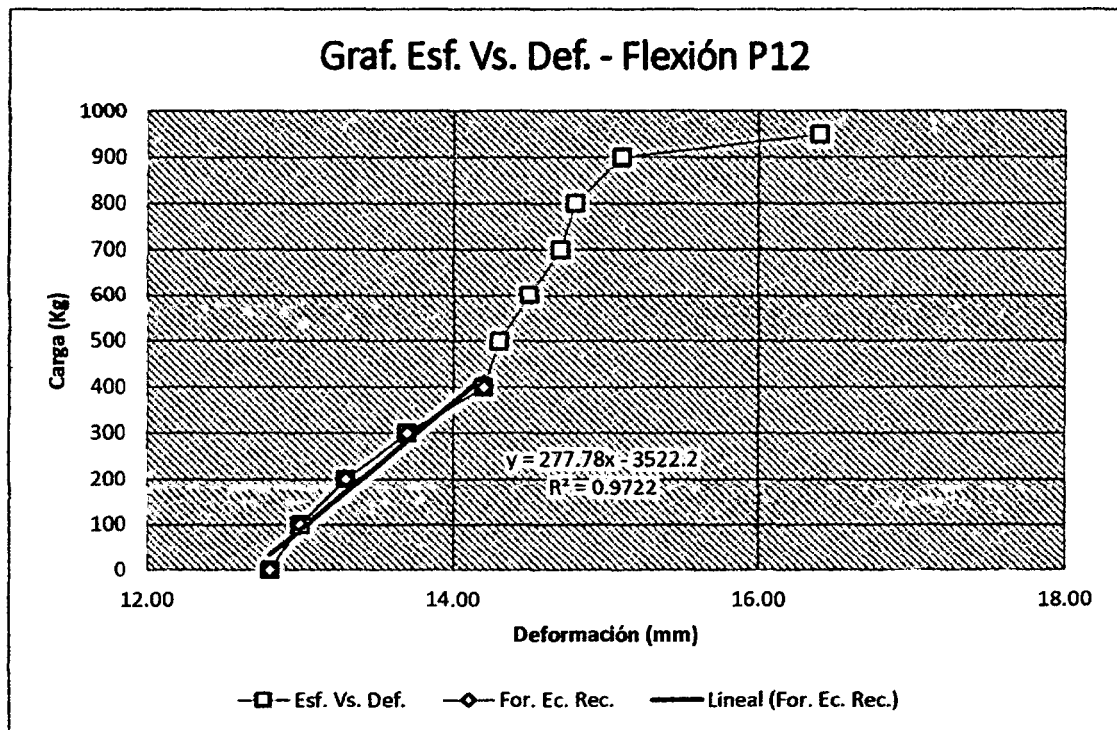


Gráfico N° 1: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Flexión.

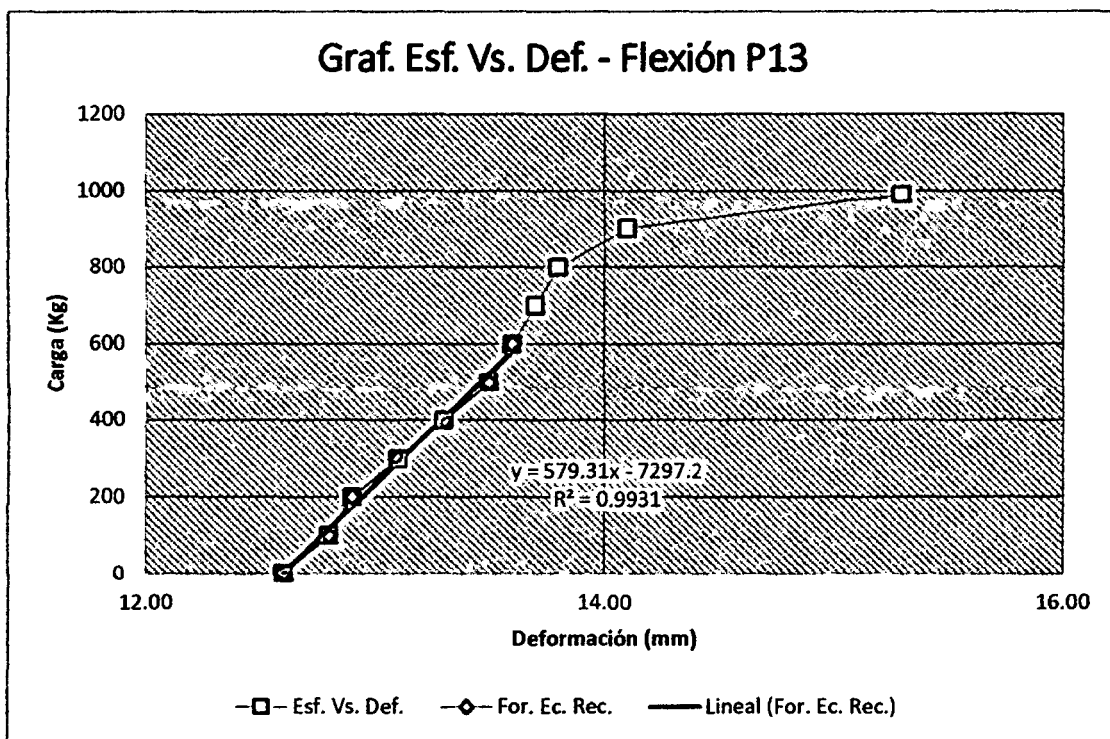


Gráfico N° 2: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Flexión.

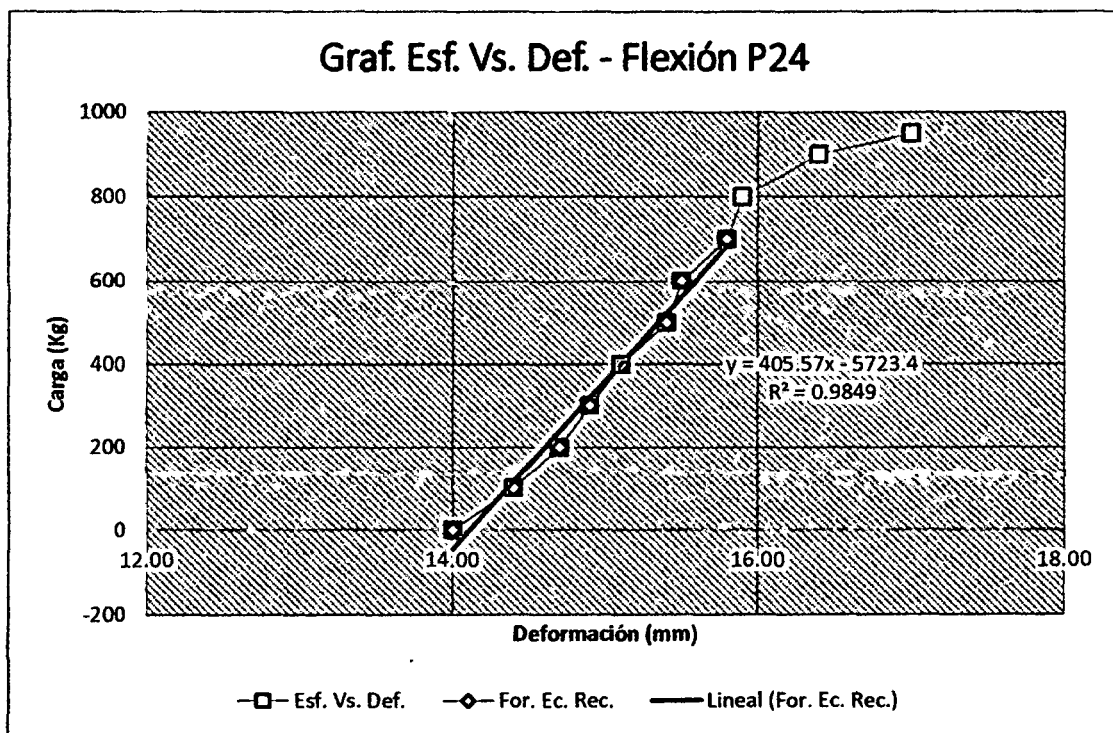


Gráfico N° 3: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Flexión.

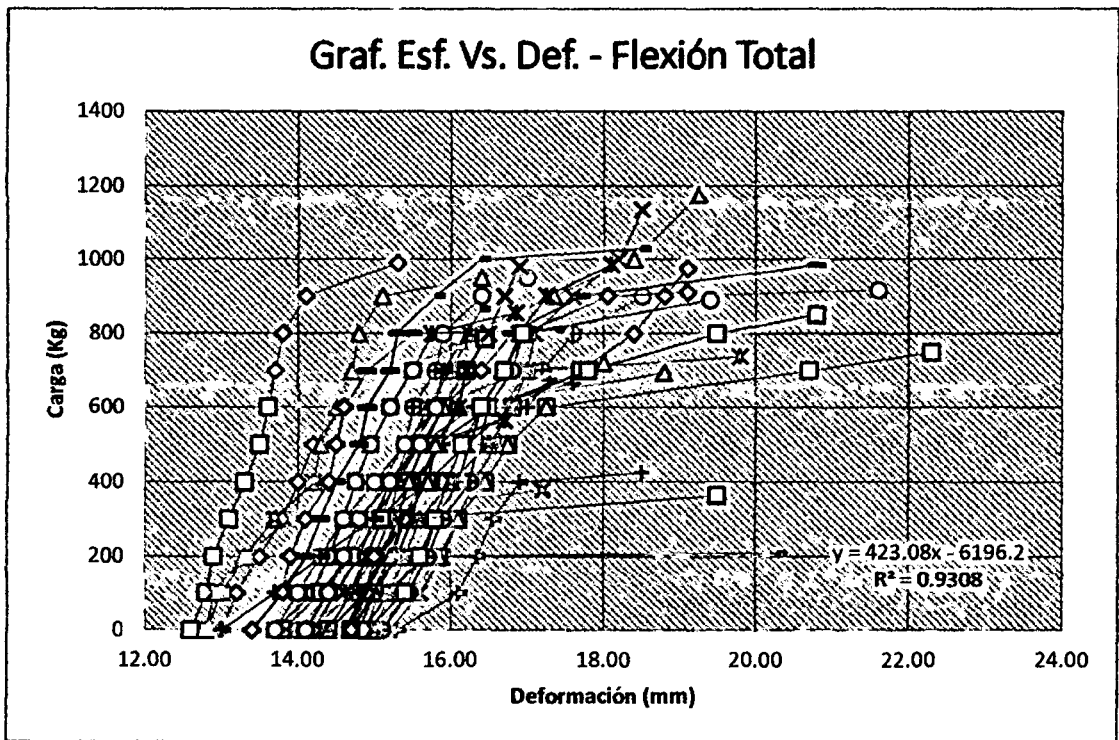


Gráfico N° 4: Graf. Esfuerzo vs. Deformación Total - Flexión.

### 3.5.2 Resistencia a la compresión paralela a la fibra

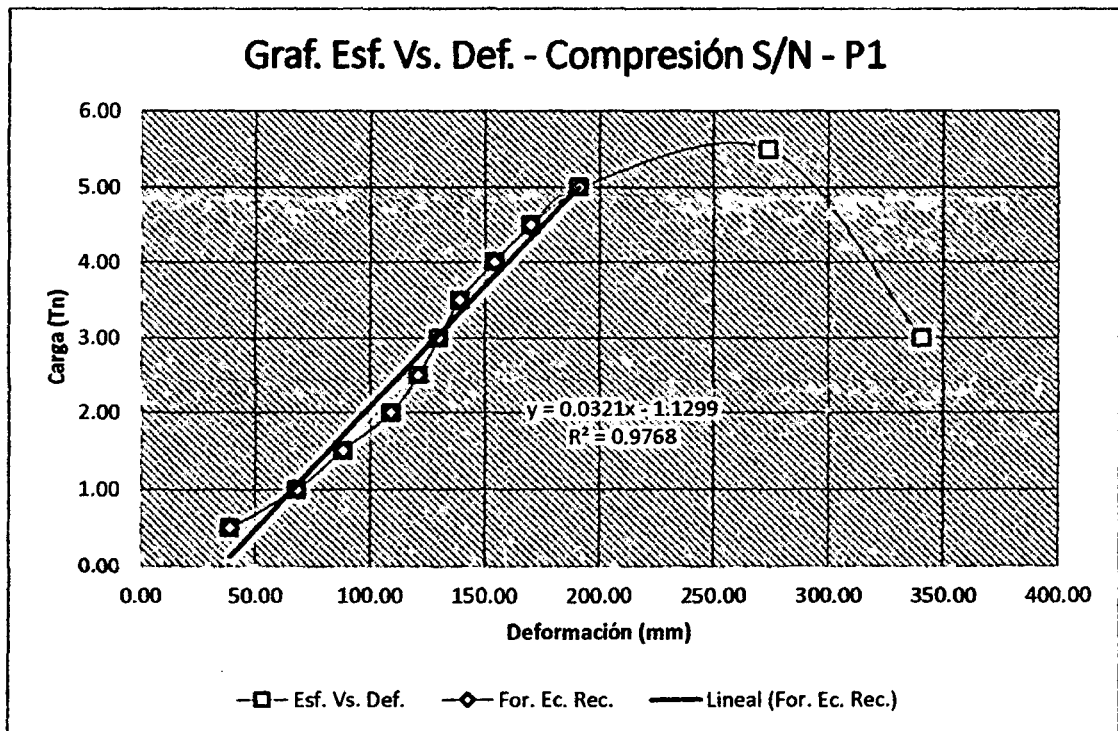


Gráfico N° 5: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - Compresión //

### Graf. Esf. Vs. Def. - Compresión S/N - P9

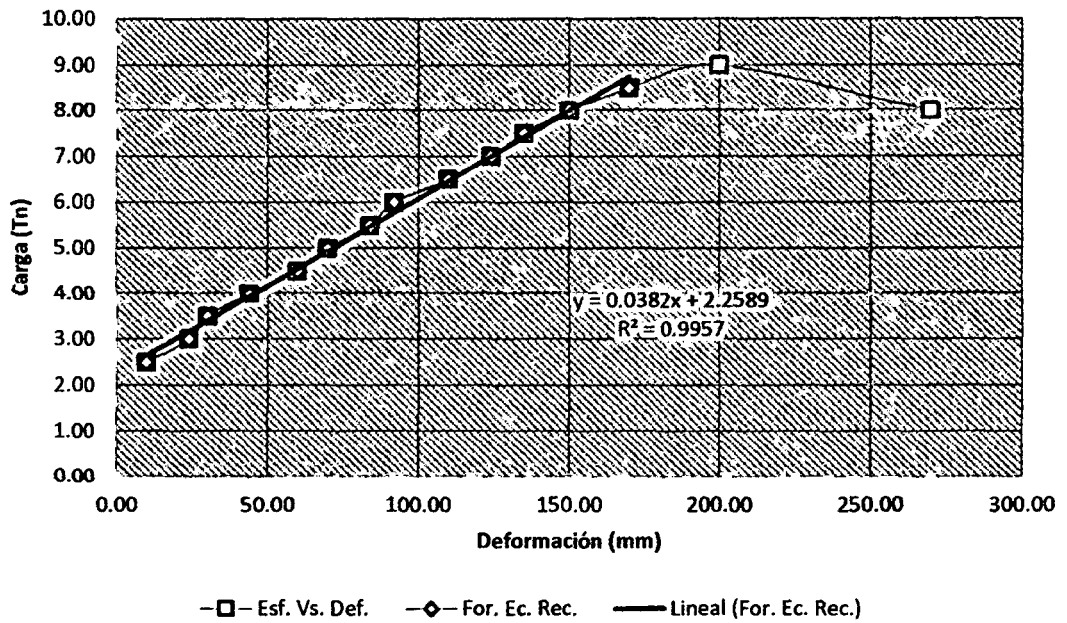


Gráfico N° 6: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N - Compresión //

### Graf. Esf. Vs. Def. - Compresión S/N - TOTAL

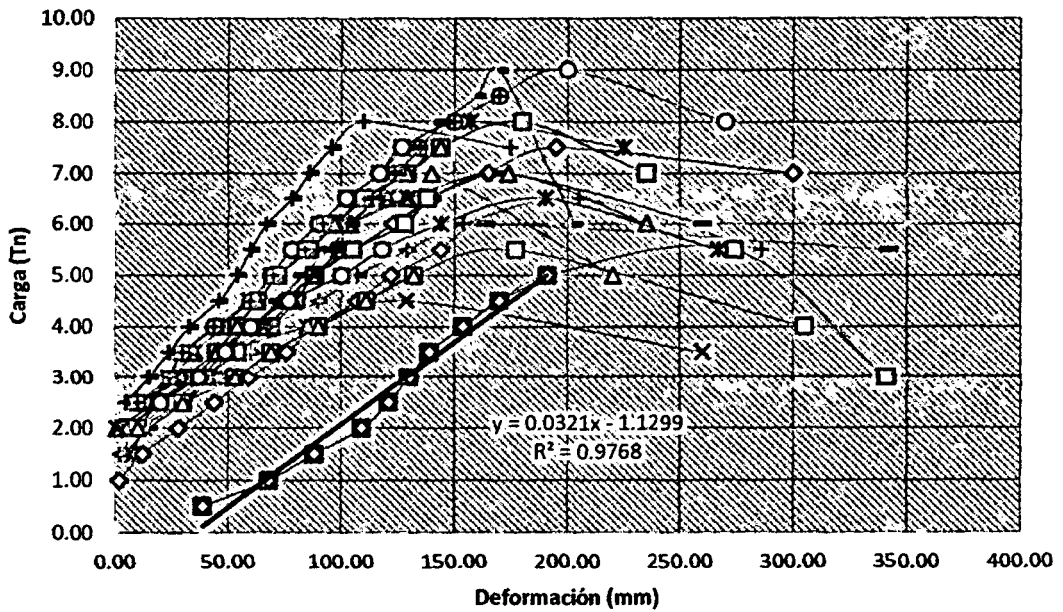
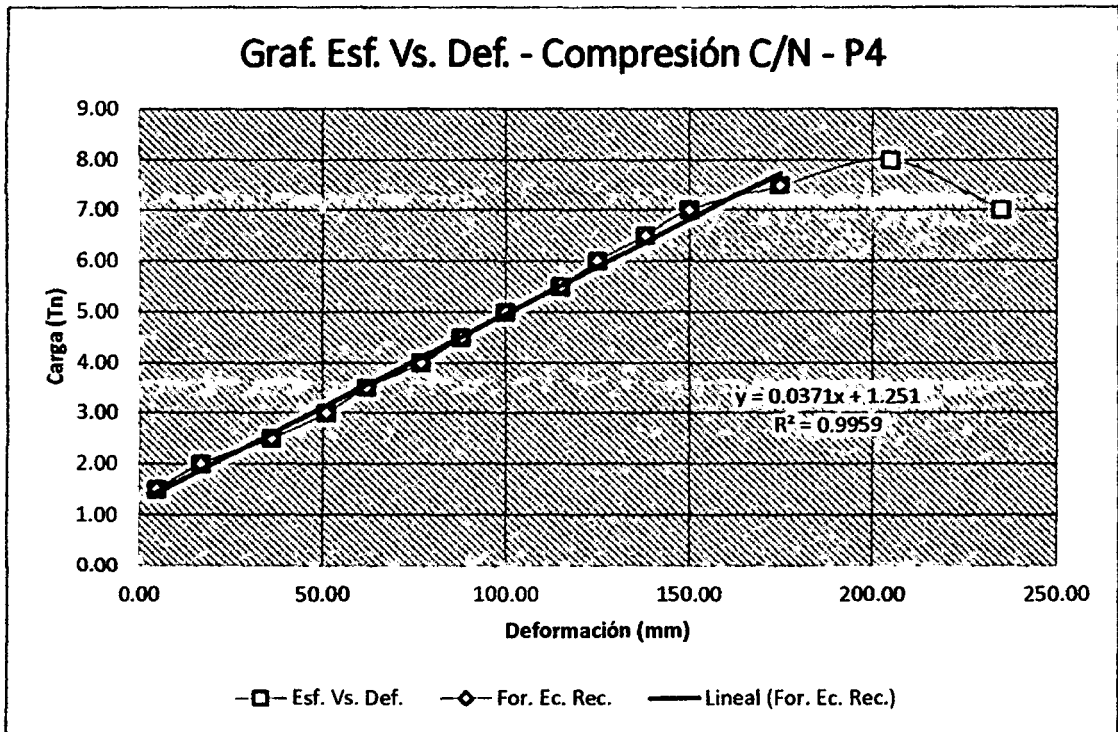
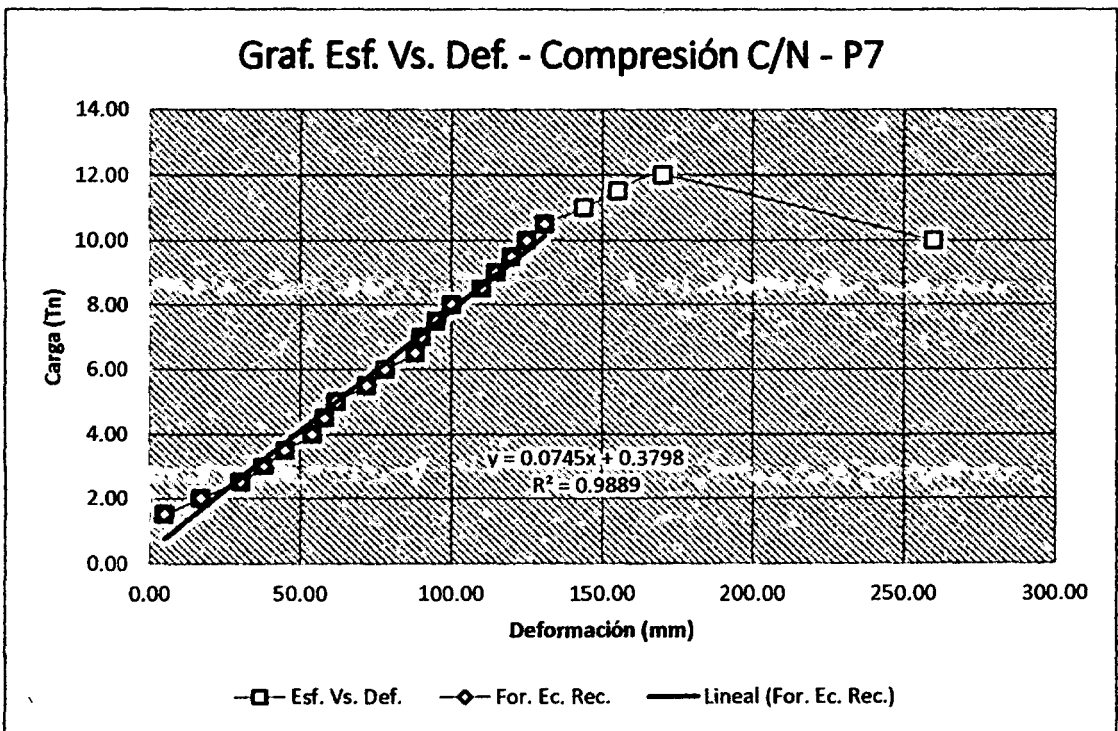


Gráfico N° 7: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total - Compresión //



*Gráfico N° 8: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Compresión //*



*Gráfico N° 9: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Compresión //*

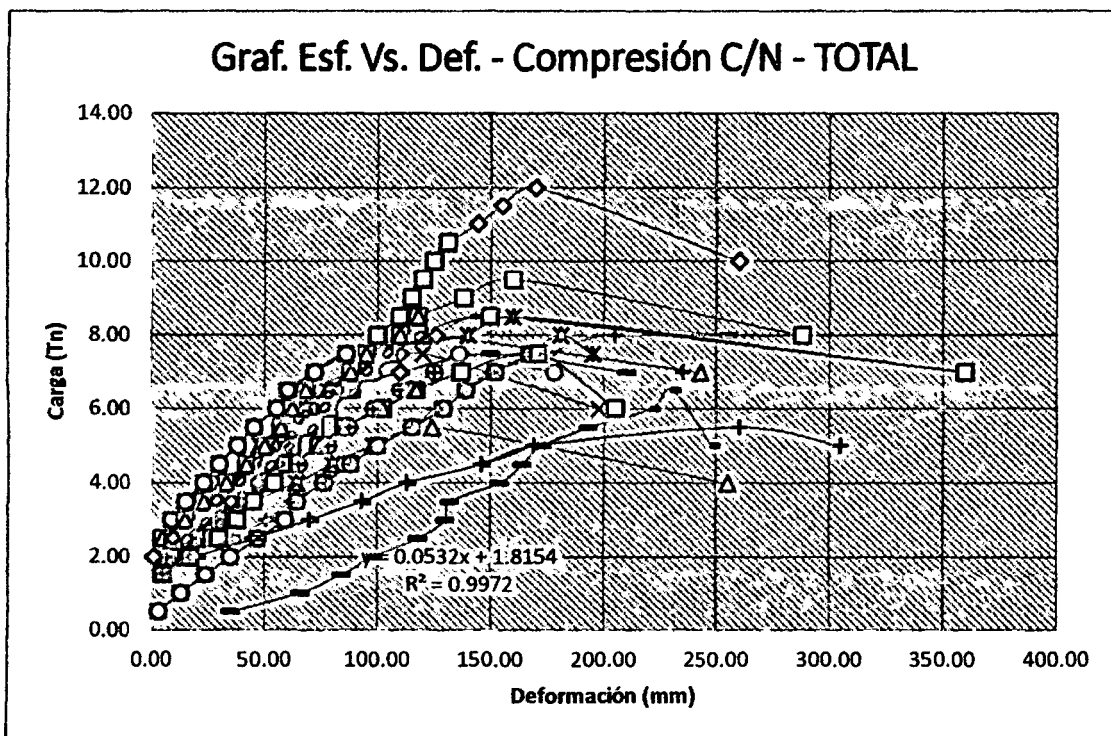


Gráfico N° 10: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Compresión //

### 3.5.3 Resistencia a la tracción paralela a la fibra

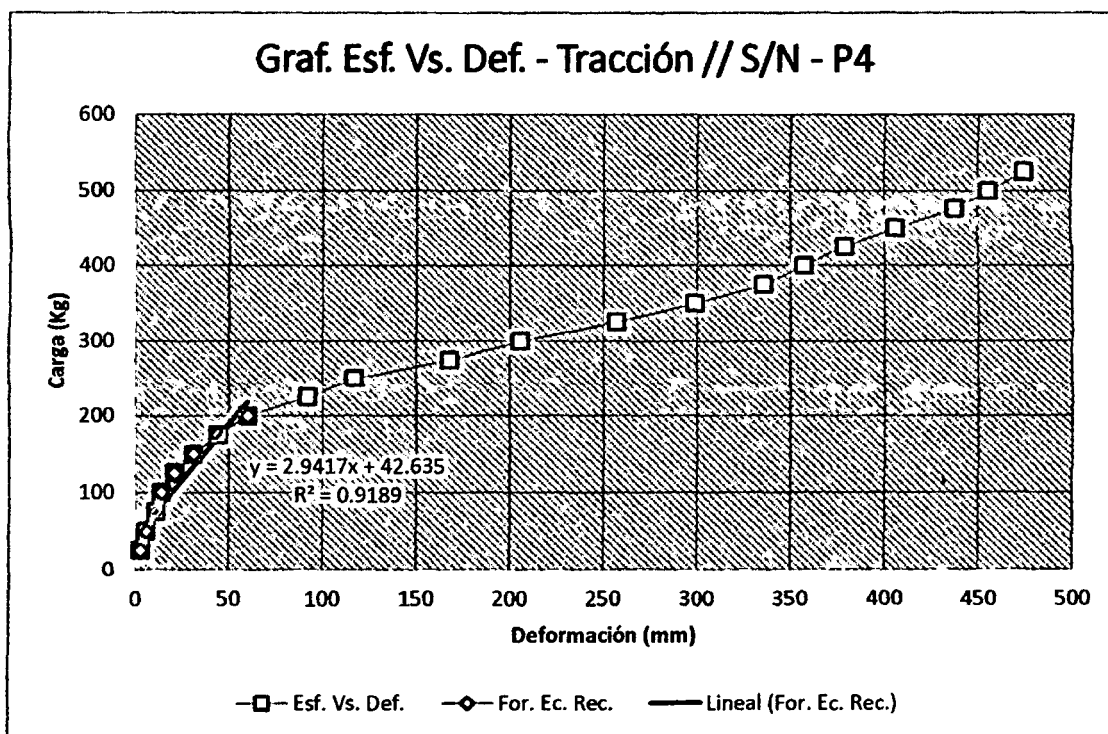


Gráfico N° 11: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N - Tracción //



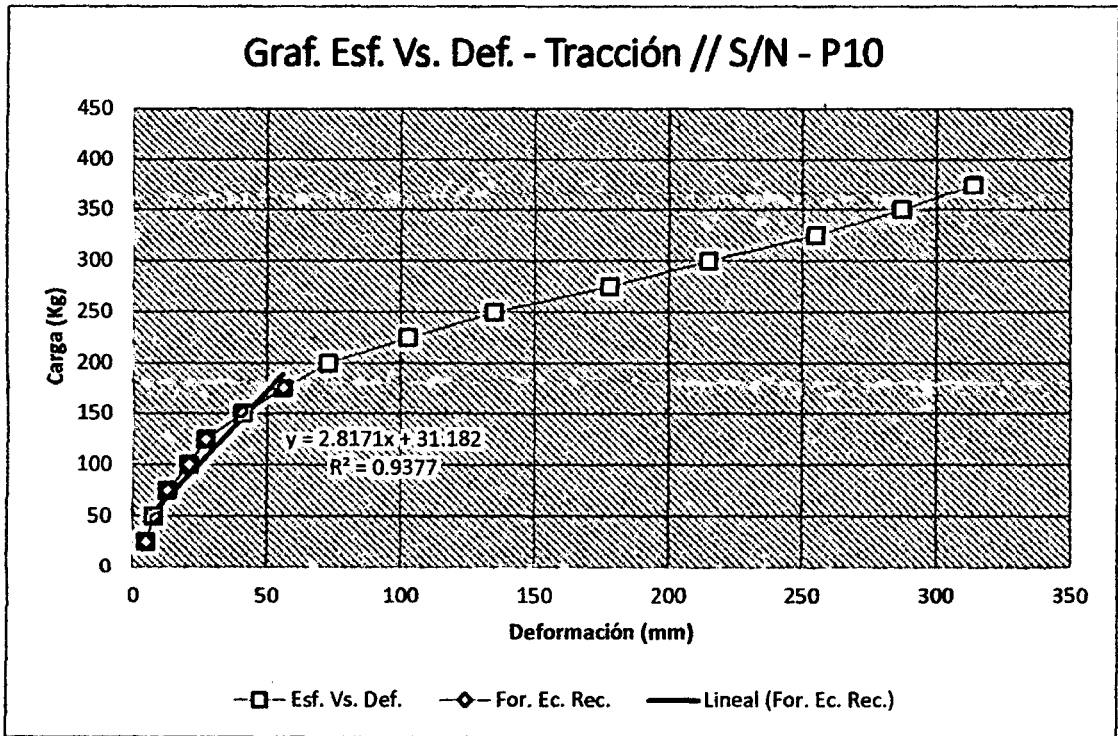


Gráfico N° 12: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción //

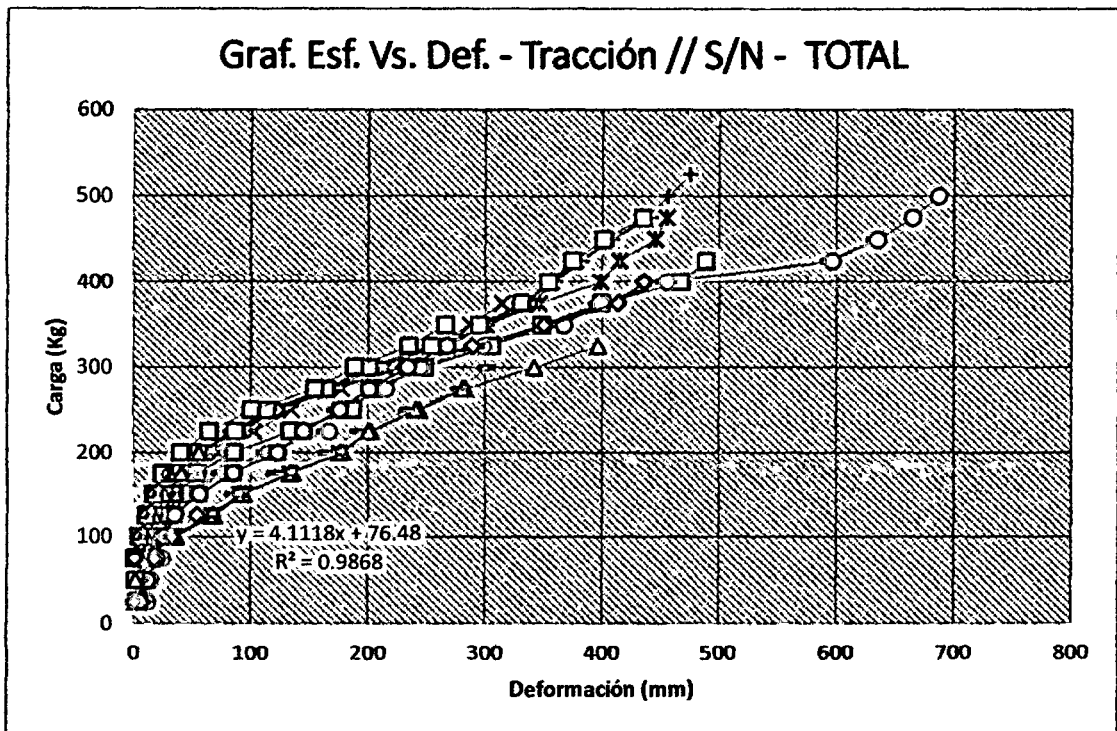


Gráfico N° 13: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total – Tracción //

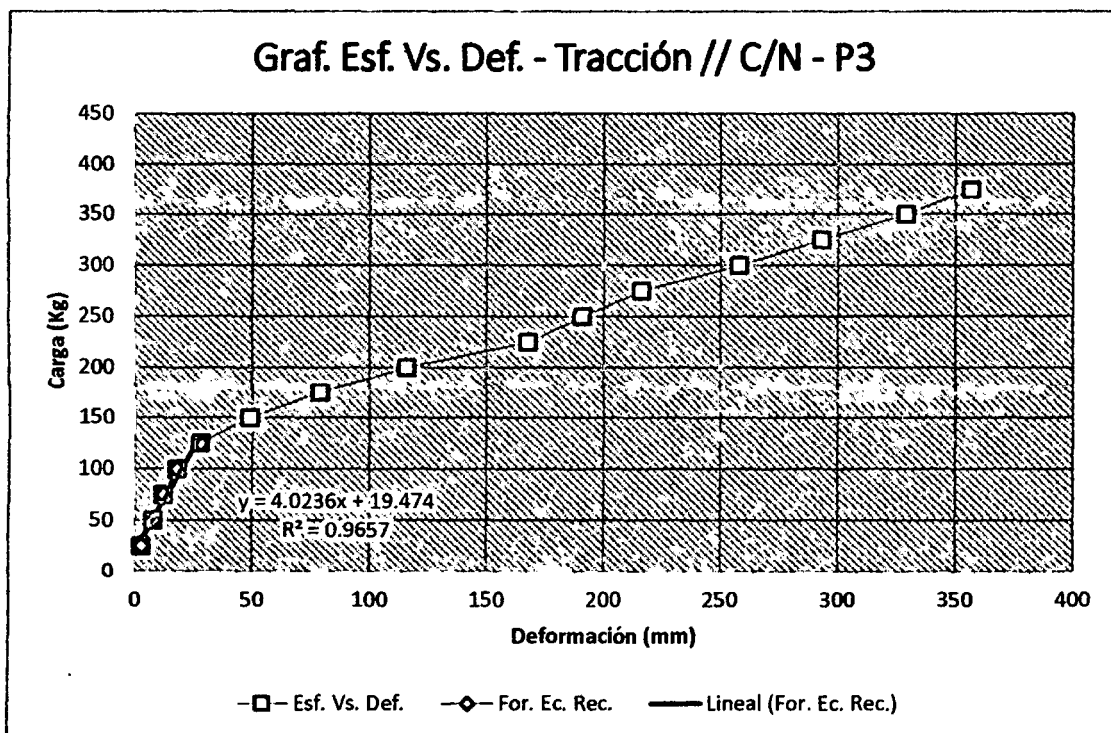


Gráfico N° 14: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción //

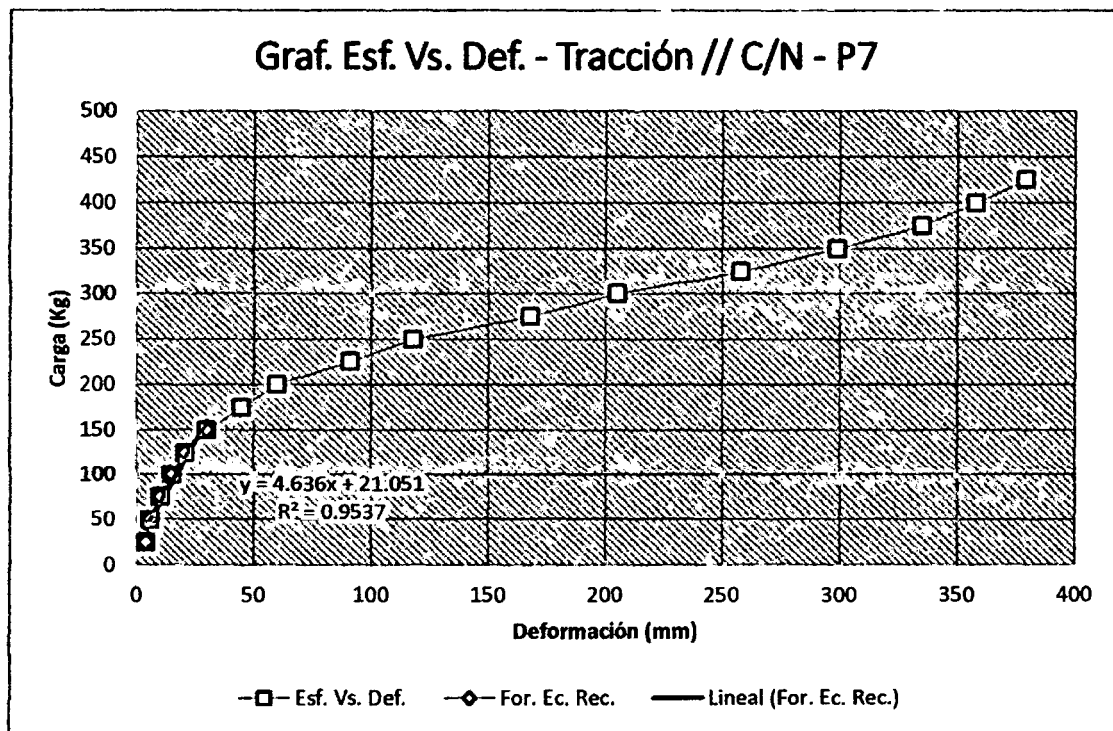


Gráfico N° 15: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción //

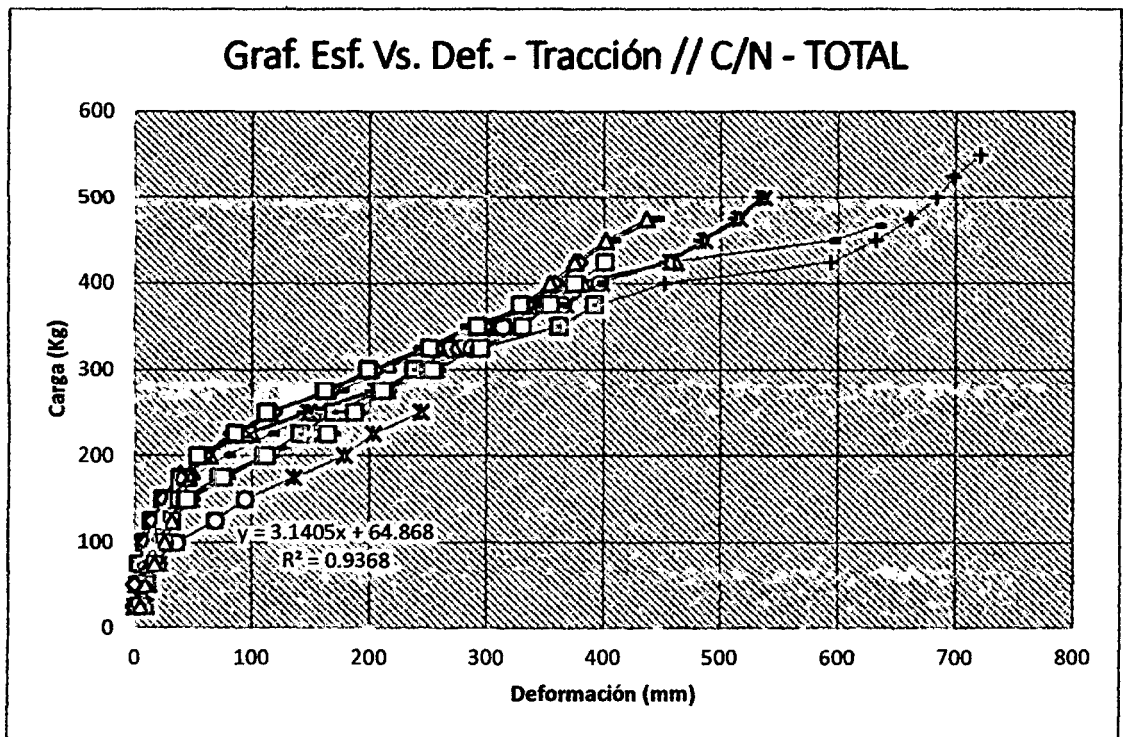


Gráfico N° 16: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total – Tracción //

#### 3.5.4 Resistencia a la tracción perpendicular a la fibra

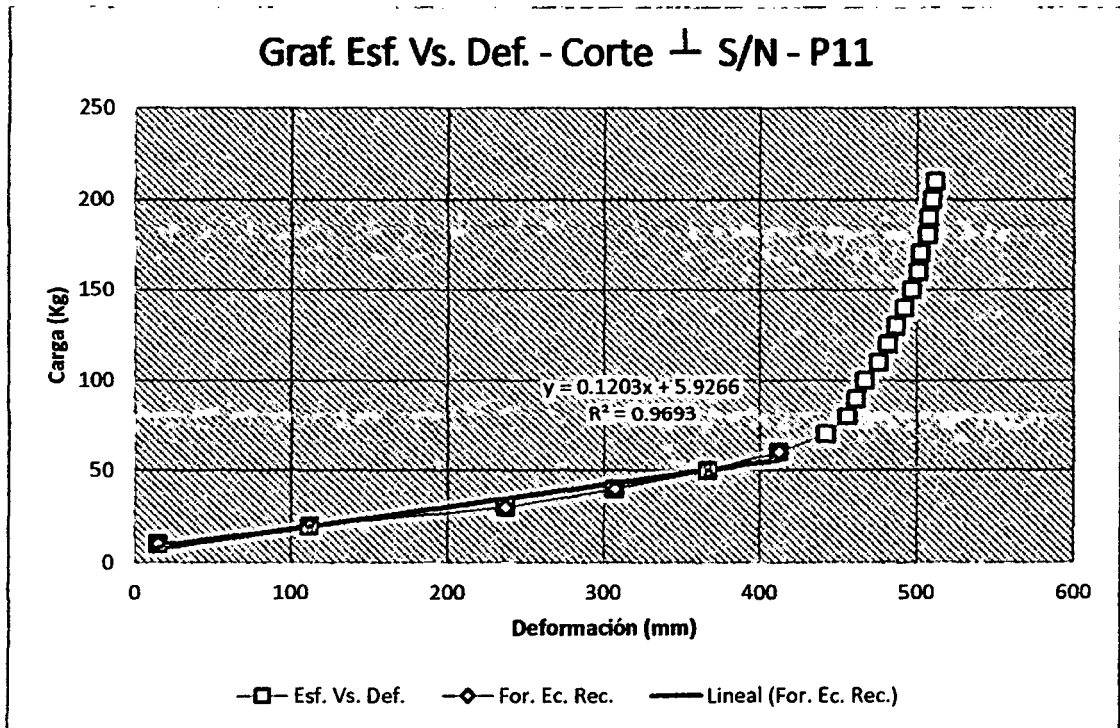


Gráfico N° 17: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción  $\perp$

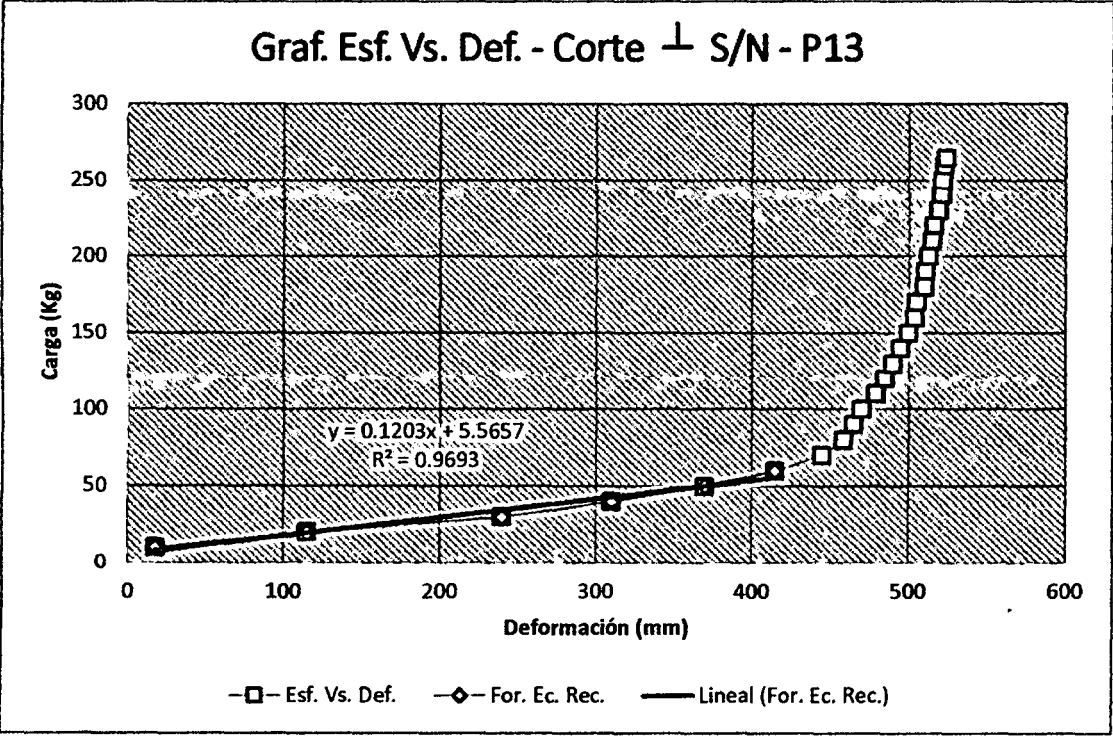


Gráfico N° 18: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N – Tracción  $\perp$

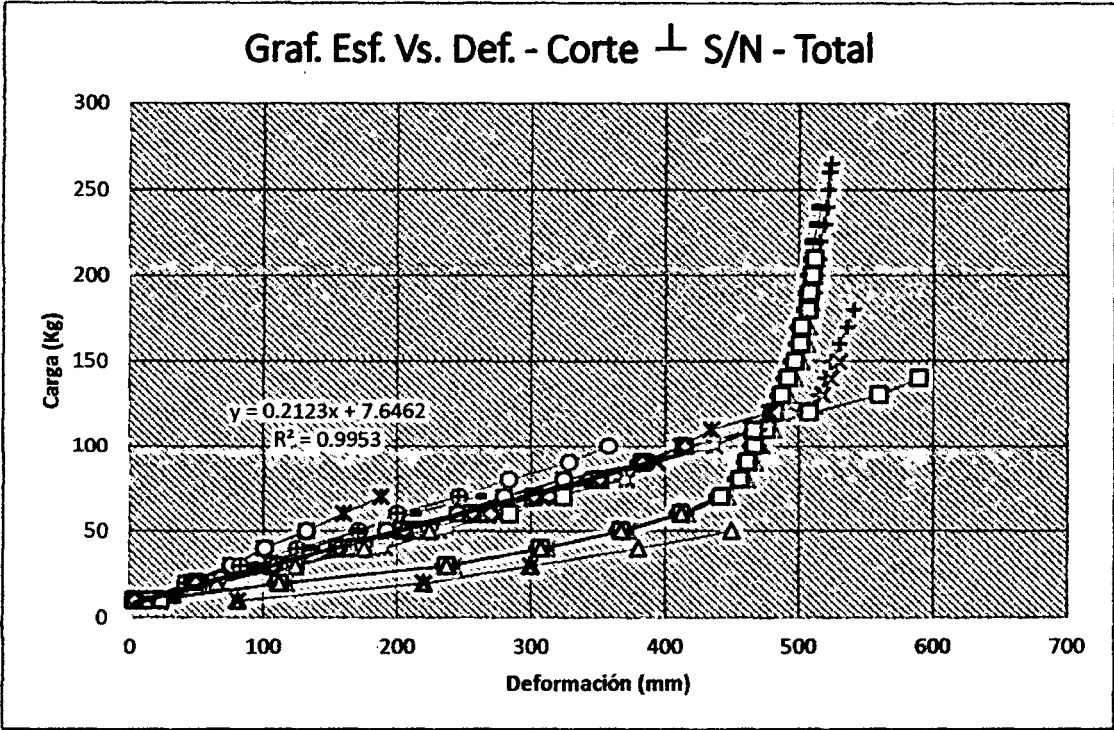


Gráfico N° 19: Graf. Esfuerzo vs. Deformación S/N Total -- Tracción  $\perp$

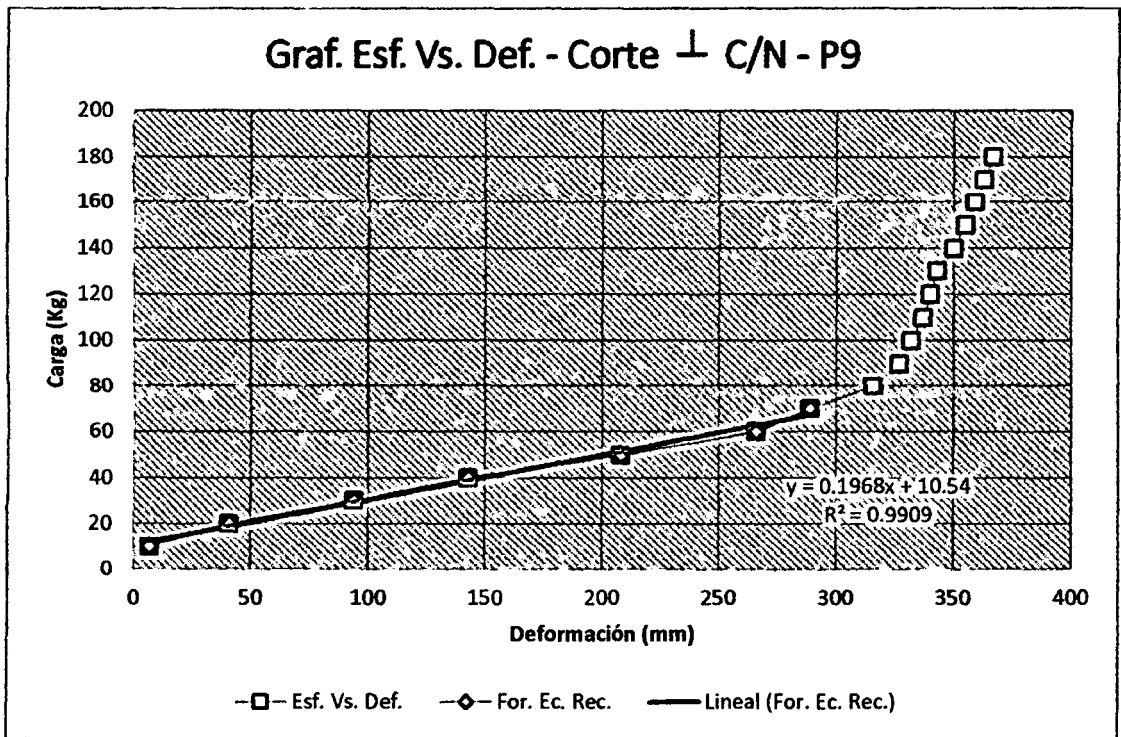


Gráfico N° 20: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción  $\perp$

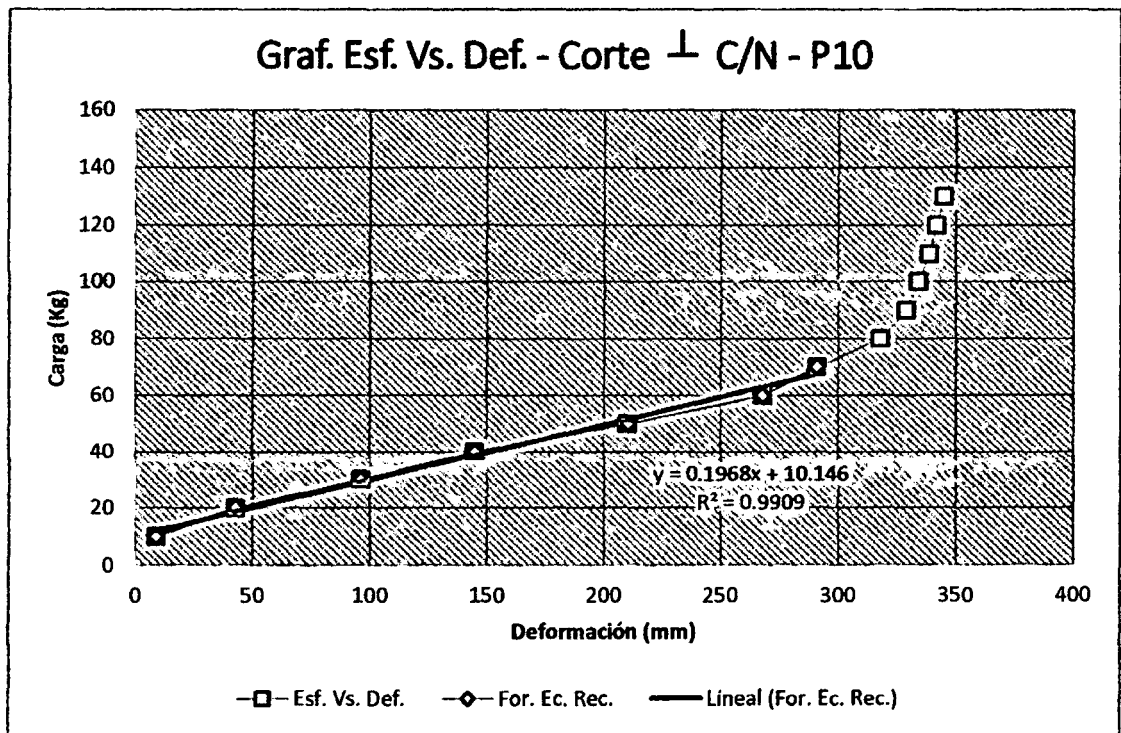


Gráfico N° 21: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N - Tracción  $\perp$

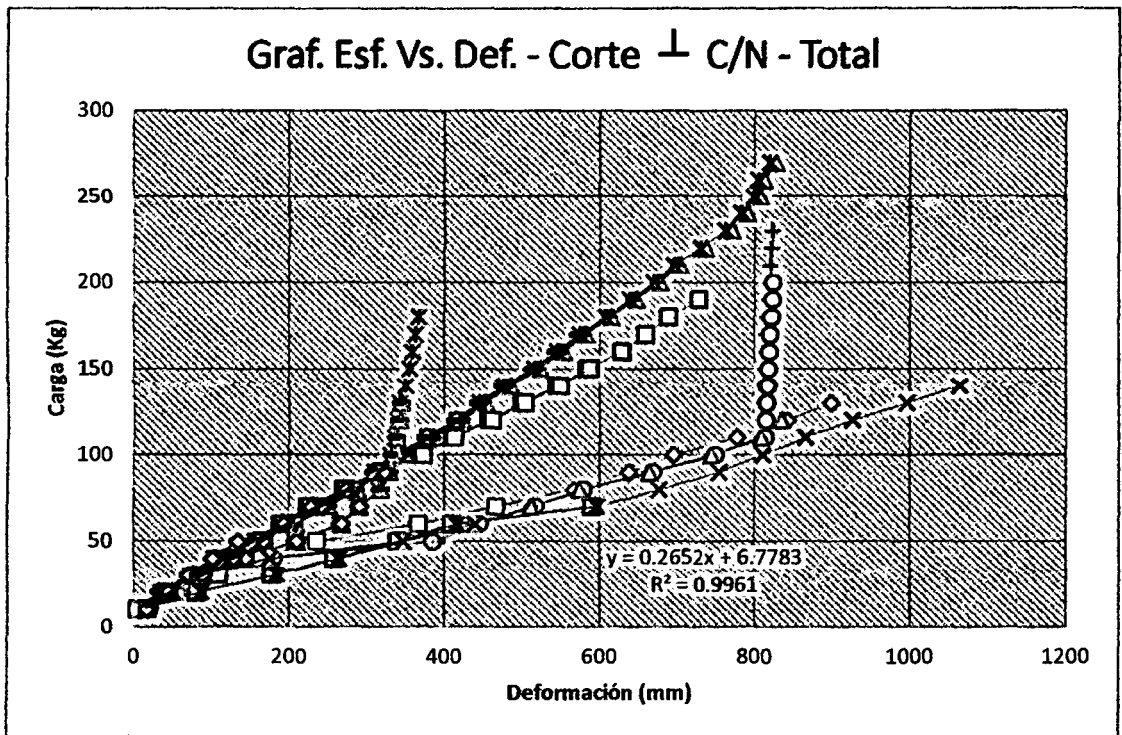


Gráfico N° 22: Graf. Esfuerzo vs. Deformación C/N Total - Tracción  $\perp$

## CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Con los valores calculados a compresión // con un esfuerzo admisible de 3.71 MPa y un módulo de elasticidad promedio de 4438.98 MPa, se puede afirmar que la *Guadua Angustifolia* es un material con características, físicas y mecánicas, favorables para ser utilizados como elemento estructural.
- Con respecto a sus características físicas, la guadua ofrece una gran esbeltez gracias a su forma tubular y óptimo rendimiento dado por esa sección, idónea para esfuerzos de compresión que evitan el pandeo. La Guadua es un material natural y a la vez, resistente, duradero y flexible.
- Con respecto a sus propiedades mecánicas, y comparándolas con las Norma Técnica Peruana E-10 de madera, lo hace un material muy apto para construcciones sismo resistentes, ya que los valores determinados de esfuerzo admisible y módulo de elasticidad son muy superiores a los de Grupo C de la madera y similar a los de los Grupos A y B.

### 4.2 RECOMENDACIONES

- Se debe realizar un estudio sobre la influencia de los nudos en el proceso de ensayos y resistencias mecánicas.
- La Guadua tiene fibras naturales muy fuertes, que la hacen muy ventajosa frente a otros bambúes. Por lo que se recomienda desarrollar e investigar productos industrializados como aglomerados, laminados, pisos, paneles, etc.
- Es recomendable realizar estudios con adhesivos tipo melanina-formaldehído u otros adhesivos termoestables con el fin de obtener laminados de Guadua con resistencia a cambios de temperatura y humedad para poder garantizar una mayor durabilidad.
- Se debe considerar un estudio con el uso de aditivos de conservación y preservación, como barnices y/o pinturas epoxicas, para la Guadua.
- Es recomendable un estudio con las partes más débiles, en cuanto a consistencia de la Guadua, y el cómo poder mejorarla a través de sistemas más apropiados de uniones, traslapes y otros.
- Se recomienda una investigación con fibras de Guadua para formar tejidos paneloides o tejidos tendinosos, ya que con la adición de barro o concreto se pueden formar muros.



CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD ( PROBETAS DE COMPRESION )														
	CON NUDO														
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PESO DE GUADUA HUMEDA (gr)	287.00	286.20	284.80	278.90	262.60	255.90	337.30	339.39	206.00	235.90	223.80	226.60	229.80	209.70	198.60
PESO DE GUADUA SECA (gr)	258.70	257.90	257.20	251.20	237.50	230.70	303.80	305.70	184.50	211.50	199.90	201.70	206.10	186.00	176.20
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	28.30	28.30	27.60	27.70	25.10	25.20	33.50	33.69	21.50	24.40	23.90	24.90	23.70	23.70	22.40
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.86%	9.89%	9.69%	9.93%	9.56%	9.85%	9.93%	9.93%	10.44%	10.34%	10.68%	10.99%	10.31%	11.30%	11.28%
C.H. PROMEDIO (%)	10.32%														
	SIN NUDO														
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PESO DE GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	136.80	142.90	159.20	178.40	154.70	163.90	193.20	228.40	219.10	100.10	215.60	202.60	270.60	252.00	231.00
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	122.60	127.80	142.70	159.90	138.60	146.60	173.20	204.80	197.30	90.00	194.70	181.20	241.40	226.20	205.70
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.38%	10.57%	10.36%	10.37%	10.41%	10.56%	10.35%	10.33%	9.95%	10.09%	9.69%	10.56%	10.79%	10.24%	10.95%

Tabla N° 12: Contenido de Humedad - Compresión

DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD ( PROBETAS DE TRACCION // )														
	CON NUDO														
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PESO DE GUADUA HUMEDA (gr)	240.43	163.06	264.39	270.27	280.14	211.7	237.95	228.5	224.23	169.02	219.8	206.89	221.56	247.18	250.32
PESO DE GUADUA SECA (gr)	216.45	147.56	238.93	241.98	249.98	190.43	213.62	205.24	198.94	152.94	198.09	185.7	197.96	221.06	223.49
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	23.98	15.50	25.46	28.29	30.16	21.27	24.33	23.26	25.29	16.08	21.71	21.19	23.60	26.12	26.83
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.97%	9.51%	9.63%	10.47%	10.77%	10.05%	10.22%	10.18%	11.28%	9.51%	9.88%	10.24%	10.65%	10.57%	10.72%
C.H. PROMEDIO (%)	10.27%														
	SIN NUDO														
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PESO DE GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	286.15	163.67	247.39	160.03	167.29	175.16	244.08	164.67	276.22	287.34	156.97	272.5	159.84	164.82	162.48
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	256.34	147.33	222.69	143.15	149.54	156.36	218.16	148.69	246.65	259.48	141.71	245.22	144.51	147.02	144.22
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.42%	9.98%	9.98%	10.55%	10.61%	10.73%	10.62%	9.70%	10.71%	9.70%	9.72%	10.01%	9.59%	10.80%	11.24%

Tabla N° 13: Contenido de Humedad - Tracción //



CONTENIDO DE HUMEDAD ( PROBETAS DE FLEXION )				
DESCRIPCIÓN	CON NUDO			
MUESTRA	01	02	03	04
PESO DE GUADUA HUMEDA (gr)	227.04	198.76	114.00	191.07
PESO DE GUADUA SECA (gr)	201.85	179.11	102.06	169.77
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	25.19	19.65	11.94	21.30
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.09%	9.89%	10.48%	11.15%
C.H. PROMEDIO (%)	9.41%	20.47	197.07	217.54
	9.69%	14.47	134.91	149.38
	9.02%	13.04	131.45	144.49
	9.99%	22.67	204.27	226.94
	9.69%	16.05	149.51	165.56
	9.86%	21.47	196.36	217.83
	10.02%	14.53	130.38	144.91
	10.22%	18.21	160.01	178.22
	9.92%	21.88	198.59	220.47
	10.66%	17.97	150.60	168.57
	9.36%	18.91	183.15	202.06
	10.11%	23.13	205.55	228.68
	10.76%	23.65	196.20	219.85
	9.02%	17.57	177.20	194.77
	9.12%	12.56	125.14	137.70
	9.63%	13.78	129.39	143.17
	9.41%	21.26	204.74	226.00
	10.89%	24.84	203.33	228.17
	10.84%	16.36	134.52	150.88
	9.42%	16.74	160.99	177.73
	10.12%	21.70	192.65	214.35
	10.07%	12.84	114.65	127.49
	10.50%	16.29	138.82	155.11
	9.27%	10.93	106.98	117.91
	10.26%	10.60	92.78	103.38
	9.08%	14.65	146.60	161.25

Tabla N° 14: Contenido de Humedad - Flexión

CONTENIDO DE HUMEDAD ( PROBETAS DE CORTE )				
DESCRIPCIÓN	CON NUDO			
MUESTRA	01	02	03	04
PESO DE GUADUA HUMEDA (gr)	177.4	106.7	102.2	132.7
PESO DE GUADUA SECA (gr)	155.6	94.2	90.1	117.2
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	21.80	12.50	12.10	15.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.29%	11.72%	11.84%	11.68%
C.H. PROMEDIO (%)	9.39%	9.60	92.6	102.2
	11.16%	13.30	105.9	119.2
	11.37%	11.20	87.3	98.5
	13.42%	17.60	113.5	131.1
	11.43%	13.50	104.6	118.1
	19.04%	25.80	109.7	135.5
	11.56%	11.40	87.2	98.6
	10.66%	13.00	108.9	121.9
	11.95%	15.40	113.5	128.9
	11.25%	10.50	82.8	93.3
	8.72%	6.60	69.1	75.7
	11.74%	13.80	103.7	117.5
	11.50%	12.80	98.5	111.3
	10.86%	9.10	74.7	83.8
	11.05%	11.70	94.2	105.9
	10.87%	9.60	78.7	88.3
	10.78%	8.80	72.8	81.6
	8.65%	6.90	72.9	79.8
	8.32%	8.20	90.4	98.6
	11.14%	16.30	130	146.3
	8.48%	8.20	88.5	96.7
	10.61%	8.90	75	83.9
	10.85%	9.20	75.6	84.8
	11.02%	13.50	109	122.5
	10.52%	8.90	75.7	84.6
	11.44%	13.20	102.2	115.4

Tabla N° 15: Contenido de Humedad - Corte

CONTENIDO DE HUMEDAD ( PROBETAS DE TRACCIÓN ⊥ )																														
DESCRIPCIÓN	CONNUDO			SINNUDO																										
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PESO DE GUADUA HUMEDA (gr)	347.03	265.57	318.74	253.25	303.24	327.49	265.73	335.44	338.91	285.02	252.94	294.84	285.82	327.55	346.11	269.15	282.49	339.26	343.17	334.51	335.79	311.61	348.67	341.27	303.47	289.04	282.96	271.32	346.00	295.13
PESO DE GUADUA SECA (gr)	312.4	240.95	285.42	228.41	274.47	295.97	240.06	300.66	302.48	253	225.94	266.26	257.45	296.75	307.64	242.8	251.52	302.57	306.13	303.82	303.7	281.11	312.08	303.41	275.93	261.51	251.48	246.38	314.83	264.67
PESO GUADUA HUMEDA - SECA (gr)	34.63	24.62	33.32	24.84	28.77	31.52	25.67	34.78	36.43	32.02	27.00	28.58	28.37	30.80	38.47	26.35	30.97	36.69	37.04	30.69	32.09	30.50	36.59	37.86	27.54	27.53	31.48	24.94	31.17	30.46
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.98%	9.27%	10.45%	9.81%	9.49%	9.62%	9.66%	10.37%	10.75%	11.23%	10.67%	9.69%	9.93%	9.40%	11.12%	9.79%	10.96%	10.82%	10.79%	9.17%	9.56%	9.79%	10.50%	11.09%	9.08%	9.52%	11.13%	9.19%	9.01%	10.32%
C.H. PROMEDIO (%)	10.07%																													

Tabla N° 16 Contenido de Humedad - Tracción ⊥

DENSIDAD

DENSIDAD (ESTADO NATURAL)

SIN NUDO															DESC.
15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	Nº ESP.
9.55	9.75	9.67	9.65	9.53	9.62	9.49	10.12	9.87	10.06	9.76	9.26	9.41	9.82	10.01	ALT. 1 (cm)
9.67	9.37	9.75	9.70	9.70	9.71	9.31	10.23	9.94	10.32	9.36	9.60	9.39	10.02	9.51	ALT. 2 (cm)
9.58	9.44	9.50	9.57	9.55	9.47	9.22	10.05	9.80	10.49	9.71	9.66	10.02	9.86	9.07	ALT. 3 (cm)
9.63	9.76	9.73	9.45	9.46	9.54	9.37	10.02	9.77	10.62	9.77	9.71	10.08	9.91	9.72	ALT. 4 (cm)
9.61	9.58	9.66	9.59	9.56	9.59	9.35	10.11	9.85	10.37	9.65	9.56	9.73	9.90	9.58	PROM. ALT. (cm)
6.12	5.68	4.14	6.06	6.54	4.11	5.66	6.42	5.88	6.41	6.62	6.42	6.51	6.51	5.92	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)
5.43	4.37	6.56	5.30	4.28	6.03	6.01	6.18	5.91	6.01	6.62	6.96	7.02	6.87	5.99	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)
4.47	6.57	4.95	5.07	6.80	6.25	5.04	6.51	5.70	6.19	6.91	6.90	6.81	6.68	5.87	DIAM. INT. INF. 1 (cm)
4.37	6.21	4.13	4.55	6.88	6.04	5.62	6.09	5.87	6.21	6.42	6.54	6.49	6.82	6.21	DIAM. INT. INF. 2 (cm)
5.10	5.71	4.95	5.25	6.13	5.61	5.58	6.30	5.84	6.21	6.64	6.71	6.71	6.72	6.00	PROM. DIAM. INT. (cm)
7.23	6.72	5.24	7.03	7.45	5.07	6.75	7.42	6.83	7.30	7.71	7.58	7.79	7.56	6.93	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)
6.37	5.42	7.61	6.45	5.35	7.07	6.89	7.21	6.89	7.09	7.79	8.08	8.20	7.91	6.98	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)
5.52	6.62	6.01	6.14	7.65	7.31	6.83	7.49	6.64	7.11	8.01	8.11	7.90	7.71	6.88	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)
5.27	7.11	5.20	5.35	7.98	7.10	6.96	7.15	6.78	7.15	7.58	7.78	7.72	7.89	7.20	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)
6.10	6.47	6.02	6.24	7.11	6.64	6.86	7.32	6.79	7.16	7.77	7.89	7.90	7.77	7.00	PROM. DIAM. EXT. (cm)
337.90	278.48	355.99	345.32	390.47	379.79	465.77	439.86	369.00	417.08	493.82	518.11	533.41	472.11	391.00	VOLUMEN (cm3)

Tabla N° 17: Tabla con medidas para cálculo de Densidades.

SIN NUDO															DESC.
15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	Nº ESP.
9.55	9.75	9.67	9.65	9.53	9.62	9.49	10.12	9.87	10.06	9.76	9.26	9.41	9.82	10.01	ALT. 1 (cm)
9.67	9.37	9.75	9.70	9.70	9.71	9.31	10.23	9.94	10.32	9.36	9.60	9.39	10.02	9.51	ALT. 2 (cm)
9.58	9.44	9.50	9.57	9.55	9.47	9.22	10.05	9.80	10.49	9.71	9.66	10.02	9.86	9.07	ALT. 3 (cm)
9.63	9.76	9.73	9.45	9.46	9.54	9.37	10.02	9.77	10.62	9.77	9.71	10.08	9.91	9.72	ALT. 4 (cm)
9.61	9.58	9.66	9.59	9.56	9.59	9.35	10.11	9.85	10.37	9.65	9.56	9.73	9.90	9.58	PROM. ALT. (cm)
5.99	5.53	4.02	5.93	6.41	3.98	5.53	6.24	5.71	6.26	6.50	6.27	6.38	6.42	5.79	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)
5.26	4.25	6.43	5.17	4.14	5.86	5.84	6.05	5.80	5.84	6.46	6.80	6.88	6.65	5.81	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)
4.31	6.44	4.77	4.88	6.66	6.06	4.86	6.33	5.58	6.02	6.78	6.75	6.67	6.55	5.75	DIAM. INT. INF. 1 (cm)
4.21	6.09	3.97	4.41	6.77	5.90	5.43	5.96	5.74	6.10	6.26	6.42	6.34	6.63	6.07	DIAM. INT. INF. 2 (cm)
4.94	5.58	4.80	5.10	6.00	5.45	5.42	6.15	5.71	6.06	6.50	6.56	6.57	6.56	5.86	PROM. DIAM. INT. (cm)
7.06	6.56	5.13	6.91	7.26	4.89	6.61	7.28	6.65	7.13	7.56	7.42	7.60	7.46	6.76	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)
6.20	5.29	7.47	6.30	5.19	6.93	6.71	7.07	6.76	6.91	7.64	7.89	8.03	7.73	6.81	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)
5.39	6.46	5.83	5.97	7.49	7.13	6.69	7.33	6.50	6.98	7.83	7.93	7.72	7.56	6.71	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)
5.12	6.94	5.01	5.24	7.86	6.93	6.82	6.96	6.59	6.97	7.42	7.60	7.60	7.61	7.02	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)
5.94	6.31	5.86	6.11	6.95	6.47	6.71	7.16	6.63	7.00	7.61	7.71	7.74	7.59	6.83	PROM. DIAM. EXT. (cm)
328.54	263.02	343.73	340.13	371.29	366.12	460.12	428.71	349.96	400.87	475.97	492.74	511.34	452.39	370.08	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )

Tabla N° 18: Tabla con medidas para cálculo de Densidades.

DENSIDAD (ESTADO SECO)

<b>D E N S I D A D ( E S T A D O N A T U R A L )</b>															
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SIN NUDO</b>														
<b>MUESTRAS</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>VOLUMEN DE LA GUADUA (cm<sup>3</sup>)</b>	391.00	472.11	533.41	518.11	493.82	417.08	369.00	439.86	465.77	379.79	390.47	345.32	355.99	278.48	337.90
<b>MASA DE LA GUADUA (gr)</b>	164.75	230.25	241.00	228.75	230.25	186.25	158.50	193.25	156.75	180.75	168.50	155.25	170.25	128.25	159.25
<b>DENSIDAD DE LA GUADUA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0.42	0.49	0.45	0.44	0.47	0.45	0.43	0.44	0.34	0.48	0.43	0.45	0.48	0.46	0.47
<b>DENSIDAD DE LA GUADUA (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	42.14	48.77	45.18	44.15	46.63	44.66	42.95	43.93	33.65	47.59	43.15	44.96	47.82	46.05	47.13
<b>DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>44.58</b>														

Tabla N° 19: Tabla Densidad - Estado Natural.

<b>D E N S I D A D ( E S T A D O S E C O )</b>															
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SIN NUDO</b>														
<b>MUESTRAS</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>VOLUMEN DE LA GUADUA (cm<sup>3</sup>)</b>	370.08	452.39	511.34	492.74	475.97	400.87	349.96	428.71	460.12	366.12	371.29	340.13	343.73	263.02	328.54
<b>MASA DE LA GUADUA (gr)</b>	149.25	207.50	217.00	206.00	207.00	168.50	143.50	174.50	142.25	143.50	153.00	129.50	130.75	108.00	145.75
<b>DENSIDAD DE LA GUADUA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0.40	0.46	0.42	0.42	0.43	0.42	0.41	0.41	0.31	0.39	0.41	0.38	0.38	0.41	0.44
<b>DENSIDAD DE LA GUADUA (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	40.33	45.87	42.44	41.81	43.49	42.03	41.00	40.70	30.92	39.19	41.21	38.07	38.04	41.06	44.36
<b>DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>40.70</b>														

Tabla N° 20: Tabla Densidad - Estado Seco

ABSORCIÓN

A B S O R C I Ó N																														
DESCRIPCIÓN	CONNUDO										SIN NUDO																			
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
PESO DE GUADUA NATURAL (gr)	65.90	92.10	96.40	91.50	92.10	74.50	63.40	77.30	62.70	86.60	75.80	69.40	78.30	72.40	85.20	117.70	89.40	121.80	82.20	115.10	84.70	107.40	97.70	112.40	103.70	114.50	105.30	95.80	100.60	106.50
PESO DE GUADUA SECA (gr)	59.70	83.00	86.80	82.40	82.80	67.40	57.40	69.80	56.90	77.40	67.30	62.30	70.80	64.80	77.30	105.10	80.60	109.30	74.00	103.20	76.30	96.50	86.30	92.80	91.40	90.50	93.40	86.10	91.20	94.60
PESO DE GUADUA SATURADO 1º DIA (gr)	90.50	115.00	124.00	118.30	119.10	106.30	92.70	105.70	89.90	106.70	100.20	96.20	97.50	98.30	106.80	153.90	128.10	157.50	119.20	150.80	121.50	143.50	135.60	139.40	138.50	138.50	141.60	131.40	136.90	144.80
PESO DE GUADUA SATURADO 2º DIA (gr)	105.30	138.70	148.70	140.90	142.60	122.90	106.30	122.90	102.80	123.40	118.60	110.60	121.60	115.60	128.30	184.20	144.90	182.20	134.80	175.00	141.20	164.70	151.70	163.60	157.20	165.70	162.40	151.30	158.60	165.80
PESO GUADUA SECA - SATURADO 1º (gr)	30.80	32.00	37.20	35.90	36.30	38.90	35.30	35.90	33.00	29.30	32.90	33.90	26.70	33.50	29.50	48.80	47.50	48.20	45.20	47.60	45.20	47.00	49.30	46.60	47.10	48.00	48.20	45.30	45.70	50.20
PESO GUADUA SECA - SATURADO 2º (gr)	45.60	55.70	61.90	58.50	59.80	55.50	48.90	53.10	45.90	46.00	51.30	48.30	50.80	50.80	51.00	79.10	64.30	72.90	60.80	71.80	64.90	68.20	65.40	70.80	65.80	75.20	69.00	65.20	67.40	71.20
PESO GUADUA ABSORCIÓN MÁXIMA (gr)	39.40	46.60	52.30	49.40	50.50	48.40	42.90	45.60	40.10	36.80	42.80	41.20	43.30	43.20	43.10	66.50	55.50	60.40	52.60	59.90	56.50	57.30	54.00	51.20	53.50	51.20	57.10	55.50	58.00	59.30
ABSORCIÓN MÁXIMA (%)	59.79%	50.60%	54.25%	53.99%	54.83%	64.97%	67.67%	58.99%	63.96%	53.12%	67.68%	69.60%	64.88%	70.17%	59.86%	67.20%	71.92%	59.85%	73.97%	62.38%	76.62%	63.50%	66.94%	62.99%	63.45%	65.68%	65.53%	68.06%	67.00%	66.85%
ABS. MÁX. PROMEDIO (%)	63.88%																													

Tabla N° 21: Tabla de edicula de absorción finales

**CONTRACCIÓN**

**C O N T R A C C I Ó N ( E S T A D O N A T U R A L )**

DESC.	Nº ESP.	ALT. 1 (cm)	ALT. 2 (cm)	ALT. 3 (cm)	ALT. 4 (cm)	PROM. ALT. (cm)	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)	DIAM. INT. INF. 1 (cm)	DIAM. INT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )
CON NUDO	01	10.52	10.37	10.19	10.11	10.30	6.88	6.54	4.05	3.52	5.25	8.05	7.72	8.31	8.28	8.09	1,226.47
	02	9.71	9.70	9.41	9.62	9.61	6.23	6.56	6.11	5.99	6.22	7.25	7.55	7.02	7.07	7.22	405.91
	03	9.79	9.72	9.84	9.85	9.80	6.56	6.72	6.49	7.01	6.70	7.71	7.91	7.85	8.21	7.92	551.20
	04	9.82	9.71	9.72	9.76	9.75	6.11	5.89	5.71	5.78	5.87	7.19	6.93	6.67	6.73	6.88	393.65
	05	9.62	9.74	9.76	9.45	9.64	6.86	6.56	6.82	6.57	6.70	7.94	7.60	8.09	7.87	7.88	517.77
	06	9.61	9.69	9.69	9.58	9.64	5.75	5.91	6.06	6.20	5.98	6.71	6.81	7.14	7.26	6.98	392.59
	07	9.73	9.57	9.40	9.35	9.51	4.26	6.57	6.75	5.34	5.73	5.14	7.48	7.52	6.26	6.60	320.57
	08	9.48	9.52	9.70	9.36	9.52	5.67	6.91	4.54	6.93	6.01	6.25	7.42	5.65	7.99	6.83	312.81
	09	9.51	9.46	9.61	9.43	9.50	6.98	5.47	4.03	4.13	5.15	7.43	6.61	5.05	5.23	6.08	311.01
	10	9.59	9.48	9.70	9.70	9.62	5.99	4.52	5.75	5.42	5.42	6.43	5.45	6.87	5.53	6.07	225.66
	11	9.42	9.55	9.63	9.61	9.84	4.02	6.27	5.60	5.36	5.31	4.89	7.32	6.67	5.24	6.03	251.63
	12	9.40	9.76	9.60	9.68	9.61	6.60	4.68	4.43	6.13	5.46	7.47	5.58	5.63	7.07	6.44	351.11
	13	9.78	9.49	9.47	9.75	9.62	6.04	4.65	6.18	4.98	5.46	6.93	5.67	7.23	6.01	6.46	359.52
	14	9.59	9.52	9.58	9.50	9.55	4.55	5.97	6.50	5.96	5.75	5.41	6.99	7.35	6.01	6.44	254.01
	15	9.66	9.50	9.54	9.74	9.61	4.93	5.93	5.66	5.86	5.60	5.85	7.01	6.71	6.93	6.63	380.00
SIN NUDO	01	10.01	9.51	9.07	9.72	9.58	5.92	5.99	5.87	6.21	6.00	6.93	6.98	6.88	7.20	7.00	391.00
	02	9.82	10.02	9.86	9.91	9.90	6.51	6.87	6.68	6.82	6.72	7.56	7.91	7.71	7.89	7.77	472.11
	03	9.41	9.39	10.02	10.08	9.73	6.51	7.02	6.81	6.49	6.71	7.79	8.20	7.90	7.72	7.90	533.41
	04	9.26	9.60	9.66	9.71	9.56	6.42	6.96	6.90	6.54	6.71	7.58	8.08	8.11	7.78	7.89	518.11
	05	9.76	9.36	9.71	9.77	9.65	6.62	6.62	6.91	6.42	6.64	7.71	7.79	8.01	7.58	7.77	493.82
	06	10.06	10.32	10.49	10.62	10.37	6.41	6.01	6.19	6.21	6.21	7.30	7.09	7.11	7.15	7.16	417.08
	07	9.87	9.94	9.80	9.77	9.85	5.88	5.91	5.70	5.87	5.84	6.83	6.89	6.64	6.78	6.79	369.00
	08	10.12	10.23	10.05	10.02	10.11	6.42	6.18	6.51	6.09	6.30	7.42	7.21	7.49	7.15	7.32	439.86
	09	9.49	9.31	9.22	9.37	9.35	5.66	6.01	5.04	5.62	5.58	6.75	6.89	6.83	6.96	6.86	465.77
	10	9.62	9.71	9.47	9.54	9.59	4.11	6.03	6.25	6.04	5.61	5.07	7.07	7.31	7.10	6.64	379.79
	11	9.53	9.70	9.55	9.46	9.56	6.54	4.28	6.80	6.88	6.13	7.45	5.35	7.65	7.98	7.11	390.47
	12	9.65	9.70	9.57	9.45	9.59	6.06	5.30	5.07	4.55	5.25	7.03	6.45	6.14	5.35	6.24	345.32
	13	9.67	9.75	9.50	9.73	9.66	4.14	6.56	4.95	4.13	4.95	5.24	7.61	6.01	5.20	6.02	355.99
	14	9.75	9.37	9.44	9.76	9.58	5.68	4.37	6.57	6.21	5.71	6.72	5.42	6.62	7.11	6.47	278.48
	15	9.55	9.67	9.58	9.63	9.61	6.12	5.43	4.47	4.37	5.10	7.23	6.37	5.52	5.27	6.10	337.90

Tabla N° 22: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.

**CONTRACCIÓN (ESTADO SECO)**

DESC.	Nº ESP.	ALT. 1 (cm)	ALT. 2 (cm)	ALT. 3 (cm)	ALT. 4 (cm)	PROM. ALT. (cm)	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)	DIAM. INT. INF. 1 (cm)	DIAM. INT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )
CON NUDO	01	10.52	10.37	10.19	10.11	10.30	6.69	6.36	3.85	3.34	5.06	7.87	7.55	8.11	8.09	7.91	1,193.26
	02	9.71	9.70	9.41	9.62	9.61	6.07	6.49	5.96	5.86	6.10	7.09	7.38	6.92	6.88	7.07	386.46
	03	9.79	9.72	9.84	9.85	9.80	6.37	6.53	6.29	6.84	6.51	7.51	7.71	7.65	8.02	7.72	532.30
	04	9.82	9.71	9.72	9.76	9.75	5.93	5.69	5.50	5.57	5.67	6.99	6.75	6.48	6.53	6.69	384.37
	05	9.62	9.74	9.76	9.45	9.64	6.67	6.35	6.64	6.37	6.51	7.73	7.41	7.91	7.69	7.69	506.24
	06	9.61	9.69	9.69	9.58	9.64	5.54	5.72	5.85	6.00	5.78	6.52	6.61	6.93	7.07	6.78	382.38
	07	9.73	9.57	9.40	9.35	9.51	4.07	6.37	6.57	5.16	5.54	4.93	7.30	7.32	6.08	6.41	308.91
	08	9.48	9.52	9.70	9.36	9.52	5.46	6.70	4.36	6.76	5.82	6.05	7.24	5.48	7.82	6.65	308.39
	09	9.51	9.46	9.61	9.43	9.50	6.78	5.29	3.83	3.93	4.96	7.24	6.42	4.86	5.06	5.90	303.73
	10	9.59	9.48	9.70	9.70	9.62	5.81	4.32	5.55	5.25	5.23	6.22	5.26	6.69	5.33	5.88	215.63
	11	9.42	9.55	9.63	9.61	9.55	3.82	6.06	5.40	5.15	5.11	4.71	7.12	6.47	5.04	5.84	238.90
	12	9.40	9.76	9.60	9.68	9.61	6.40	4.50	4.23	5.96	5.27	7.27	5.38	5.44	6.86	6.24	335.33
	13	9.78	9.49	9.47	9.75	9.62	5.86	4.48	5.98	4.78	5.28	6.75	5.48	7.03	5.82	6.27	347.26
	14	9.59	9.52	9.58	9.50	9.55	4.37	5.79	6.33	5.77	5.57	5.20	6.79	7.14	5.82	6.24	238.07
	15	9.66	9.50	9.54	9.74	9.61	4.76	5.75	5.47	5.68	5.42	5.67	6.80	6.53	6.72	6.43	362.97
SIN NUDO	01	10.01	9.51	9.07	9.72	9.58	5.79	5.81	5.75	6.07	5.86	6.76	6.81	6.71	7.02	6.83	370.08
	02	9.82	10.02	9.86	9.91	9.90	6.42	6.65	6.55	6.63	6.56	7.46	7.73	7.56	7.61	7.59	452.39
	03	9.41	9.39	10.02	10.08	9.73	6.38	6.88	6.67	6.34	6.57	7.60	8.03	7.72	7.60	7.74	511.34
	04	9.26	9.60	9.66	9.71	9.56	6.27	6.80	6.75	6.42	6.56	7.42	7.89	7.93	7.60	7.71	492.74
	05	9.76	9.36	9.71	9.77	9.65	6.50	6.46	6.78	6.26	6.50	7.56	7.64	7.83	7.42	7.61	475.97
	06	10.06	10.32	10.49	10.62	10.37	6.26	5.84	6.02	6.10	6.06	7.13	6.91	6.98	6.97	7.00	400.87
	07	9.87	9.94	9.80	9.77	9.85	5.71	5.80	5.58	5.74	5.71	6.65	6.76	6.50	6.59	6.63	349.96
	08	10.12	10.23	10.05	10.02	10.11	6.24	6.05	6.33	5.96	6.15	7.28	7.07	7.33	6.96	7.16	428.71
	09	9.49	9.31	9.22	9.37	9.35	5.53	5.84	4.86	5.43	5.42	6.61	6.71	6.69	6.82	6.71	460.12
	10	9.62	9.71	9.47	9.54	9.59	3.98	5.86	6.06	5.90	5.45	4.89	6.93	7.13	6.93	6.47	366.12
	11	9.53	9.70	9.55	9.46	9.56	6.41	4.14	6.66	6.77	6.00	7.26	5.19	7.49	7.86	6.95	371.29
	12	9.65	9.70	9.57	9.45	9.59	5.93	5.17	4.88	4.41	5.10	6.91	6.30	5.97	5.24	6.11	340.13
	13	9.67	9.75	9.50	9.73	9.66	4.02	6.43	4.77	3.97	4.80	5.13	7.47	5.83	5.01	5.86	343.73
	14	9.75	9.37	9.44	9.76	9.58	5.53	4.25	6.44	6.09	5.58	6.56	5.29	6.46	6.94	6.31	263.02
	15	9.55	9.67	9.58	9.63	9.61	5.99	5.26	4.31	4.21	4.94	7.06	6.20	5.39	5.12	5.94	328.54

Tabla N° 23: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.



**CONTRACCIÓN (ESTADO SATURADO 1º DIA)**

DESC.	Nº ESP.	ALT. 1 (cm)	ALT. 2 (cm)	ALT. 3 (cm)	ALT. 4 (cm)	PROM. ALT. (cm)	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)	DIAM. INT. INF. 1 (cm)	DIAM. INT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )
CON NUDO	01	10.52	10.37	10.19	10.11	10.30	7.04	6.69	4.19	3.66	5.40	8.32	7.96	8.56	8.56	8.35	1,313.97
	02	9.71	9.70	9.41	9.62	9.61	6.34	6.67	6.23	6.09	6.33	7.56	7.84	7.22	7.29	7.48	477.39
	03	9.79	9.72	9.84	9.85	9.80	6.71	6.85	6.67	7.17	6.85	7.94	8.21	8.11	8.43	8.17	611.67
	04	9.82	9.71	9.72	9.76	9.75	6.15	6.06	5.82	5.85	5.97	7.41	7.16	6.98	6.98	7.13	466.67
	05	9.62	9.74	9.76	9.45	9.64	6.93	6.63	6.96	6.65	6.79	8.11	7.91	8.32	8.07	8.10	591.09
	06	9.61	9.69	9.69	9.58	9.64	5.91	5.98	6.07	6.26	6.06	7.03	7.12	7.34	7.50	7.25	480.54
	07	9.73	9.57	9.40	9.35	9.51	4.32	6.65	6.84	5.43	5.81	5.35	7.76	7.85	6.54	6.88	403.72
	08	9.48	9.52	9.70	9.36	9.52	5.72	7.06	4.62	7.02	6.11	6.43	7.72	5.93	8.25	7.08	385.33
	09	9.51	9.46	9.61	9.43	9.50	7.03	5.53	4.11	4.28	5.24	7.84	6.93	5.36	5.54	6.42	410.57
	10	9.59	9.48	9.70	9.70	9.62	6.14	4.68	5.89	5.58	5.57	6.67	5.77	7.15	5.68	6.32	267.64
	11	9.42	9.55	9.63	9.61	9.55	4.18	6.42	5.76	5.51	5.47	5.21	7.57	6.93	5.40	6.28	285.50
	12	9.40	9.76	9.60	9.68	9.61	6.65	4.71	4.49	6.18	5.51	7.73	5.75	5.91	7.24	6.66	422.36
	13	9.78	9.49	9.47	9.75	9.62	6.21	4.78	6.35	5.14	5.62	7.22	5.96	7.55	6.27	6.75	422.56
	14	9.59	9.52	9.58	9.50	9.55	4.69	6.14	6.68	6.14	5.91	5.68	7.28	7.58	6.31	6.71	302.94
	15	9.66	9.50	9.54	9.74	9.61	5.06	6.09	5.82	5.92	5.72	6.12	7.25	7.04	7.32	6.93	462.30
SIN NUDO	01	10.01	9.51	9.07	9.72	9.58	5.87	5.92	5.83	6.17	5.95	7.38	7.43	7.30	7.75	7.47	612.41
	02	9.82	10.02	9.86	9.91	9.90	6.47	6.76	6.54	6.75	6.63	7.91	8.34	8.15	8.31	8.18	712.86
	03	9.41	9.39	10.02	10.08	9.73	6.46	6.93	6.71	6.37	6.62	8.12	8.62	8.31	8.13	8.30	764.28
	04	9.26	9.60	9.66	9.71	9.56	6.40	7.08	6.69	6.51	6.67	8.79	8.36	8.33	7.98	8.37	765.19
	05	9.76	9.36	9.71	9.77	9.65	6.58	6.57	6.83	6.36	6.59	8.09	8.13	8.42	7.93	8.14	695.40
	06	10.06	10.32	10.49	10.62	10.37	6.36	5.92	6.02	6.13	6.11	7.65	7.41	7.63	7.68	7.59	662.95
	07	9.87	9.94	9.80	9.77	9.85	5.76	5.86	5.65	5.72	5.75	7.23	7.28	7.09	7.23	7.21	585.00
	08	10.12	10.23	10.05	10.02	10.11	6.35	6.11	6.42	6.00	6.22	7.85	7.64	7.93	7.63	7.76	684.69
	09	9.49	9.31	9.22	9.37	9.35	5.57	5.89	4.93	5.57	5.49	7.16	7.35	7.31	7.35	7.29	676.61
	10	9.62	9.71	9.47	9.54	9.59	4.07	5.93	6.16	5.93	5.52	5.51	7.52	7.81	7.65	7.12	609.23
	11	9.53	9.70	9.55	9.46	9.56	6.47	4.17	6.69	6.73	6.02	7.93	5.83	8.02	8.38	7.54	620.84
	12	9.65	9.70	9.57	9.45	9.59	6.51	5.23	4.91	4.46	5.28	7.57	7.09	6.71	5.93	6.83	564.40
	13	9.67	9.75	9.50	9.73	9.66	4.06	6.43	4.83	4.01	4.83	5.69	8.03	6.46	5.78	6.49	569.69
	14	9.75	9.37	9.44	9.76	9.58	5.56	4.27	6.46	6.13	5.61	7.13	5.89	7.07	7.63	6.93	499.87
	15	9.55	9.67	9.58	9.63	9.61	6.03	5.36	4.38	4.28	5.01	7.73	6.96	5.98	5.82	6.62	565.40

Tabla N° 24: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.

**CONTRACCIÓN (ESTADO SATURADO 2° DIA)**

DESC.	Nº ESP.	ALT. 1 (cm)	ALT. 2 (cm)	ALT. 3 (cm)	ALT. 4 (cm)	PROM. ALT. (cm)	DIAM. INT. SUP. 1 (cm)	DIAM. INT. SUP. 2 (cm)	DIAM. INT. INF. 1 (cm)	DIAM. INT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. SUP. 1 (cm)	DIAM. EXT. SUP. 2 (cm)	DIAM. EXT. INF. 1 (cm)	DIAM. EXT. INF. 2 (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)	VOLUMEN (cm3)
ORDIN NOC	01	10.52	10.37	10.19	10.11	10.30	6.91	6.57	3.97	3.62	5.27	8.51	8.09	8.75	8.76	8.53	1,454.86
	02	9.71	9.70	9.41	9.62	9.61	6.40	6.74	6.29	6.22	6.41	7.66	8.21	7.43	8.32	7.91	645.14
	03	9.79	9.72	9.84	9.85	9.80	6.45	6.68	6.43	6.93	6.62	8.09	8.35	8.30	8.56	8.33	783.49
	04	9.82	9.71	9.72	9.76	9.75	6.01	5.85	5.65	5.65	5.79	7.61	7.56	7.05	7.11	7.33	620.17
	05	9.62	9.74	9.76	9.45	9.64	6.83	6.46	6.75	6.53	6.64	8.37	8.15	8.40	8.47	8.35	774.22
	06	9.61	9.69	9.69	9.58	9.64	5.68	5.85	5.89	6.15	5.89	6.99	7.24	7.60	7.40	7.31	565.81
	07	9.73	9.57	9.40	9.35	9.51	4.21	6.55	6.65	5.25	5.67	5.54	8.04	7.83	6.75	7.04	522.06
	08	9.48	9.52	9.70	9.36	9.52	5.54	6.29	4.46	6.86	5.79	6.65	7.84	6.05	8.14	7.17	535.48
	09	9.51	9.46	9.61	9.43	9.50	6.99	5.34	3.95	4.05	5.08	7.90	7.09	5.56	5.77	6.58	521.37
	10	9.59	9.48	9.70	9.70	9.62	5.87	4.43	5.65	5.37	5.33	6.97	6.01	7.32	6.09	6.60	456.78
	11	9.42	9.55	9.63	9.61	9.55	3.87	6.16	5.47	5.27	5.19	5.32	7.90	7.02	5.64	6.47	447.12
	12	9.40	9.76	9.60	9.68	9.61	6.45	4.47	4.32	5.96	5.30	7.83	5.97	6.12	7.43	6.84	563.40
	13	9.78	9.49	9.47	9.75	9.62	5.97	4.47	6.02	4.78	5.31	7.28	5.98	7.73	6.45	6.86	570.24
	14	9.59	9.52	9.58	9.50	9.55	4.37	5.84	6.43	5.83	5.62	5.77	7.42	7.87	6.46	6.88	473.25
	15	9.66	9.50	9.54	9.74	9.61	4.85	5.78	5.54	5.79	5.49	6.15	7.60	7.14	7.45	7.09	605.54
SIN NUDO	01	10.01	9.51	9.07	9.72	9.58	7.28	6.68	4.22	3.80	5.50	8.70	8.03	8.61	8.66	8.50	1,265.38
	02	9.82	10.02	9.86	9.91	9.90	7.75	8.18	5.41	5.52	6.71	9.15	9.57	9.33	9.55	9.40	1,345.59
	03	9.41	9.39	10.02	10.08	9.73	7.75	8.35	5.52	5.26	6.72	9.43	9.92	9.56	9.34	9.56	1,414.41
	04	9.26	9.60	9.66	9.71	9.56	7.64	8.28	5.59	5.30	6.70	9.17	9.78	9.81	9.41	9.54	1,386.19
	05	9.76	9.36	9.71	9.77	9.65	7.88	7.88	5.60	5.20	6.64	9.33	9.43	9.69	9.17	9.40	1,345.53
	06	10.06	10.32	10.49	10.62	10.37	7.63	7.15	5.01	5.03	6.21	8.83	8.58	8.60	8.65	8.67	1,192.54
	07	9.87	9.94	9.80	9.77	9.85	7.00	7.03	4.62	4.75	5.85	8.26	8.34	8.03	8.20	8.21	1,026.03
	08	10.12	10.23	10.05	10.02	10.11	7.64	7.35	5.27	4.93	6.30	8.98	8.72	9.06	8.65	8.85	1,228.77
	09	9.49	9.31	9.22	9.37	9.35	6.74	7.15	4.08	4.55	5.63	8.17	8.34	8.26	8.42	8.30	1,090.87
	10	9.62	9.71	9.47	9.54	9.59	4.89	7.18	5.06	4.89	5.51	6.13	8.55	8.85	8.59	8.03	1,029.65
	11	9.53	9.70	9.55	9.46	9.56	7.78	5.09	5.51	5.57	5.99	9.01	6.47	9.26	9.66	8.60	1,144.02
	12	9.65	9.70	9.57	9.45	9.59	7.21	6.31	4.11	3.69	5.33	8.51	7.80	7.43	6.47	7.55	864.00
	13	9.67	9.75	9.50	9.73	9.66	4.93	7.81	4.01	3.35	5.02	6.34	9.21	7.27	6.29	7.28	842.41
	14	9.75	9.37	9.44	9.76	9.58	6.76	5.20	5.32	5.03	5.58	8.13	6.56	8.01	8.60	7.83	906.78
	15	9.55	9.67	9.58	9.63	9.61	7.28	6.46	3.62	3.54	5.23	8.75	7.71	6.68	6.38	7.38	818.59

Tabla N° 25: Tabla con medidas para cálculo de Contracción.

C O N T R A C C I Ó N (NATURAL A SECO)															
MUESTRAS	CON NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	1,226.47	405.91	551.20	393.65	517.77	392.59	320.57	312.81	311.01	225.66	251.63	351.11	359.52	254.01	391.00
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)	1,193.26	386.46	532.30	384.37	506.24	382.38	308.91	308.39	303.73	215.63	238.90	335.33	347.26	238.07	370.08
VOLUMEN SECA - NATURAL (cm3)	-33.21	-19.45	-18.90	-9.28	-11.53	-10.21	-11.66	-4.42	-7.28	-10.03	-12.73	-15.78	-12.26	-15.94	-20.92
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	-13.98														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	-14.76														
MUESTRAS	SIN NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	472.11	533.41	518.11	493.82	417.08	369.00	439.86	465.77	379.79	390.47	345.32	355.99	278.48	337.90	
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)	452.39	511.34	492.74	475.97	400.87	349.96	428.71	465.77	366.12	371.29	340.13	343.73	263.02	328.54	
VOLUMEN SECA - NATURAL (cm3)	-19.72	-22.07	-25.37	-17.85	-16.21	-19.04	-11.15	-5.65	-13.67	-19.18	-5.19	-12.26	-15.46	-9.36	
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	-15.54														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	-14.76														

Tabla N° 26: Contracción - Natural a Seco.

C O N T R A C C I Ó N (NATURAL A SATURADO 1º DIA)															
MUESTRAS	CON NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	1,226.47	405.91	551.20	393.65	517.77	392.59	320.57	312.81	311.01	225.66	251.63	351.11	359.52	254.01	391.00
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 1º (cm3)	1,313.97	477.39	611.67	466.67	591.09	480.54	403.72	385.33	410.57	267.64	285.50	422.36	422.56	302.94	612.41
VOLUMEN SATURADO 1º - NATURAL (cm3)	87.50	71.48	60.47	73.02	73.32	87.95	83.15	72.52	99.56	41.98	33.87	71.25	63.04	48.93	221.41
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	70.02														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	148.37														
MUESTRAS	SIN NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	472.11	533.41	518.11	493.82	417.08	369.00	439.86	465.77	379.79	390.47	345.32	355.99	278.48	337.90	
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 1º (cm3)	612.41	712.86	764.28	765.19	695.40	662.95	585.00	684.69	676.61	609.23	620.84	564.40	569.69	499.87	565.40
VOLUMEN SATURADO 1º - NATURAL (cm3)	221.41	240.75	230.87	247.08	201.58	245.87	216.00	244.83	210.84	229.44	230.37	219.08	213.70	221.39	227.50
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	226.71														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	148.37														

Tabla N° 27: Contracción - Natural a Saturado 1º Día.

C O N T R A C C I Ó N (NATURAL A SATURADO 2º DIA)															
MUESTRAS	CON NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	1,226.4	405.91	551.20	393.65	517.77	392.59	320.57	312.81	311.01	225.66	251.63	351.11	359.52	254.01	380.00
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 2º (cm3)	1,454.86	645.14	783.49	620.17	774.22	565.81	522.06	535.48	521.37	456.78	447.12	563.40	570.24	473.25	605.54
VOLUMEN SATURADO 2º - NATURAL (cm3)	228.39	239.23	232.29	226.52	256.45	173.22	201.49	222.67	210.36	231.12	195.49	212.29	210.72	219.24	225.54
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	219.00														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	466.59														
C O N T R A C C I Ó N (SECO A SATURADO 1º DIA)															
MUESTRAS	CON NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)	1,193.26	386.46	532.30	384.37	506.24	382.38	308.91	308.39	303.73	215.63	238.90	335.33	347.26	238.07	362.97
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 1º (cm3)	1,313.97	477.39	611.67	466.67	591.09	480.54	403.72	385.33	410.57	267.64	285.50	422.36	422.56	302.94	462.30
VOLUMEN SATURADO 1º - SECA (cm3)	120.71	90.93	79.37	82.30	84.85	98.16	94.81	76.94	106.84	52.01	46.60	87.03	75.30	64.87	99.33
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	84.00														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	163.13														
C O N T R A C C I Ó N (SECO A SATURADO 2º DIA)															
MUESTRAS	CON NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA NATURAL (cm3)	391.00	472.11	533.41	518.11	493.82	417.08	369.00	439.86	465.77	379.79	390.47	345.32	355.99	278.48	337.90
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 2º (cm3)	1,265.38	1,345.59	1,414.41	1,386.19	1,345.53	1,192.54	1,026.03	1,228.77	1,090.87	1,029.65	1,144.02	864.00	842.41	906.78	818.59
VOLUMEN SATURADO 2º - NATURAL (cm3)	874.38	873.48	881.00	868.08	851.71	775.46	657.03	788.91	625.10	649.86	753.55	518.68	486.42	628.30	480.69
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	714.18														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	466.59														

Tabla N° 28: Contracción - Natural a Saturado 2º Día

C O N T R A C C I Ó N (SECO A SATURADO 1º DIA)															
MUESTRAS	CON NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)	1,193.26	386.46	532.30	384.37	506.24	382.38	308.91	308.39	303.73	215.63	238.90	335.33	347.26	238.07	362.97
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 1º (cm3)	1,313.97	477.39	611.67	466.67	591.09	480.54	403.72	385.33	410.57	267.64	285.50	422.36	422.56	302.94	462.30
VOLUMEN SATURADO 1º - SECA (cm3)	120.71	90.93	79.37	82.30	84.85	98.16	94.81	76.94	106.84	52.01	46.60	87.03	75.30	64.87	99.33
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	84.00														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	163.13														
C O N T R A C C I Ó N (SECO A SATURADO 2º DIA)															
MUESTRAS	CON NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)	370.08	452.39	511.34	492.74	475.97	400.87	349.96	428.71	460.12	366.12	371.29	340.13	343.73	263.02	328.54
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 1º (cm3)	612.41	712.86	764.28	765.19	695.40	662.95	585.00	684.69	676.61	609.23	620.84	564.40	569.69	499.87	565.40
VOLUMEN SATURADO 1º - SECA (cm3)	242.33	260.47	252.94	272.45	219.43	262.08	235.04	255.98	216.49	243.11	249.55	224.27	225.96	236.85	236.86
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	242.25														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	163.13														

Tabla N° 29: Contracción - Seco a Saturado 1º Día

C O N T R A C C I Ó N (SECO A SATURADO 1º DIA)																														
MUESTRAS	CON NUDO															SIN NUDO														
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
VOLUMEN DE LA GUADUA SECA (cm3)	1,193.26	386.46	532.30	384.37	506.24	382.38	308.91	308.39	303.73	215.63	238.90	335.33	347.26	238.07	362.97	370.08	452.39	511.34	492.74	475.97	400.87	349.96	428.71	460.12	366.12	371.29	340.13	343.73	263.02	328.54
VOLUMEN DE LA GUADUA SATURADO 2º (cm3)	1,454.86	645.14	783.49	620.17	774.22	565.81	522.06	535.48	521.37	456.78	447.12	563.40	570.24	473.25	605.54	1,265.38	1,345.59	1,414.41	1,386.19	1,345.53	1,192.54	1,026.03	1,228.77	1,090.87	1,029.65	1,144.02	864.00	842.41	906.78	818.59
VOLUMEN SATURADO 2º - SECA (cm3)	261.60	258.68	251.19	235.80	267.98	183.43	213.15	227.09	217.64	241.15	208.22	228.07	222.98	235.18	242.57	895.30	893.20	903.07	893.45	869.56	791.67	676.07	800.06	630.75	663.53	772.73	523.87	498.68	643.76	490.05
EXPANSIÓN PROMEDIO (cm3)	232.98															729.72														
EXPANSIÓN PROMEDIO TOTAL (cm3)	481.35																													

Tabla N° 30: Contracción - Sec. a Sat. 2º Día.

**DATOS PARA ENSAYOS MECANICOS**

**FLEXIÓN**

ENSAYOS A FLEXIÓN												
Nº ESP.	LONGITUD (mm)	DIAMETRO 1 Int. (cm)	DIAMETRO 1 Ext. (cm)	DIAMETRO 2 Int. (cm)	DIAMETRO 2 Ext. (cm)	DIAMETRO 3 Int. (cm)	DIAMETRO 3 Ext. (cm)	DIAMETRO PROMEDIO Int. (mm)	DIAMETRO PROMEDIO Ext. (mm)	t (Variación de Diámetros) (mm)	I (Momento de Inercia) (mm <sup>4</sup> )	ÁREA (mm <sup>2</sup> )
1	3,130.70	7.69	8.45	7.29	8.31	7.17	8.12	73.83	82.93	9.10	1,460,179.80	1,120.43
2	3,164.50	8.15	9.16	8.27	9.26	7.68	8.77	80.33	90.63	10.30	2,131,404.68	1,383.05
3	3,178.30	7.38	8.13	8.12	8.94	7.28	8.16	75.93	84.10	8.17	1,420,354.69	1,026.47
4	3,177.30	7.89	8.71	7.80	8.75	7.26	8.16	76.50	85.40	8.90	1,585,889.54	1,131.69
5	3,174.80	7.57	8.32	7.60	8.50	8.11	8.91	77.60	85.77	8.17	1,515,212.34	1,047.85
6	3,178.40	7.99	8.83	7.49	8.56	8.13	8.88	78.70	87.57	8.87	1,718,788.19	1,157.86
7	3,188.50	7.85	8.61	7.19	8.16	8.03	8.75	76.90	85.07	8.17	1,474,872.06	1,038.87
8	3,169.90	7.87	8.88	7.84	8.93	7.22	8.26	76.43	86.90	10.47	1,869,757.22	1,342.68
9	3,152.00	7.38	8.19	7.16	8.08	7.51	8.49	73.50	82.53	9.03	1,429,818.51	1,107.02
10	3,164.50	7.31	8.05	8.09	9.13	8.16	9.03	78.54	87.37	8.82	1,699,915.22	1,149.58
11	3,164.90	7.37	8.19	7.19	8.01	8.15	8.97	75.70	83.90	8.20	1,413,278.02	1,027.87
12	3,153.20	8.07	8.81	7.56	8.32	8.15	8.86	79.27	86.63	7.37	1,453,240.76	959.86
13	3,163.10	7.46	8.27	7.66	8.69	7.85	8.81	76.57	85.90	9.33	1,669,635.45	1,190.94
14	3,168.40	7.55	8.51	7.19	7.93	7.73	8.75	74.90	83.97	9.07	1,517,995.93	1,131.28
15	3,184.50	8.28	9.29	8.17	8.89	7.16	7.95	78.70	87.10	8.40	1,626,233.81	1,093.84
16	3,169.90	7.52	8.25	8.28	9.15	8.22	9.30	80.07	89.00	8.93	1,823,063.06	1,186.21
17	3,180.70	7.49	8.39	7.54	8.42	8.21	9.18	77.47	86.63	9.17	1,696,894.28	1,181.44
18	3,178.80	7.43	8.31	7.30	8.04	8.02	8.94	75.83	84.30	8.47	1,468,023.33	1,064.84
19	3,172.20	7.33	8.12	7.17	8.23	7.65	8.73	73.83	83.60	9.77	1,570,714.43	1,207.63
20	3,179.20	7.11	7.85	8.13	9.05	7.10	8.11	74.47	83.35	8.88	1,461,027.41	1,101.08
21	3,170.60	7.50	8.42	8.25	9.33	7.43	8.22	77.27	86.57	9.30	1,709,093.79	1,196.67
22	3,156.50	7.87	8.69	7.44	8.15	7.79	8.54	77.00	84.60	7.60	1,375,802.36	964.59
23	3,167.80	7.49	8.46	7.58	8.59	8.10	9.08	77.23	87.10	9.87	1,814,158.93	1,273.46
24	3,184.50	7.85	8.87	8.17	8.95	7.94	8.94	79.87	89.20	9.33	1,892,710.49	1,239.32
25	3,179.00	8.03	8.94	7.49	8.26	7.51	8.56	76.77	85.87	9.10	1,639,379.66	1,162.36
26	3,189.70	8.08	8.79	7.97	8.81	7.34	8.12	77.97	85.73	7.77	1,459,855.26	998.56
27	3,167.50	7.71	8.44	8.11	8.91	7.60	8.44	78.07	85.97	7.90	1,491,106.55	1,017.77
28	3,168.70	8.24	8.95	7.25	8.20	7.22	8.27	75.70	84.73	9.03	1,560,760.32	1,138.24
29	3,176.50	7.54	8.29	7.15	7.87	7.88	8.67	75.23	82.77	7.53	1,272,362.31	934.83
30	3,189.80	7.11	8.03	7.88	8.71	7.14	8.20	73.77	83.13	9.37	1,500,278.11	1,154.24

Tabla N° 31: Tabla con datos para ensayos a Flexión.

ENSAYOS A FLEXION																															
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
AREA (mm <sup>2</sup> )	1,120.43	1,383.05	1,026.47	1,131.69	1,047.85	1,157.86	1,038.87	1,342.68	1,107.02	1,149.58	1,027.87	959.86	1,190.94	1,131.28	1,093.84	1,186.21	1,181.44	1,064.84	1,207.63	1,101.08	1,196.67	964.59	1,273.46	1,239.32	1,162.36	998.56	1,017.77	1,138.24	934.83	1,154.24	
I (mm <sup>4</sup> )	1,460,179.80	2,131,404.68	1,420,354.69	1,585,889.54	1,515,212.34	1,718,788.19	1,474,872.06	1,869,757.22	1,429,818.51	1,699,915.22	1,413,278.02	1,453,240.76	1,669,635.45	1,517,995.93	1,626,233.81	1,823,063.06	1,696,894.28	1,468,023.33	1,570,714.43	1,461,027.41	1,709,093.79	1,375,802.36	1,814,158.93	1,892,710.49	1,639,379.66	1,459,855.26	1,491,106.55	1,560,760.32	1,272,362.31	1,500,278.11	
DIAMETRO (D) (mm)	82.93	90.63	84.10	85.40	85.77	87.57	85.07	86.90	82.53	87.37	83.90	86.63	85.90	83.97	87.10	89.00	86.63	84.30	83.60	83.35	86.57	84.60	87.10	89.20	85.87	85.73	85.97	84.73	82.77	83.13	
LONGITUD (mm)	1,130.70	1,164.50	1,178.30	1,177.30	1,174.80	1,178.40	1,188.50	1,169.90	1,152.00	1,164.50	1,164.90	1,153.20	1,163.10	1,168.40	1,184.50	1,169.90	1,180.70	1,178.80	1,172.20	1,179.20	1,170.60	1,156.50	1,167.80	1,184.50	1,179.00	1,189.70	1,167.50	1,168.70	1,176.50	1,189.80	
DEFORMACION MAX. (mm)	4.80	2.60	3.00	4.20	6.40	6.60	4.40	6.00	4.10	4.60	6.10	3.60	2.70	5.10	4.30	2.20	7.30	3.10	3.20	3.25	3.90	5.30	2.00	3.00	3.30	2.05	6.60	2.90	3.15	5.05	
CARGA MAXIMA (KG)	365	564	730	910	210	915	379	850	325	665	738	950	995	1028	890	980	750	765	425	985	695	975	865	950	1135	785	985	675	855	1175	
CARGA MAXIMA (Tn)	0.37	0.56	0.73	0.91	0.21	0.92	0.38	0.85	0.33	0.67	0.74	0.95	1.00	1.03	0.89	0.98	0.75	0.77	0.43	0.99	0.70	0.98	0.87	0.95	1.14	0.79	0.99	0.68	0.86	1.18	
CARGA MAXIMA (N)	3,577.00	5,527.20	7,154.00	8,918.00	2,058.00	8,967.00	3,714.20	8,330.00	3,185.00	6,517.00	7,232.40	9,310.00	9,751.00	10,074.40	8,722.00	9,604.00	7,350.00	7,497.00	4,165.00	9,653.00	6,811.00	9,555.00	8,477.00	9,310.00	11,123.00	7,693.00	9,653.00	6,615.00	8,379.00	11,515.00	
M UII. (N <sup>4</sup> /mm)	1,011,128.48	1,609,106.10	2,107,389.55	2,624,790.35	604,434.60	2,641,678.20	1,103,581.68	2,436,316.75	917,280.00	1,897,261.63	2,106,255.69	2,684,073.00	2,835,347.03	2,942,732.24	2,582,802.25	2,808,929.90	2,169,536.25	2,209,365.90	1,220,553.25	2,845,704.40	1,993,239.15	2,762,589.38	2,474,860.15	2,756,923.75	3,278,504.25	2,288,090.53	2,817,469.38	1,932,737.63	2,464,473.38	3,425,136.75	
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	28.71	34.21	62.39	70.67	17.11	67.29	31.83	56.62	26.47	48.75	62.52	80.00	72.94	81.39	69.17	68.56	55.38	63.44	32.48	81.17	50.48	84.94	59.41	64.96	85.86	67.19	81.22	52.46	80.16	94.90	
ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm <sup>2</sup> )	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92	61.09	622.92
MODULO DE YOUNG (MPa)	15,369.94	32,812.79	57,221.24	45,516.14	7,168.73	26,947.46	20,017.72	24,769.29	17,304.57	27,418.26	27,628.02	56,856.78	70,904.48	43,242.60	43,184.57	79,879.03	20,346.38	56,217.56	27,805.56	69,445.12	34,147.95	42,227.41	77,517.73	56,768.60	70,198.63	90,178.54	32,519.15	48,603.05	70,925.99	53,331.21	
MODULO DE YOUNG PROMEDIO (MPa)	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48	44,882.48
DESVIACION ESTANDAR (%)	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74	19.74
PERCENTIL 5	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48	27.48
VALOR CARACTERISTICO R <sub>el</sub>	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05	27.05
ESFUERZO ADMISIBLE FT	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02

Tabla N° 32: Esfuerzo Admisible - Flexión.

ESPECÍMENES EN GLOBAL																			
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)
14.70	0	14.10	0	15.00	0	14.90	0	13.90	0	15.00	0	12.80	0	14.80	0	13.40	0	13.00	0
14.90	100	14.40	100	15.20	100	15.40	100	14.90	100	15.30	100	12.90	100	15.00	100	13.80	100	13.70	100
15.00	200	14.60	200	15.40	200	15.60	200	15.30	200	15.60	200	13.30	200	15.20	200	13.90	200	14.30	200
15.40	300	14.80	300	15.60	300	15.80	300	20.30	210	15.80	300	13.90	300	15.40	300	14.10	300	15.00	300
19.50	365	15.20	400	16.00	400	15.95	400			16.10	400	17.20	379	15.70	400	14.40	400	15.20	400
		15.60	500	16.50	500	16.15	500			16.40	500			15.80	500	14.50	500	15.60	500
		16.70	564	16.80	600	16.40	600			16.70	600			16.50	600	14.60	600	16.30	600
				17.00	700	16.70	700			17.20	700			17.80	700	14.90	700	17.60	665
				18.00	720	16.95	800			17.60	800			19.50	800	15.50	800		
						18.05	900			18.50	900			20.80	850	17.50	810		
						19.10	910			21.60	915								

Tabla N° 33: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P1.

ESPECÍMENES EN GLOBAL																			
P11		P12		P13		P14		P15		P16		P17		P18		P19		P20	
DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)
13.70	0	12.80	0	12.60	0	13.40	0	15.10	0	14.70	0	15.00	0	13.00	0	15.30	0	14.85	0
14.00	100	13.00	100	12.80	100	13.80	100	15.45	100	15.00	100	15.50	100	13.20	100	16.10	100	15.20	100
14.30	200	13.30	200	12.90	200	14.10	200	15.70	200	15.30	200	15.85	200	13.50	200	16.35	200	15.65	200
14.60	300	13.70	300	13.10	300	14.30	300	15.90	300	15.50	300	16.10	300	13.80	300	16.55	300	15.80	300
15.00	400	14.20	400	13.30	400	14.50	400	16.25	400	15.60	400	16.45	400	14.00	400	16.90	400	16.10	400
15.40	500	14.30	500	13.50	500	14.80	500	16.35	500	15.80	500	16.75	500	14.20	500	18.50	425	16.25	500
15.80	600	14.50	600	13.60	600	14.90	600	16.50	600	16.10	600	17.25	600	14.60	600			16.40	600
17.00	700	14.70	700	13.70	700	15.20	700	16.80	700	16.20	700	20.70	700	15.20	700			16.70	700
19.80	738	14.80	800	13.80	800	15.30	800	16.95	800	16.50	800	22.30	750	16.10	765			16.90	800
		15.10	900	14.10	900	15.80	900	19.40	890	16.70	900							17.25	900
		16.40	950	15.30	990	16.40	1000			16.90	980							18.10	985
						18.50	1028												

Tabla N° 34: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P2



ESPECÍMENES EN GLOBAL																			
P21		P22		P23		P24		P25		P26		P27		P28		P29		P30	
DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)	DEFORM. (cm)	CARGA (Kg)
14.90	0	13.8	0	14.40	0	14.00	0	15.20	0	14.40	0	14.20	0	14.40	0	13.70	0	14.20	0
15.05	100	14.3	100	14.70	100	14.40	100	15.60	100	14.90	100	14.50	100	14.70	100	14.20	100	14.70	100
15.25	200	14.7	200	15.00	200	14.70	200	15.90	200	15.10	200	14.80	200	14.90	200	14.40	200	14.90	200
15.40	300	15.1	300	15.20	300	14.90	300	16.10	300	15.30	300	15.00	300	15.10	300	14.60	300	15.10	300
15.60	400	15.7	400	15.30	400	15.10	400	16.30	400	15.45	400	15.30	400	15.50	400	14.75	400	15.25	400
15.85	500	16.2	500	15.50	500	15.40	500	16.60	500	15.65	500	15.60	500	15.90	500	14.95	500	15.45	500
16.10	600	16.8	600	15.80	600	15.50	600	16.70	600	15.90	600	15.90	600	17.00	600	15.20	600	15.70	600
18.80	695	17.7	700	15.90	700	15.80	700	17.00	700	16.20	700	16.40	700	17.30	675	15.50	700	16.00	700
		18.4	800	16.20	800	15.90	800	17.10	800	16.45	785	16.80	800			15.75	800	16.25	800
		18.8	900	16.40	865	16.40	900	17.60	900			17.70	900			16.85	855	17.35	900
		19.1	975			17.00	950	18.20	1000			20.80	985					18.40	1000
								18.50	1135									19.25	1175

Tabla N° 35: Flexión - Esfuerzo vs. Deformación P3.

COMPRESIÓN

ENSAYO A COMPRESIÓN

DESCR.	Nº ESP.	DIAM. INT. 1 (cm)	DIAM. INT. 2 (cm)	DIAM. INT. 3 (cm)	PROM. DIAM. INT. (cm)	PROM. FINAL DIAM. INT. (cm)	DIAM. EXT. 1 (cm)	DIAM. EXT. 2 (cm)	DIAM. EXT. 3 (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)	PROM. DIAM. EXT. (cm)
SIN NUDO	1 S	6.41	6.32	6.40	6.38	6.39	7.48	7.49	7.57	7.51	7.53
	1 I	6.36	6.41	6.44	6.40		7.61	7.56	7.49	7.55	
	2 S	6.60	6.28	6.35	6.41	6.48	7.59	7.43	7.70	7.57	7.65
	2 I	6.83	6.39	6.45	6.56		8.00	7.62	7.54	7.72	
	3 S	6.89	6.49	6.42	6.60	6.68	7.65	8.11	7.69	7.82	7.94
	3 I	6.75	6.53	6.98	6.75		7.87	8.25	8.08	8.07	
	4 S	6.46	6.78	6.49	6.58	6.67	8.07	7.74	7.80	7.87	7.99
	4 I	6.64	6.78	6.89	6.77		8.20	7.99	8.12	8.10	
	5 S	6.52	6.73	6.57	6.61	6.65	7.81	7.93	7.79	7.84	7.93
	5 I	6.53	6.56	6.96	6.68		8.32	7.87	7.88	8.02	
	6 S	6.58	6.81	6.79	6.73	6.77	8.16	7.92	8.07	8.05	8.10
	6 I	6.59	7.00	6.82	6.80		8.20	8.29	7.95	8.15	
	7 S	7.00	7.06	7.20	7.09	7.06	8.50	8.33	8.42	8.42	8.42
	7 I	7.00	7.10	6.98	7.03		8.42	8.40	8.42	8.41	
	8 S	7.28	7.14	7.18	7.20	7.25	8.86	8.78	8.92	8.85	8.84
	8 I	7.37	7.17	7.38	7.31		8.71	8.85	8.91	8.82	
	9 S	7.28	7.41	7.23	7.31	7.25	8.69	8.83	8.91	8.81	8.74
	9 I	7.19	7.18	7.18	7.18		8.61	8.61	8.77	8.66	
	10 S	5.83	5.87	5.79	5.83	5.83	6.87	6.86	6.98	6.90	6.96
	10 I	5.71	5.88	5.91	5.83		7.05	7.08	6.93	7.02	
11 S	7.37	7.39	7.49	7.42	7.45	8.88	8.72	8.75	8.78	8.86	
11 I	7.62	7.30	7.52	7.48		8.74	8.99	9.08	8.94		
12 S	7.20	7.39	7.57	7.39	7.31	8.94	8.73	8.44	8.70	8.66	
12 I	7.30	7.31	7.11	7.24		8.43	8.62	8.78	8.61		
13 S	6.85	6.88	6.83	6.85	6.58	9.30	9.30	9.18	9.26	9.33	
13 I	6.17	6.02	6.70	6.30		9.44	9.34	9.41	9.40		
14 S	7.68	8.04	7.78	7.83	7.90	9.59	9.40	9.24	9.41	9.61	
14 I	8.02	7.96	7.90	7.96		9.80	9.83	9.82	9.82		
15 S	7.52	7.51	7.63	7.55	7.80	9.19	9.15	9.18	9.17	9.28	
15 I	8.56	7.92	7.63	8.04		9.32	9.27	9.56	9.38		
CON NUDO	1 S	6.95	7.12	7.13	7.07	7.49	8.98	8.74	8.99	8.90	8.84
	1 I	8.00	7.99	7.75	7.91		8.63	8.88	8.83	8.78	
	2 S	7.22	6.88	7.12	7.07	7.03	8.85	8.77	8.98	8.87	8.78
	2 I	6.85	7.01	7.12	6.99		8.76	8.71	8.63	8.70	
	3 S	7.23	6.89	6.85	6.99	7.06	8.49	8.53	8.82	8.61	8.68

3I	7.06	7.22	7.08	7.12		8.73	8.80	8.69	8.74	
4S	7.18	7.39	7.04	7.20	7.17	8.74	8.94	8.74	8.81	8.77
4I	7.28	7.11	7.01	7.13		8.69	8.79	8.70	8.73	
5S	7.41	7.07	6.75	7.08	7.16	8.31	8.62	8.84	8.59	8.70
5I	7.27	7.36	7.08	7.24		8.68	8.81	8.92	8.80	
6S	7.40	7.43	7.04	7.29	7.24	8.86	8.80	8.53	8.73	8.70
6I	7.11	6.94	7.51	7.19		8.99	8.43	8.60	8.67	
7S	7.18	7.15	7.32	7.22	7.22	9.31	9.15	9.12	9.19	9.20
7I	7.32	7.24	7.11	7.22		9.09	9.19	9.32	9.20	
8S	7.11	7.01	7.19	7.10	7.08	9.20	9.09	9.11	9.13	9.15
8I	7.21	7.02	6.95	7.06		9.01	9.22	9.25	9.16	
9S	6.70	7.08	7.04	6.94	6.83	8.30	7.89	8.35	8.18	8.17
9I	6.85	6.39	6.89	6.71		8.34	8.25	7.89	8.16	
10S	6.97	6.97	6.74	6.89	6.82	8.36	8.56	8.57	8.50	8.36
10I	6.66	6.76	6.79	6.74		8.21	8.21	8.26	8.23	
11S	6.82	6.79	6.65	6.75	6.69	8.30	8.30	8.32	8.31	8.24
11I	6.60	6.60	6.70	6.63		8.25	8.05	8.20	8.17	
12S	6.70	6.70	6.59	6.66	6.85	8.19	8.19	8.20	8.19	8.35
12I	7.09	7.10	6.93	7.04		8.45	8.50	8.55	8.50	
13S	7.01	7.05	7.00	7.02	7.14	8.41	8.53	8.45	8.46	8.46
13I	7.33	7.34	7.08	7.25		8.41	8.53	8.45	8.46	
14S	7.00	7.09	6.93	7.01	7.06	8.32	8.41	8.30	8.34	8.50
14I	6.64	7.18	7.49	7.10		9.00	8.62	8.37	8.66	
15S	6.80	7.11	7.05	6.99	6.95	8.50	8.45	8.21	8.39	8.27
15I	6.80	6.94	6.97	6.90		8.23	7.98	8.25	8.15	

Tabla N° 36: Tabla con datos para ensayos a Compresión.

**ENSAYOS A COMPRESION**

UBICACIÓN	SIN NUDO															CON NUDO														
	MUESTRA	DEFORMACION ULTIMA (mm)	DIAMETRO EXTERIOR (cm)	DIAMETRO INTERIOR (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	LONGITUD	CARGA MAX. (Tn)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO DE YOUNG (MPa)	DESVIACION ESTANDAR (%)	PERCENTIL 5	VALOR CARACTERISTICO Fk	ESFUERZO ADMISIBLE FT Prom.	ESFUERZO ADMISIBLE PROMEDIO FT Prom.														
	01	3.41	7.53	6.39	49.85	15.02	53,900.00	10.81	10.01	15,806.45	1.44	7.55	6.79	3.77	3.79															
	02	3.05	7.65	6.48	51.94	15.40	53,900.00	10.38	10.01	17,672.13	1.44	7.55	6.79	3.77	3.79															
	03	3.42	7.94	6.68	57.87	15.55	58,800.00	10.16	10.01	17,192.98	1.44	7.55	6.79	3.77	3.79															
	04	2.86	7.99	6.67	60.79	15.90	63,700.00	10.48	10.01	22,272.73	1.44	7.55	6.79	3.77	3.79															
	05	2.67	7.93	6.65	58.63	15.91	63,700.00	10.86	10.01	23,857.68	1.44	7.55	6.79	3.77	3.79															
	06	2.35	8.10	6.77	62.13	15.98	63,700.00	10.25	10.01	27,106.38	1.44	7.55	6.79	3.77	3.79															
	07	3.00	8.42	7.06	66.14	16.73	73,500.00	11.11	10.01	24,500.00	1.44	7.55	6.79	3.77	3.79															
	08	2.03	8.84	7.25	80.37	17.13	88,200.00	10.97	10.01	43,448.28	1.44	7.55	6.79	3.77	3.79															
	09	2.70	8.74	7.25	74.85	17.00	88,200.00	11.78	10.01	32,666.67	1.44	7.55	6.79	3.77	3.79															
	10	2.60	6.96	5.83	45.40	13.69	44,100.00	9.71	102.10	16,961.54	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	11	2.35	8.86	7.45	72.25	17.43	78,400.00	10.85	102.10	33,361.70	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	12	2.60	8.66	7.31	67.73	17.11	68,600.00	10.13	102.10	26,384.62	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	13	1.75	9.33	6.58	137.45	17.81	78,400.00	5.70	102.10	44,800.00	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	14	2.25	9.61	7.90	94.07	18.71	78,400.00	8.33	102.10	34,844.44	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	15	2.20	9.28	7.80	79.41	18.16	68,600.00	8.64	102.10	31,181.82	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	01	3.60	8.84	7.49	69.26	17.78	83,300.00	12.03	10.10	23,138.89	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	02	2.88	8.78	7.03	86.92	17.61	93,100.00	10.71	10.10	32,326.39	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	03	2.55	8.68	7.06	80.11	17.69	83,300.00	10.40	10.10	32,666.67	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	04	2.35	8.77	7.17	80.12	17.46	78,400.00	9.79	10.10	33,361.70	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	05	3.60	8.70	7.16	76.73	17.46	78,400.00	10.22	10.10	21,777.78	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	06	2.43	8.70	7.24	73.11	17.40	78,400.00	10.72	10.10	32,263.37	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	07	2.60	9.20	7.22	102.14	18.08	117,600.00	11.51	10.10	45,230.77	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	08	2.48	9.15	7.08	105.55	18.11	63,700.00	6.04	10.10	25,685.48	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	09	1.78	8.17	6.83	63.15	16.51	73,500.00	11.64	10.10	41,292.13	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	10	1.98	8.36	6.82	73.44	16.81	73,500.00	10.01	10.10	37,121.21	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	11	2.05	8.24	6.69	72.70	16.51	73,500.00	10.11	10.10	35,853.66	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	12	2.10	8.35	6.85	71.63	16.74	73,500.00	10.26	10.10	35,000.00	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	13	3.05	8.46	7.14	64.69	17.29	53,900.00	8.33	10.10	17,672.13	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	14	1.95	8.50	7.06	70.39	17.26	78,400.00	11.14	10.10	40,205.13	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															
	15	2.55	8.27	6.95	63.12	16.63	53,900.00	8.54	10.10	21,137.25	1.47	7.64	6.87	3.82	3.79															

Tabla N° 37: Esfuerzo Admisible - Compresión.

SIN NUDO																															
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15			
DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)		
39.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50		
68.00	1.00	0.00	1.00	2.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00		
88.00	1.50	0.00	1.50	12.00	1.50	2.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	4.00	1.50	0.00	1.50	8.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50		
109.00	2.00	10.00	2.00	28.00	2.00	11.00	2.00	10.00	2.00	1.00	2.00	10.00	2.00	15.00	2.00	0.00	2.00	13.00	2.00	5.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00		
121.00	2.50	30.00	2.50	44.00	2.50	30.00	2.50	20.00	2.50	18.00	2.50	24.00	2.50	30.00	2.50	10.00	2.50	28.00	2.50	20.00	2.50	10.00	2.50	5.00	2.50	16.00	2.50	10.00	2.50		
130.00	3.00	53.00	3.00	59.00	3.00	45.00	3.00	37.00	3.00	34.00	3.00	40.00	3.00	40.00	3.00	24.00	3.00	44.00	3.00	35.00	3.00	30.00	3.00	15.00	3.00	24.00	3.00	25.00	3.00		
139.00	3.50	69.00	3.50	76.00	3.50	60.00	3.50	49.00	3.50	50.00	3.50	54.00	3.50	51.00	3.50	30.00	3.50	49.00	3.50	45.00	3.50	45.00	3.50	24.00	3.50	30.00	3.50	35.00	3.50		
154.00	4.00	90.00	4.00	88.00	4.00	69.00	4.00	60.00	4.00	66.00	4.00	69.00	4.00	61.00	4.00	44.00	4.00	85.00	4.00	54.00	4.00	60.00	4.00	33.00	4.00	45.00	4.00	48.00	4.00		
170.00	4.50	111.00	4.50	107.00	4.50	90.00	4.50	77.00	4.50	79.00	4.50	80.00	4.50	72.00	4.50	60.00	4.50	129.00	4.50	63.00	4.50	74.00	4.50	46.00	4.50	60.00	4.50	59.00	4.50		
191.00	5.00	132.00	5.00	122.00	5.00	107.00	5.00	100.00	5.00	88.00	5.00	88.00	5.00	83.00	5.00	70.00	5.00	260.00	3.50	72.00	5.00	88.00	5.00	54.00	5.00	69.00	5.00	70.00	5.00		
274.00	5.50	177.00	5.50	144.00	5.50	129.00	5.50	118.00	5.50	99.00	5.50	105.00	5.50	94.00	5.50	84.00	5.50			86.00	5.50	105.00	5.50	60.00	5.50	78.00	5.50	81.00	5.50		
341.00	3.00	305.00	4.00	164.00	6.00	154.00	6.00	144.00	6.00	104.00	6.00	128.00	6.00	104.00	6.00	92.00	6.00			97.00	6.00	123.00	6.00	67.00	6.00	90.00	6.00	100.00	6.00		
				342.00	5.50	205.00	6.50	190.00	6.50	129.00	6.50	138.00	6.50	115.00	6.50	110.00	6.50			110.00	6.50	140.00	6.50	78.00	6.50	102.00	6.50	120.00	6.50		
					286.00	5.50	267.00	5.50	174.00	7.00	165.00	7.00	125.00	7.00	124.00	7.00					129.00	7.00	172.00	7.00	86.00	7.00	117.00	7.00	140.00	7.00	
										235.00	6.00	195.00	7.50	135.00	7.50	135.00	7.50					144.00	7.50	260.00	6.00	96.00	7.50	127.00	7.50	220.00	5.00
												300.00	7.00	145.00	8.00	150.00	8.00					180.00	8.00			110.00	8.00	157.00	8.00		
														160.00	8.50	170.00	8.50					235.00	7.00			175.00	7.50	225.00	7.50		
														170.00	9.00	200.00	9.00														
														203.00	6.00	270.00	8.00														

Tabla N° 38: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N - Compresión.

CON NUDO																													
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)
0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	35.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50	3.00	0.50	0.00	0.50
0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	66.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	13.00	1.00	0.00	1.00
0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	5.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	5.00	1.50	84.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	24.00	1.50	0.00	1.50
0.00	2.00	0.00	2.00	1.00	2.00	17.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	17.00	2.00	98.00	2.00	7.00	2.00	0.00	2.00	9.00	2.00	0.00	2.00	20.00	2.00	35.00	2.00	5.00	2.00
10.00	2.50	5.00	2.50	15.00	2.50	36.00	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	30.00	2.50	118.00	2.50	18.00	2.50	10.00	2.50	20.00	2.50	10.00	2.50	45.00	2.50	47.00	2.50	15.00	2.50
23.00	3.00	15.00	3.00	25.00	3.00	51.00	3.00	9.00	3.00	13.00	3.00	38.00	3.00	130.00	3.00	29.00	3.00	17.00	3.00	30.00	3.00	20.00	3.00	70.00	3.00	59.00	3.00	30.00	3.00
35.00	3.50	23.00	3.50	38.00	3.50	62.00	3.50	15.00	3.50	20.00	3.50	45.00	3.50	132.00	3.50	40.00	3.50	25.00	3.50	40.00	3.50	29.00	3.50	93.00	3.50	64.00	3.50	45.00	3.50
40.00	4.00	33.00	4.00	47.00	4.00	77.00	4.00	23.00	4.00	31.00	4.00	54.00	4.00	154.00	4.00	51.00	4.00	38.00	4.00	52.00	4.00	44.00	4.00	113.00	4.00	76.00	4.00	64.00	4.00
52.00	4.50	42.00	4.50	55.00	4.50	88.00	4.50	30.00	4.50	42.00	4.50	58.00	4.50	164.00	4.50	65.00	4.50	44.00	4.50	62.00	4.50	51.00	4.50	146.00	4.50	88.00	4.50	80.00	4.50
60.00	5.00	50.00	5.00	61.00	5.00	100.00	5.00	38.00	5.00	48.00	5.00	62.00	5.00	173.00	5.00	78.00	5.00	53.00	5.00	74.00	5.00	55.00	5.00	169.00	5.00	100.00	5.00	98.00	5.00
70.00	5.50	57.00	5.50	68.00	5.50	115.00	5.50	45.00	5.50	57.00	5.50	72.00	5.50	193.00	5.50	87.00	5.50	63.00	5.50	85.00	5.50	57.00	5.50	260.00	5.50	115.00	5.50	124.00	5.50
77.00	6.00	62.00	6.00	78.00	6.00	125.00	6.00	55.00	6.00	68.00	6.00	78.00	6.00	221.00	6.00	98.00	6.00	75.00	6.00	102.00	6.00	65.00	6.00	305.00	6.00	129.00	6.00	255.00	6.00
88.00	6.50	68.00	6.50	85.00	6.50	138.00	6.50	60.00	6.50	78.00	6.50	88.00	6.50	230.00	6.50	110.00	6.50	83.00	6.50	117.00	6.50	80.00	6.50			139.00	6.50		
96.00	7.00	88.00	7.00	98.00	7.00	150.00	7.00	72.00	7.00	88.00	7.00	90.00	7.00	248.00	7.00	125.00	7.00	98.00	7.00	137.00	7.00	110.00	7.00			152.00	7.00		
105.00	7.50	95.00	7.50	110.00	7.50	175.00	7.50	86.00	7.50	102.00	7.50	95.00	7.50			136.00	7.50	120.00	7.50	171.00	7.50	150.00	7.50			167.00	7.50		
118.00	8.00	110.00	8.00	126.00	8.00	205.00	8.00	140.00	8.00	120.00	8.00	100.00	8.00			178.00	8.00	198.00	8.00	205.00	8.00	210.00	8.00			181.00	8.00		
150.00	8.50	118.00	8.50	145.00	8.50	235.00	8.50	160.00	8.50	243.00	8.50	110.00	8.50													195.00	8.50		
360.00	7.00	138.00	9.00	255.00	8.00			360.00	7.00			115.00	9.00																
		160.00	9.50									120.00	9.50																
		288.00	8.00									125.00	10.00																
												131.00	10.50																
												144.00	11.00																
												155.00	11.50																
												170.00	12.00																
												260.00	10.00																

Tabla N° 39: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N - Compresión.

**TRACCIÓN PARALELO A LA FIBRA**

ENSAYO A TRACCIÓN //					
Nº ESP.	ANCHO 1 (cm)	ANCHO 2 SUP. (cm)	ANCHO 2 INF. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	
SIN NUDO	1	0.22	0.59	0.55	0.25
	2	0.21	0.59	0.62	0.25
	3	0.2	0.59	0.61	0.24
	4	0.2	0.63	0.72	0.27
	5	0.18	0.79	0.88	0.30
	6	0.19	0.85	0.82	0.32
	7	0.2	0.68	0.69	0.27
	8	0.19	0.55	0.54	0.21
	9	0.18	0.71	0.67	0.25
	10	0.21	0.73	0.71	0.30
	11	0.22	0.79	0.89	0.37
	12	0.21	0.73	0.78	0.32
	13	0.22	0.83	0.73	0.34
	14	0.2	0.82	0.92	0.35
	15	0.18	0.63	0.72	0.24
CON NUDO	1	0.17	0.66	0.87	0.26
	2	0.19	0.91	0.70	0.31
	3	0.18	0.94	0.89	0.33
	4	0.21	0.83	0.74	0.33
	5	0.22	0.74	0.83	0.35
	6	0.21	0.81	0.71	0.32
	7	0.18	0.81	0.88	0.30
	8	0.21	0.90	0.95	0.39
	9	0.19	0.94	0.76	0.32
	10	0.17	0.82	0.76	0.27
	11	0.18	0.89	0.66	0.28
	12	0.2	0.69	0.67	0.27
	13	0.21	0.91	0.70	0.34
	14	0.2	0.93	0.89	0.36
	15	0.19	0.96	0.94	0.36

Tabla N° 40: Tabla con datos para ensayos a Tracción paralelo a la fibra.

**ENSAYOS A TRACCION PARALELA A LA FIBRA**

UBICACIÓN	SIN NUDO										CON NUDO																			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
MUESTRA																														
AREA (cm <sup>2</sup> )	0.25	0.25	0.24	0.27	0.30	0.32	0.27	0.21	0.25	0.30	0.37	0.32	0.34	0.35	0.24	0.26	0.31	0.33	0.33	0.35	0.32	0.30	0.39	0.32	0.27	0.28	0.27	0.34	0.36	0.36
DEFORMACION ULTIMA (mm)	0.27	0.44	0.30	0.48	0.46	0.28	0.44	0.41	0.69	0.31	0.49	0.63	0.44	0.38	0.36	0.33	0.40	0.36	0.72	0.24	0.44	0.38	0.63	0.40	0.40	0.39	0.44	0.53	0.54	0.46
CARGA MÁXIMA (Kg)	365.00	479.00	321.00	536.00	482.00	285.00	420.00	390.00	510.00	385.00	435.00	460.00	480.00	440.00	330.00	386.00	438.00	394.00	550.00	255.00	485.00	446.00	467.00	410.00	413.00	390.00	480.00	520.00	500.00	435.00
CARGA MÁXIMA (Tn)	0.37	0.48	0.32	0.54	0.48	0.29	0.42	0.39	0.51	0.39	0.44	0.46	0.48	0.44	0.33	0.39	0.44	0.39	0.55	0.26	0.49	0.45	0.47	0.41	0.41	0.39	0.48	0.52	0.50	0.44
CARGA MÁXIMA (N)	3,577.00	4,694.20	3,145.80	5,252.80	4,723.60	2,793.00	4,116.00	3,822.00	4,998.00	3,773.00	4,263.00	4,508.00	4,704.00	4,312.00	3,234.00	3,782.80	4,292.40	3,861.20	5,390.00	2,499.00	4,753.00	4,370.80	4,576.60	4,018.00	4,047.40	3,822.00	4,704.00	5,096.00	4,900.00	4,263.00
ESFUERZO (MPa)	142.62	184.74	131.08	194.55	157.14	88.02	150.22	184.55	201.21	124.77	115.34	142.16	137.06	123.91	133.09	145.44	140.32	117.22	163.48	72.35	148.90	143.68	117.80	124.40	150.69	136.99	172.94	150.72	134.62	118.09
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	147.36															135.84														
ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm <sup>2</sup> )	1,502.64															1,385.16														
MODULO DE YOUNG (MPa)	13,447.37	10,791.26	10,451.16	11,058.53	10,381.54	9,939.50	9,462.07	9,299.27	7,275.11	12,015.92	8,717.79	7,121.64	10,666.67	11,437.67	9,084.27	11,497.87	10,704.24	10,815.69	7,475.73	10,241.80	10,901.38	11,532.45	7,230.02	10,146.46	10,169.35	9,750.00	10,813.79	9,543.07	9,124.77	9,247.29
MODULO DE YOUNG PROMEDIO (MPa)	10,011.46																													
DESVIACION ESTANDAR (%)	30.81															23.21														
PERCENTIL 5	107.15															103.76														
VALOR CARACTERISTICO F <sub>li</sub>	96.10															95.02														
ESFUERZO ADMISIBLE FT Prom.	16.02															15.84														
ESFUERZO ADMISIBLE PROMEDIO FT Prom.																15.93														

Tabla N° 41: Esfuerzo Admissible – Tracción Paralela a la Fibra.



SIN NUDO																													
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)
0	25	0	25	1	25	3	25	5	25	0	25	4	25	7	25	12	25	5	25	4	25	9	25	6	25	2	25	2	25
0	50	2	50	7	50	6	50	12	50	0	50	5	50	9	50	15	50	8	50	6	50	13	50	8	50	4	50	3	50
1	75	6	75	18	75	11	75	19	75	12	75	13	75	11	75	24	75	13	75	14	75	21	75	14	75	8	75	14	75
5	100	11	100	33	100	14	100	26	100	33	100	20	100	23	100	26	100	21	100	25	100	24	100	16	100	13	100	36	100
11	125	17	125	54	125	21	125	35	125	67	125	24	125	28	125	35	125	27	125	29	125	32	125	24	125	19	125	69	125
17	150	26	150	85	150	31	150	56	150	91	150	34	150	32	150	48	150	41	150	38	150	46	150	33	150	28	150	94	150
25	175	41	175	121	175	44	175	85	175	134	175	41	175	44	175	78	175	56	175	54	175	75	175	47	175	43	175	136	175
41	200	56	200	165	200	60	200	123	200	176	200	57	200	61	200	115	200	73	200	86	200	113	200	62	200	58	200	179	200
65	225	87	225	192	225	92	225	145	225	201	225	84	225	82	225	167	225	103	225	134	225	164	225	95	225	89	225	203	225
101	250	114	250	234	250	117	250	176	250	241	250	123	250	126	250	175	250	135	250	187	250	173	250	119	250	116	250	244	250
155	275	164	275	278	275	168	275	201	275	281	275	168	275	172	275	215	275	178	275	205	275	212	275	171	275	166	275	283	275
189	300	201	300	301	300	206	300	234	300		285	231	300	229	300	245	300	215	300	248	300	243	300	208	300	203	300	342	300
235	325	254	325		321	257	325	267	325			289	325	292	325	298	325	255	325	305	325	295	325	260	325	256	325	396	325
266	350	295	350			299	350	301	350			350	350	354	350	367	350	287	350	348	350	365	350	301	350	297	350		330
	356	331	375			336	375	346	375			413	375	411	375	399	375	314	375	399	375	396	375	339	375	333	375		
		354	400			357	400	398	400			435	400		390	455	400		385	467	400	453	400	359	400	356	400		
		375	425			379	425	415	425				420			597	425			489	425	594	425	382	425	377	425		
		401	450			406	450	445	450							635	450				435	633	450	408	450		440		
		435	475			438	475	455	475							665	475					460	441	475					
			479			456	500		482							687	500							480					
						475	525										510												
							536																						

Tabla N° 42: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N -Tracción Paralela a la Fibra

CON NUDO																													
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Tn)
0	25	5	25	3	25	9	25	2	25	0	25	4	25	5	25	7	25	9	25	6	25	0	25	2	25	5	25	10	25
0	50	9	50	8	50	12	50	3	30	2	50	6	50	8	50	10	50	11	50	10	50	2	50	5	50	8	50	12	50
4	75	17	75	12	75	21	75	14	75	6	75	10	75	16	75	19	75	22	75	17	75	7	75	7	75	10	75	13	75
9	100	26	100	18	100	23	100	36	100	11	100	15	100	23	100	27	100	29	100	20	100	11	100	13	100	16	100	21	100
15	125	32	125	28	125	32	125	69	125	17	125	21	125	31	125	32	125	33	125	30	125	19	125	17	125	20	125	24	125
24	150	45	150	49	150	45	150	94	150	26	150	30	150	38	150	46	150	49	150	41	150	26	150	26	150	29	150	32	150
39	175	75	175	79	175	75	175	136	175	41	175	45	175	48	175	75	175	77	175	72	175	45	175	38	175	41	175	46	175
54	200	112	200	116	200	112	200	179	200	56	200	60	200	78	200	113	200	114	200	110	200	56	200	57	200	60	200	64	200
85	225	164	225	168	225	145	225	203	225	87	225	91	225	115	225	164	225	148	225	141	225	83	225	93	225	96	225	99	225
112	250	187	250	191	250	172	250	244	250	114	250	118	250	155	250	178	250	185	250	169	250	115	250	145	250	148	250	153	250
162	275	212	275	216	275	212	275		255	164	275	168	275	175	275	215	275	216	275	210	275	168	275	203	275	206	275	210	275
199	300	254	300	258	300	242	300			201	300	205	300	215	300	255	300	258	300	238	300	200	300	245	300	248	300	251	300
252	325	295	325	293	325	295	325			254	325	258	325	245	325	287	325	289	325	292	325	246	325	265	325	268	325	273	325
293	350	331	350	329	350	364	350			295	350	299	350	295	350	314	350	315	350	362	350	286	350	299	350	302	350	306	350
329	375	354	375	357	375	396	375			331	375	335	375	365	375	365	375	368	375	392	375	338	375	335	375	338	375	341	375
	386	375	400		394	452	400			354	400	358	400	396	400	396	400	398	400		390	361	400	374	400	377	400	382	400
		401	425			594	425			375	425	379	425	453	425		410		413			378	425	454	425	457	425	461	425
			438			632	450			401	450		446	594	450							406	450	483	450	486	450		435
						662	475			436	475			633	467							443	475	513	475	516	475		
						684	500				485												480	534	500	537	500		
						698	525																		520		508		
						721	550																						

Tabla N° 43: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N - Tracción Paralela a la Fibra

**TRACCIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA**

**ENSAYO A TRACCIÓN ⊥ A LA FIBRA**

Nº ESP.	LONGITUD 1 (cm)	LONGITUD 2 (cm)	LONG. PROMEDIO (cm)	ANCHO 1 (cm)	ANCHO 2 (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	
<b>SIN NUDO</b>	1	15.11	15.03	15.07	1.40	1.61	1.51
	2	15.08	14.99	15.04	1.45	1.46	1.46
	3	15.00	14.96	14.98	1.46	1.53	1.50
	4	14.98	14.93	14.96	1.52	1.47	1.50
	5	15.13	14.84	14.99	1.48	1.45	1.47
	6	15.13	14.81	14.97	1.43	1.42	1.43
	7	15.01	14.96	14.99	1.58	1.56	1.57
	8	14.94	14.87	14.91	1.53	1.58	1.56
	9	15.02	15.08	15.05	1.56	1.48	1.52
	10	14.81	15.04	14.93	1.40	1.56	1.48
	11	15.18	14.94	15.06	1.49	1.43	1.46
	12	14.91	14.94	14.93	1.43	1.40	1.42
	13	15.11	14.93	15.02	1.48	1.50	1.49
	14	14.91	15.10	15.01	1.52	1.56	1.54
	15	15.04	15.12	15.08	1.49	1.51	1.50
<b>CON NUDO</b>	1	15.15	14.89	15.02	1.52	1.53	1.53
	2	15.11	14.96	15.04	1.47	1.48	1.48
	3	15.10	14.98	15.04	1.45	1.47	1.46
	4	15.00	14.87	14.94	1.47	1.46	1.47
	5	15.18	15.06	15.12	1.43	1.49	1.46
	6	14.83	15.03	14.93	1.49	1.53	1.51
	7	14.87	14.95	14.91	1.45	1.56	1.51
	8	15.06	14.90	14.98	1.40	1.57	1.49
	9	14.81	15.08	14.95	1.53	1.46	1.50
	10	14.83	14.97	14.90	1.56	1.43	1.50
	11	14.83	15.04	14.94	1.47	1.44	1.46
	12	14.84	14.87	14.86	1.56	1.48	1.52
	13	15.00	15.04	15.02	1.58	1.46	1.52
	14	15.00	15.10	15.05	1.58	1.56	1.57
	15	14.82	14.87	14.85	1.55	1.57	1.56

Tabla N° 44: Tabla con datos para ensayos a Tracción perpendicular a la fibra

ENSAYOS A TRACCIÓN L A LA FIBRA																														
UBICACIÓN	SIN NUDO											CON NUDO																		
MUESTRA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
ÁREA DE CORTE (cm <sup>2</sup> )	22.68	21.88	22.40	22.36	21.95	21.33	23.53	23.18	22.88	22.09	21.99	21.12	22.38	23.11	22.62	22.91	22.18	21.96	21.88	22.08	22.54	22.44	22.25	22.34	22.28	21.73	22.58	22.83	23.63	23.16
DEFORMACIÓN ULTIMA (mm)	5.90	3.24	5.89	3.41	4.78	4.50	3.85	2.60	3.58	5.30	5.12	5.16	5.24	1.88	5.07	5.88	8.35	8.99	5.65	8.24	10.64	7.28	8.23	3.67	3.45	10.58	5.73	7.01	8.38	8.28
CARGA MAXIMA (KG)	148.00	76.00	148.00	188.00	130.00	53.00	95.00	77.00	103.00	157.00	214.00	248.00	265.00	77.00	179.00	156.00	124.00	137.00	88.00	205.00	145.00	205.00	235.00	189.00	135.00	148.00	176.00	215.00	294.00	276.00
CARGA MAXIMA (Tn)	0.15	0.08	0.15	0.19	0.13	0.05	0.10	0.08	0.10	0.16	0.21	0.25	0.27	0.08	0.18	0.16	0.12	0.14	0.09	0.21	0.15	0.21	0.24	0.19	0.14	0.15	0.18	0.22	0.29	0.28
CARGA MAXIMA (N)	1450.40	744.80	1450.40	1842.40	1274.00	519.40	931.00	754.60	1009.40	1538.60	2097.20	2430.40	2597.00	754.60	1754.20	1528.80	1215.20	1342.60	862.40	2009.00	1421.00	2009.00	2303.00	1852.20	1323.00	1450.40	1724.80	2107.00	2881.20	2704.80
ESFUERZO (MPa)	0.64	0.34	0.65	0.82	0.58	0.24	0.40	0.33	0.44	0.70	0.95	1.15	1.16	0.33	0.78	0.67	0.55	0.61	0.39	0.91	0.63	0.90	1.04	0.83	0.59	0.67	0.76	0.92	1.22	1.17
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	0.63															0.79														
ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm <sup>2</sup> )	6.46															8.06														
MODULO DE YOUNG (MPa)	245.83	229.88	246.25	540.29	266.53	115.42	241.82	290.23	281.96	290.30	409.61	471.01	495.61	401.38	346.00	260.00	145.53	149.34	152.64	243.81	133.55	275.96	279.83	504.69	383.48	137.09	301.01	300.57	343.82	326.67
MODULO DE YOUNG PROMEDIO (MPa)	293.67																													
DESVIACIÓN ESTANDAR (%)	0.29															0.23														
PERCENTIL 5	0.30															0.79														
VALOR CARACTERISTICO R <sub>ti</sub>	0.29															0.77														
ESFUERZO ADMISIBLE FT Prom.	0.05															0.13														
ESFUERZO ADMISIBLE PROMEDIO FT Prom.	0.09																													

Tabla N° 45: Esfuerzo Admisible – Tracción Perpendicular a la Fibra.

SIN NUDO																													
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)
4	10	13	10	8	10	9	10	12	10	81	10	23	10	32	10	11	10	12	10	15	10	13	10	18	10	21	10	20	10
50	20	65	20	48	20	53	20	63	20	220	20	65	20	56	20	42	20	57	20	112	20	110	20	115	20	43	20	117	20
108	30	124	30	119	30	116	30	118	30	300	30	113	30	96	30	83	30	115	30	237	30	235	30	240	30	76	30	242	30
156	40	175	40	160	40	184	40	165	40	380	40	164	40	135	40	125	40	191	40	307	40	305	40	310	40	101	40	312	40
205	50	224	50	220	50	235	50	192	50	450	50	213	50	171	50	171	50	231	50	367	50	365	50	370	50	132	50	372	50
256	60	284	60	270	60	270	60	245	60	53	267	60	211	60	200	60	274	60	412	60	410	60	415	60	160	60	417	60	
302	70	324	70	314	70	314	70	280	70		302	70	260	70	246	70	317	70	442	70	440	70	445	70	188	70	447	70	
351	80		76	350	80	367	80	324	80		342	80		77	283	80	371	80	456	80	454	80	459	80		77	461	80	
383	90			380	90	391	90	384	90		385	90			328	90	394	90	462	90	460	90	465	90			467	90	
415	100			425	100	435	100	412	100			95			358	100	437	100	467	100	465	100	470	100			472	100	
467	110			470	110	468	110	435	110						103		465	110	476	110	474	110	479	110			481	110	
508	120			511	120	492	120	478	120								498	120	482	120	480	120	485	120			487	120	
560	130			559	130	515	130		130								518	130	487	130	485	130	490	130			492	130	
590	140			589	140	520	140										524	140	492	140	490	140	495	140			497	140	
	148				148	524	150										530	150	497	150	495	150	500	150			502	150	
						530	160												157	501	160	499	160	504	160			506	160
						536	170													502	170	500	170	505	170			507	170
						541	180													507	180	505	180	510	180				179
							188													508	190	506	190	511	190				
																				510	200	508	200	513	200				
																				512	210	510	210	515	210				
																					214	511	220	516	220				
																						514	230	519	230				
																						516	240	521	240				
																							248	522	250				
																								523	260				
																								524	265				

Tabla N° 46: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - S/N -Tracción Paralela a la Fibra

CON NUDO																													
P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)	DEFORM. (mm x 10 <sup>-2</sup> )	CARGA (Kg)
17	10	15	10	11	10	9	10	20	10	11	10	13	10	16	10	7	10	9	10	5	10	5	10	12	10	7	10	15	10
45	20	50	20	54	20	52	20	55	20	87	20	41	20	51	20	41	20	43	20	81	20	34	20	41	20	36	20	44	20
89	30	88	30	110	30	108	30	93	30	184	30	85	30	89	30	94	30	96	30	178	30	71	30	78	30	73	30	81	30
129	40	175	40	165	40	163	40	180	40	264	40	125	40	176	40	143	40	145	40	258	40	102	40	109	40	104	40	112	40
168	50	347	50	236	50	234	50	385	50	346	50	164	50	390	50	208	50	210	50	340	50	135	50	158	50	158	50	157	50
194	60	440	60	367	60	365	60	445	60	416	60	190	60	441	60	266	60	268	60	410	60	200	60	207	60	202	60	210	60
228	70	512	70	467	70	465	70	517	70	596	70	224	70	513	70	289	70	291	70	590	70	242	70	249	70	244	70	252	70
274	80	574	80	567	80	565	80	579	80	677	80	270	80	575	80	316	80	318	80	671	80	278	80	285	80	280	80	288	80
323	90	664	90	638	90		88	669	90	755	90	319	90	665	90	327	90	329	90	749	90	309	90	316	90	311	90	319	90
373	100	745	100	696	100			750	100	811	100	369	100	746	100	332	100	334	100	805	100	339	100	346	100	341	100	349	100
413	110	809	110	778	110			814	110	866	110	409	110	810	110	337	110	339	110	860	110	376	110	383	110	378	110	386	110
462	120	835	120	843	120			815	120	926	120	458	120	811	120	340	120	342	120	920	120	414	120	421	120	416	120	424	120
504	130		124	899	130			816	130	996	130	500	130	812	130	343	130	345	130	990	130	444	130	451	130	446	130	454	130
550	140				137			817	140	1064	140	546	140	813	140	350	140		135	1058	140	476	140	483	140	478	140	486	140
588	150							818	150		145	584	150	814	150	355	150				148	514	150	521	150	516	150	524	150
	156							819	160			629	160	815	160	359	160					544	160	551	160	546	160	554	160
								820	170			659	170	816	170	363	170					573	170	580	170	575	170	583	170
								822	180			689	180	818	180	367	180						176	613	180	608	180	616	180
								823	190			728	190	819	190		189							644	190	639	190	647	190
								824	200				205	820	200									675	200	670	200	678	200
									205					821	210									701	210	696	210	704	210
														822	220										215	730	220	738	220
														823	230											763	230	771	230
															235											783	240	791	240
																										800	250	808	250
																										805	260	813	260
																										820	270	828	270
																										824	280		276
																										825	290		
																										838	294		

Tabla N° 47: Graf. Esfuerzo vs. Deformación - C/N - Tracción Perpendicular a la Fibra.

**CORTE O CIZALLAMIENTO**

ENSAYO A CORTE										
Nº ESP.	LONGITUD 1 (cm)	ANCHO 1 (cm)	ANCHO 2 (cm)	AREA 1 (cm2)	LONGITUD 2 (cm)	ANCHO 1 (cm)	ANCHO 2 (cm)	AREA 2 (cm2)	ÁREA TOTAL (cm2)	
SIN NUDO	1	9.91	0.67	0.78	7.18	9.95	0.79	0.85	8.16	15.34
	2	9.89	0.78	0.73	7.47	9.72	0.66	0.67	6.46	13.93
	3	10.28	0.60	0.57	6.01	10.13	0.52	0.58	5.57	11.59
	4	10.07	0.58	0.57	5.79	10.11	0.62	0.65	6.42	12.21
	5	9.97	0.53	0.56	5.43	10.01	0.60	0.62	6.11	11.54
	6	9.95	0.54	0.67	6.02	9.82	0.72	0.59	6.43	12.45
	7	9.98	0.60	0.62	6.09	10.02	0.57	0.61	5.91	12.00
	8	9.94	0.63	0.62	6.21	9.95	0.63	0.66	6.42	12.63
	9	9.97	0.90	0.75	8.23	9.97	0.62	0.79	7.03	15.25
	10	9.98	0.67	0.69	6.79	10.02	0.71	0.74	7.26	14.05
	11	9.96	0.51	0.52	5.13	10.11	0.57	0.58	5.81	10.94
	12	10.00	0.54	0.65	5.95	10.18	0.62	0.58	6.11	12.06
	13	9.99	0.67	0.62	6.44	9.93	0.70	0.65	6.70	13.15
	14	9.94	0.65	0.75	6.96	9.95	0.62	0.61	6.12	13.08
	15	10.02	0.70	0.70	7.01	10.03	0.79	0.74	7.67	14.69
CON NUDO	1	10.10	0.74	0.90	8.28	10.50	0.80	0.69	7.82	16.10
	2	9.92	0.44	0.49	4.61	10.01	0.51	0.48	4.95	9.57
	3	9.86	0.61	0.58	5.87	9.82	0.51	0.53	5.11	10.97
	4	9.85	0.62	0.68	6.40	10.01	0.64	0.69	6.66	13.06
	5	9.89	0.51	0.55	5.24	9.99	0.59	0.62	6.04	11.29
	6	10.08	0.48	0.57	5.29	10.34	0.52	0.51	5.33	10.62
	7	9.91	0.58	0.81	6.89	9.96	0.49	0.71	5.98	12.86
	8	10.04	0.89	0.78	8.38	9.89	0.67	0.65	6.53	14.91
	9	10.08	0.68	0.50	5.95	10.29	0.56	0.53	5.61	11.56
	10	9.78	0.82	0.61	6.99	9.98	0.68	0.59	6.34	13.33
	11	10.09	0.50	0.51	5.10	10.02	0.57	0.52	5.46	10.56
	12	9.93	1.61	1.58	15.84	10.04	1.67	1.65	16.67	32.50
	13	10.16	0.69	0.69	7.01	10.80	0.57	0.58	6.21	13.22
	14	9.92	0.53	0.53	5.26	9.98	0.59	0.64	6.14	11.40
	15	9.98	0.57	0.61	5.89	10.16	0.61	0.57	5.99	11.88

Tabla N° 48: Tabla con datos para ensayos a Corte o cizallamiento.

ENSAYOS A CORTE // A LA FIBRA												
SIN NUDO												
UBICACIÓN	MUESTRA	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN ULTIMA (mm)	CARGA MÁXIMA (KG)	CARGA MÁXIMA (Tn)	CARGA MÁXIMA (N)	ESFUERZO (MPa)	ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	ESFUERZO PROMEDIO (Kg/cm <sup>2</sup> )	MODULO DE YOUNG (MPa)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (%)	PERCENTIL 5
CON NUDO												
	01	15.34	1.05	475	0.48	4655.00	3.03	3.91	39.87	5299.14	1.09	2.33
	02	13.93	1.35	825	0.83	8085.00	5.80					
	03	11.59	1.05	475	0.48	4655.00	4.02					
	04	12.21	0.79	575	0.58	5635.00	4.62					
	05	11.54	0.74	550	0.55	5390.00	4.67					
	06	12.45	0.45	425	0.43	4165.00	3.34					
	07	12.00	0.60	475	0.48	4655.00	3.88					
	08	12.63	0.89	675	0.68	6615.00	5.24					
	09	15.25	0.40	325	0.33	3185.00	2.09					
	10	14.05	0.41	475	0.48	4655.00	3.31					
	11	12.06	0.90	425	0.43	4165.00	3.45					
	12	13.15	0.95	475	0.48	4655.00	3.54					
	13	13.08	0.95	450	0.45	4410.00	3.37					
	14	13.08	0.65	325	0.33	3185.00	2.44					
	15	14.69	1.49	875	0.88	8575.00	5.84					
	01	16.10	3.50	900	0.90	8820.00	5.48	5.05	51.45	5299.14	1.42	2.56
	02	9.57	2.30	400	0.40	3920.00	4.10					
	03	10.97	1.30	750	0.75	7350.00	6.70					
	04	13.06	0.72	550	0.55	5390.00	4.13					
	05	11.29	1.40	750	0.75	7350.00	6.51					
	06	10.62	1.70	550	0.55	5390.00	5.08					
	07	12.86	1.70	650	0.65	6370.00	4.95					
	08	14.91	3.35	900	0.90	8820.00	5.92					
	09	11.56	3.40	700	0.70	6860.00	5.94					
	10	13.33	2.40	650	0.65	6370.00	4.78					
	11	10.36	1.09	450	0.45	4410.00	4.18					
	12	32.50	1.10	600	0.60	5880.00	1.81					
	13	13.22	1.41	800	0.80	7840.00	5.93					
	14	11.40	2.10	850	0.85	8330.00	7.31					
	15	11.88	0.64	350	0.35	3430.00	2.89					
												0.73

Tabla N° 49: Esfuerzo Admisible - Corte Paralelo a la Fibra



## 5.2 Anexos fotos



*Imagen N° 1: Plantación de guadua en el Valle de Condebamba*



*Imagen N° 2: Rizomas*



*Imagen N° 3: Tallo o Culmo*



*Imagen N° 4: Hojas y flor*



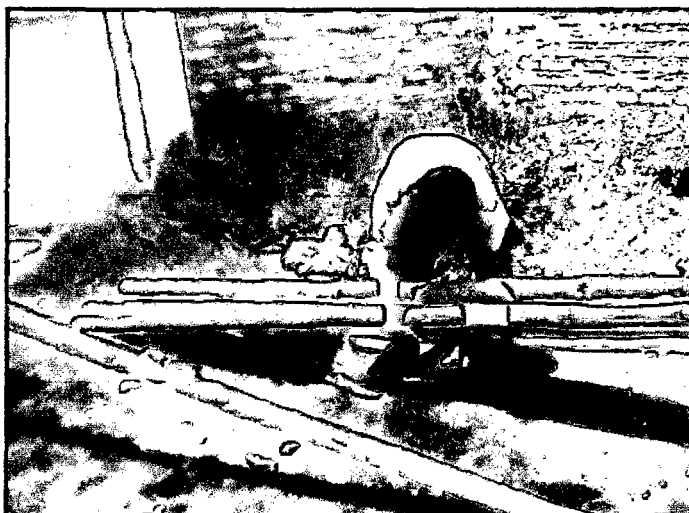
*Imagen N° 5: Preparación de especímenes para los diferentes ensayos.*



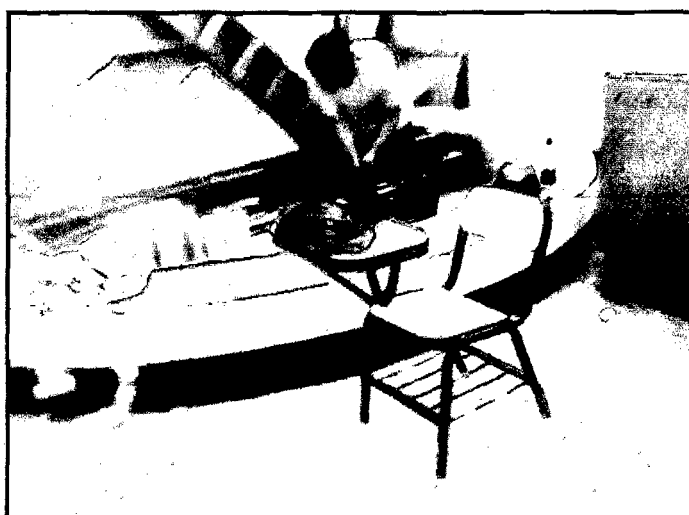
*Imagen N° 6: Preparación de especímenes para ensayos a tracción paralela.*



*Imagen N° 7: Transporte de materiales y especímenes al laboratorio de estructuras de UNC.*



*Imagen N° 8: Transporte de especímenes para ensayos a flexión.*



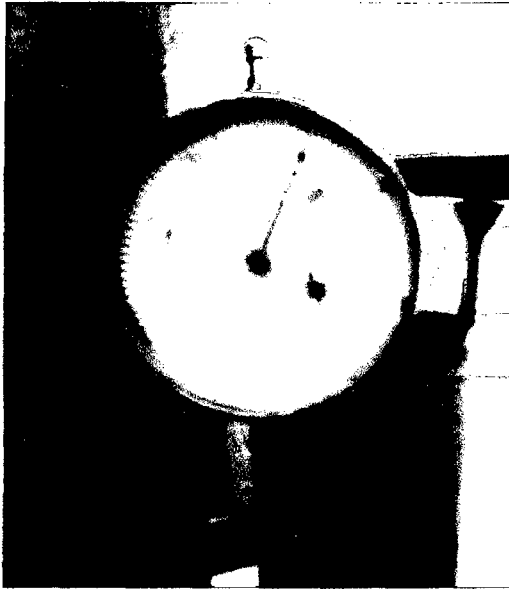
*Imagen N° 9: Acomodo y conteo de especímenes transportados.*



*Imagen N° 10: Especímenes para ensayos de tracción paralelo y perpendicular a la fibra.*



*Imagen N° 11: Imagen que muestra la fibra en el diafragma de una caña de Bambú.*



*Imagen N° 12: Deformimetro usado para los diferentes ensayos realizados.*



*Imagen N° 13: Peso de especímenes para el cálculo de contenido de humedad y otros.*



*Imagen N° 14: Medida de especímenes para cálculo de volúmenes y áreas.*



*Imagen N° 15: Especímenes sumergidos en agua, para el cálculo de absorción.*



*Imagen N° 16: Separación de especímenes con nudo y sin nudo, luego de ser saturados en agua.*



*Imagen N° 17: Pesos de especímenes luego de ser sumergidos en agua, ensayos de absorción.*



*Imagen N° 18: Pesado de especímenes saturados.*



*Imagen N° 19: Medida de especímenes para ensayos de tracción perpendicular.*



*Imagen N° 20: Vernier usado para tomar medidas del diámetro, alturas y espesores.*

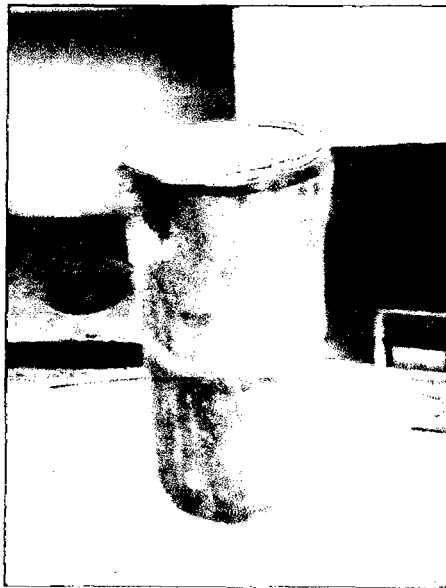


*Imagen N° 21: Realizando los ensayos a compresión paralela a la fibra.*



*Imagen N° 22: Ensayo a compresión.*

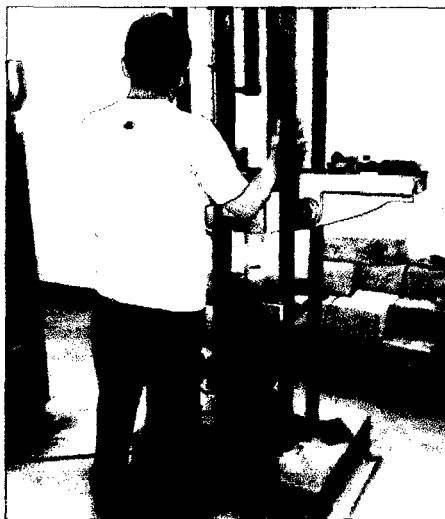




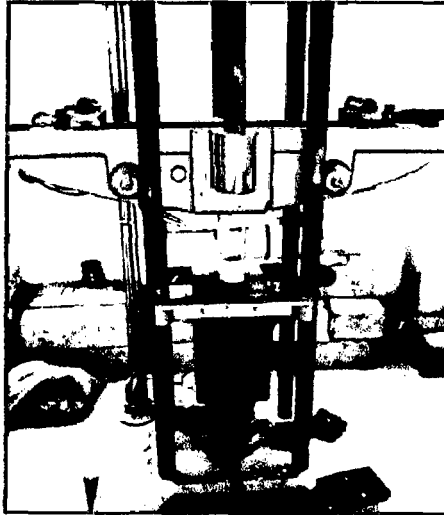
*Imagen N° 23: Muestra de especímenes luego de ser sometido a carga en compresión.*



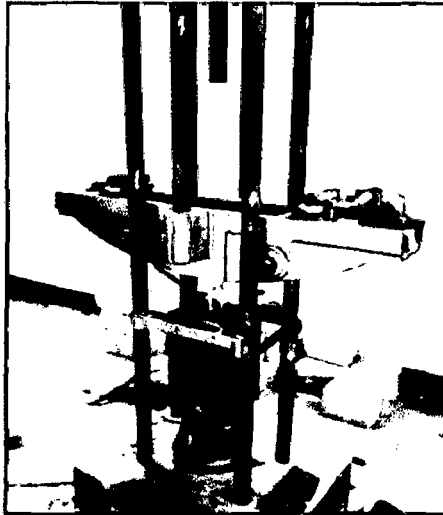
*Imagen N° 24: Muestra de la falla a compresión luego de ser ensayado.*



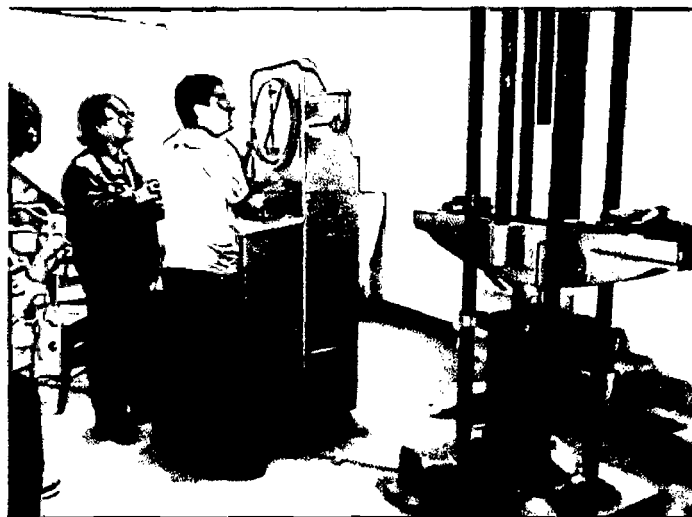
*Imagen N° 25: Adaptación de especímenes a la Maquina Universal para realizar ensayos a tracción //.*



*Imagen N° 26: Ensayo a tracción paralelo a la fibra.*



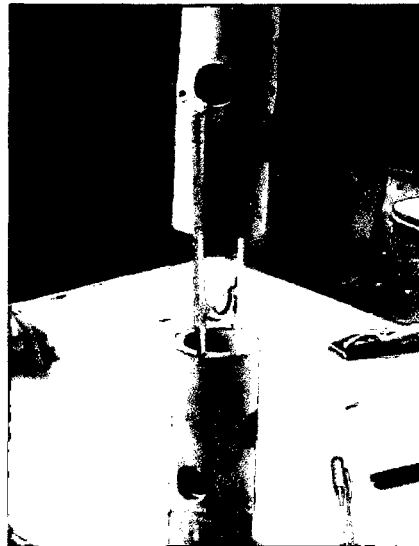
*Imagen N° 27: Muestra de maquina universal ensayo de tracción paralela a la fibra.*



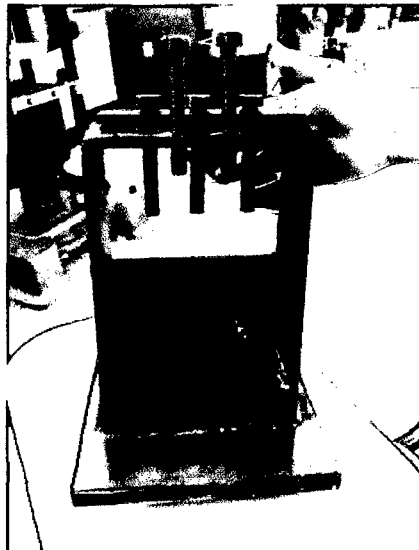
*Imagen N° 28: Ensayo de especímenes a tracción paralela a la fibra, en compañía del asesor Ing. Héctor Pérez Loayza.*



*Imagen N° 29: Muestra de especímenes luego de ser ensayos a tracción //.*



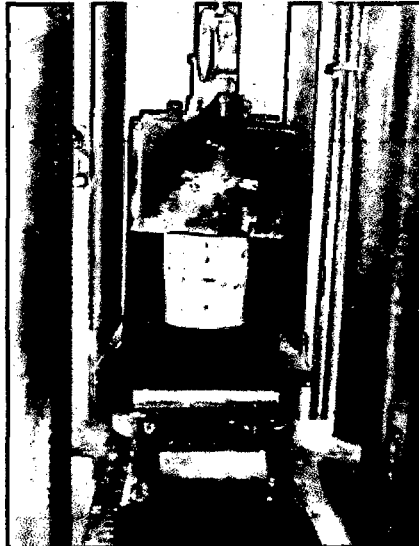
*Imagen N° 30: Falla por corte en ensayo a tracción //, por lo que se realizó cambios.*



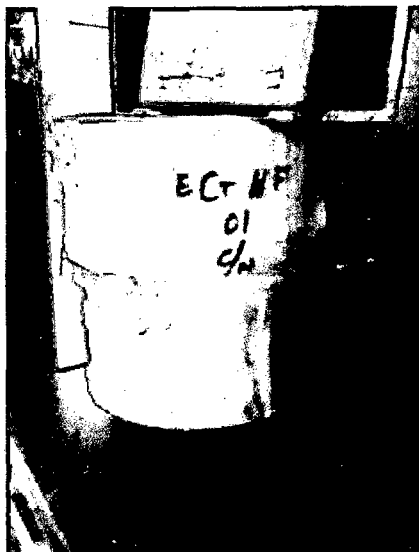
*Imagen N° 31: Muestra de accesorio usado y adaptación de espécimen para ensayos a corte o cizallamiento.*



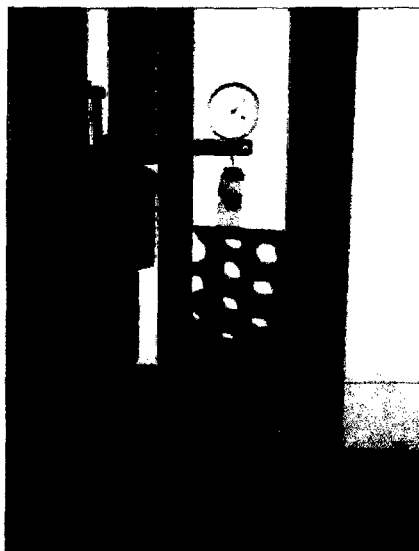
*Imagen N° 32: Acoplo de accesorio para realizar ensayo de corte.*



*Imagen N° 33: Acoplo de espécimen a accesorio usado para ensayos a corte paralelo a fibra.*



*Imagen N° 34: Especimen para ensayo de corte o cizallamiento //.*



*Imagen N° 35: Ensayo y muestra de espécimen luego de ensayo a corte paralelo a la fibra.*



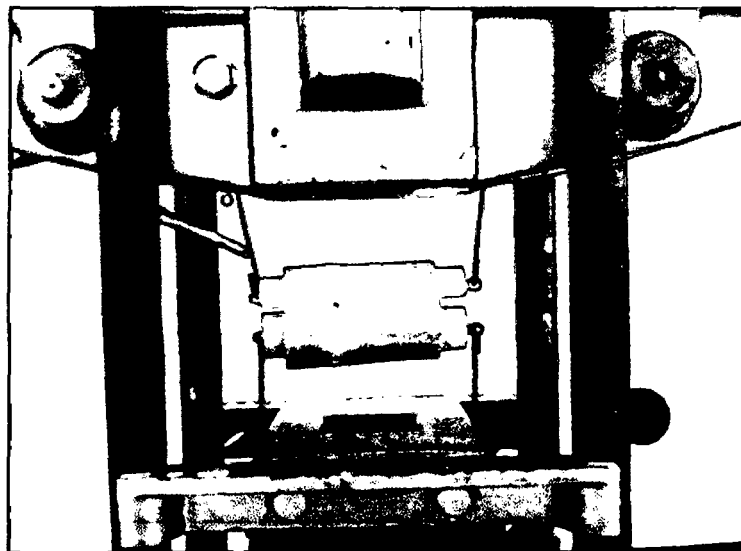
*Imagen N° 36: Muestra de la falla luego de ensayo por corte // a la fibra.*



*Imagen N° 37: Muestra de especímenes luego de ser ensayos a corte paralelo a la fibra.*



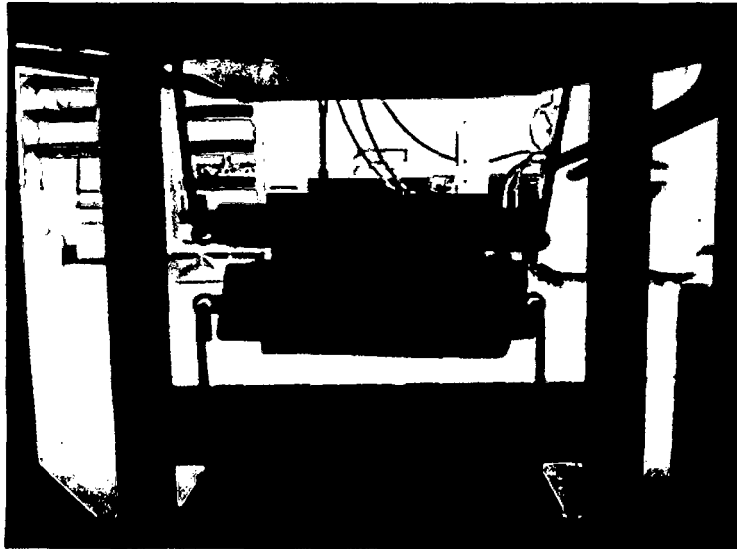
*Imagen N° 38: Tomando medidas para cálculo de alturas y espesores.*



*Imagen N° 39: Muestra de espécimen en ensayo de tracción perpendicular a la fibra.*



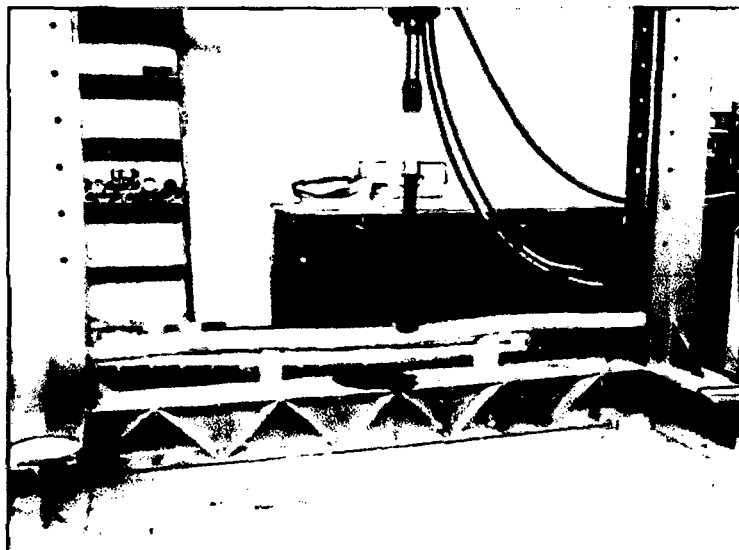
*Imagen N° 40: Ensayo de espécimen a tracción perpendicular a la fibra.*



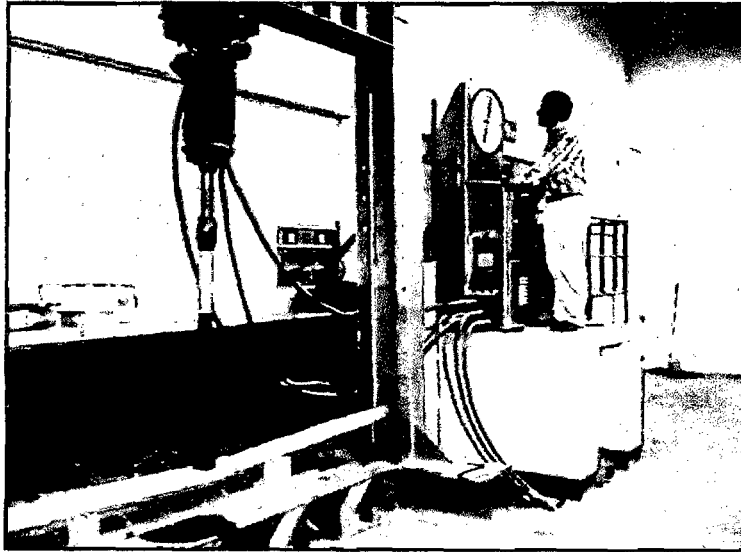
*Imagen N° 41: Espécimen luego de ser sometido a carga en ensayo a tracción perpendicular a la fibra.*



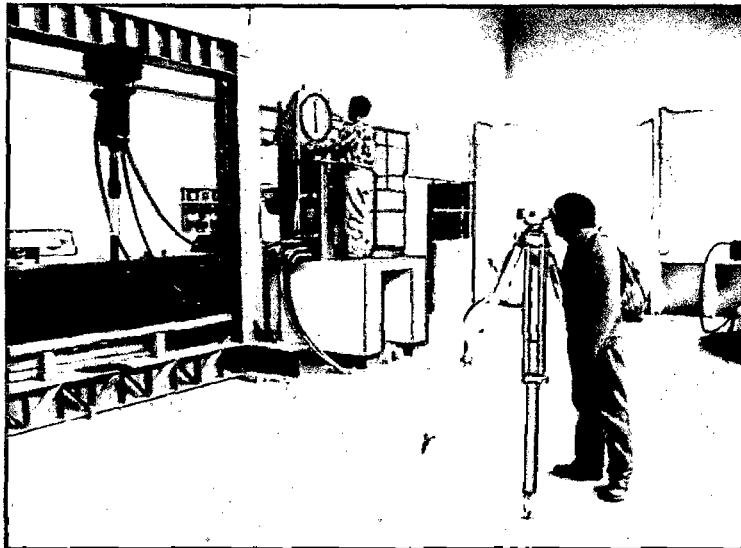
*Imagen N° 42: Adaptación de especímenes para ensayos a flexión.*



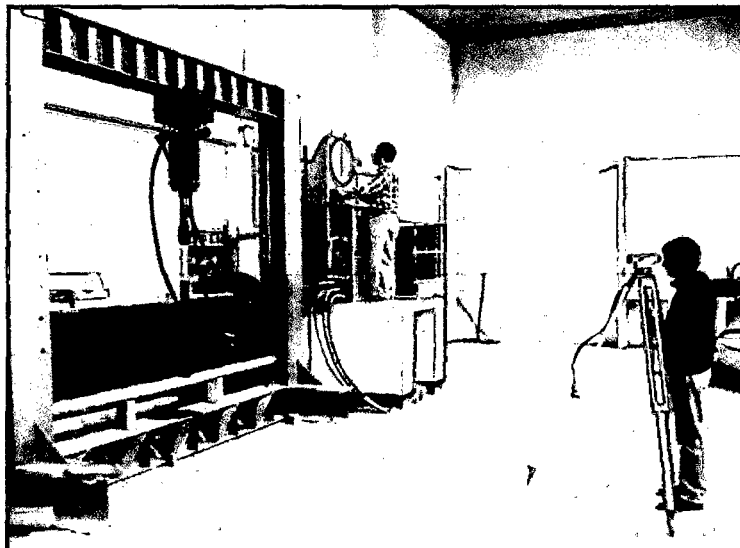
*Imagen N° 43: Espécimen adaptado y siendo sometido a carga para ensayos a flexión.*



*Imagen N° 44: Imagen que muestra manipulación de máquina para ensayos a flexión.*

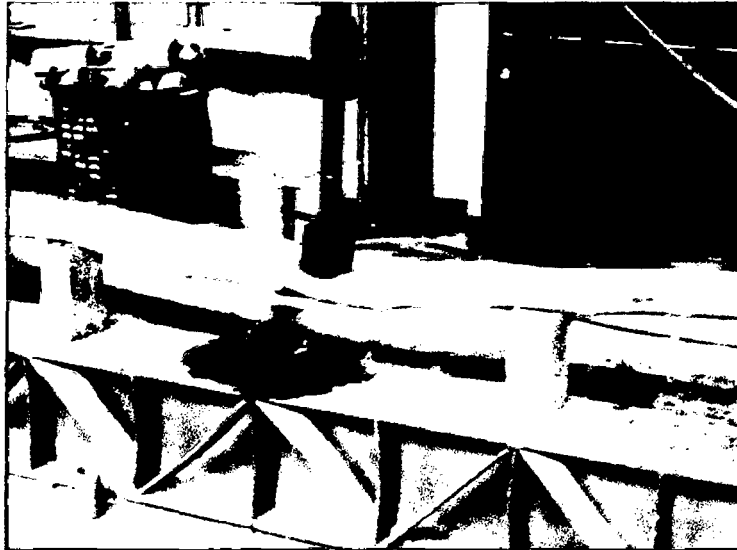


*Imagen N° 45: Toma de datos (deformaciones) en ensayos de flexión.*

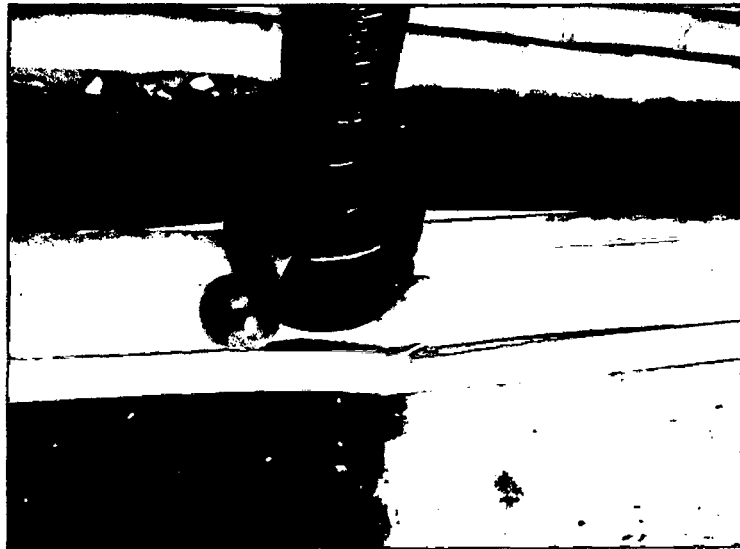


*Imagen N° 46: Toma de datos (deformaciones) en ensayos de flexión.*





*Imagen N° 47: Muestra de deformación de espécimen en ensayos a flexión.*



*Imagen N° 48: Muestra del efecto de compresión y corte, que se dan en ensayos a flexión.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. C. GUTIÉRREZ ALIAGA, «UNIONES ESTRUCTURALES CON BAMBÚ,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, LIMA - PERÚ, 2010.
- [2] N. H. PANTOJA TRUJILLO y D. F. ACUÑA JIMÉNEZ, «RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, BOGOTA - COLOMBIA, 2005.
- [3] E. DE NAVAS GUTIERREZ, «APLICACIONES ESTRUCTURALES DE LA GUADUA,» UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID, MADRID - ESPAÑA, 2011.
- [4] A. D. OROSCO CALCIN, «EL BAMBÚ COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA,» UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, MÉRIDA - VENEZUELA, 2009.
- [5] H. SALEME y S. ARAOZ, «LA HERURÍSTICA DE LAS ESTRUCTURAS DE BAMBÚ: PRINCIPIO Y CRITERIOS DE DISEÑO,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN, ARGENTINA.
- [6] J. A. C. Fischer y X. A. León Rodríguez, «Propiedades Físicas - Mecánicas de la Guadua Angustifolia y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II,» Escuela Politécnica del Ejército, Sangolqui, 2007.
- [7] D. Ascencios, «Inventario de Bambu en el Perú,» AB SUSTENTA SAC, Lima, Marzo 2004.
- [8] J. R. Mercedes, «Guía Técnica del Cultivo del Bambú,» Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. CEDAF, Santo Domingo - Republica Dominicana, 2006.
- [9] C. P. T. Tan, «Procedimientos de Ensayo para la Determinación de las Propiedades Físico Mecánicas de la Guadua,» Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2004.
- [10] A. D. O. Calcin, «EL BAMBÚ COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN ARQUITECTÓNICA,» UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, MERIDA, 2009.
- [11] ANONIMO, *Curado y Preservación de Caña Guadua*, 2013.
- [12] C. y. V. Ministerio de Transportes, «Norma Técnica Peruana E-020,» Gobierno Peruano, Lima, 2001.
- [13] V. y. D. T. Ministerio de Ambiente, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogota - Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1997.
- [14] C. y. V. Ministerio de Transportes, «Norma Técnica Peruana E-100,» Gobierno Peruano, Lima, 2002.

[15] J. Takahashi, «[www.http://perubambu.org.pe/](http://perubambu.org.pe/),» Perú Bambú, 2006. [En línea].  
Available: <http://perubambu.org.pe/Inventario-Bambu-Peru.html>. [Último acceso: 01  
Noviembre 2014].