

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DE LA
GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH Y APLICACIÓN AL
DISEÑO DE BATERIAS SANITARIAS DEL IASA II”**

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

**JORGE ALBERTO COBOS FISCHER
XAVIER ANTONIO LEÓN RODRÍGUEZ**

SANGOLQUÍ, NOVIEMBRE DEL 2007

EXTRACTO / ABSTRACT

Actualmente, el campo de la construcción de obras civiles a estado inmersa en una serie de modificaciones en cuanto a métodos de construcción, el cual implica los parámetros de diseño como, tipo de material, propiedades tanto físicas como mecánicas que son muy importantes a la hora de diseñar una estructura, es por esto que, la elaboración de esta investigación tiene como propósito presentar a la guadúa angustifolia como una nueva alternativa de elemento estructural para la construcción en nuestro país.

At the moment, the construction field of civil works has been immersed into a series of modifications as far as construction methods, which implies parameters of design like: material type and physical and mechanicals properties that are very important at the time of designing a structure; that's why the elaboration of a research must present the Guadúa Angustifolia like a new alternative structural element for construction in our country.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Señores: **JORGE ALBERTO COBOS FISCHER, XAVIER ANTONIO LEON RODRIGUEZ** como requerimiento parcial a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**.

Sangolquí, Noviembre del 2007

Ing. Mario Arias Santillán
DIRECTOR

Ing. Ernesto Pro Zambrano
CODIRECTOR

DEDICATORIA

Este Trabajo es dedicado a la memoria de mis Abuelitos Atilano y Genoveva, quienes me llenaron de consejos y cariño en toda mi vida estudiantil, y se que desde el cielo ellos me guiaran en mi vida profesional por que estoy seguro que ellos están gozando de la gracia de Dios.

A mis padres Ruperto y Magna quienes me dieron la vida y su amor para que viva siempre con educación y respeto hacia ellos y a los demás , a mis hermanos Gissel, Daniel y Valeria quienes siempre han sido mi fuente de inspiración para que vean en su hermano mayor un ejemplo a seguir.

Xavier

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por concederme el privilegio de la vida y darme la fortaleza

necesaria para cumplir mis metas;

A mis Padres Homero Alberto y Mildred Bessie, quienes con su ejemplo de vida han

sabido guiar mis pasos, por darme siempre su apoyo, amor y confianza;

A mis hermanas Mariuxi y Katty que con su comprensión, apoyo, alegría y consejos me

han ayudado siempre a seguir adelante.

Alberto

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por habernos dado la vida y la oportunidad de haber estudiado en tan prestigiosa institución educativa la cual con sus maravillosos maestros han sabido llenar mis expectativas académicas , y así por intermedio de ellos llegar a ser un profesional para servir a mi país, además un agradecimiento especial a mi director y codirector los cuales han sabido guiarnos, brindándonos sus conocimientos y experiencias para la realización de este trabajo.

Xavier León R.

Agradezco a Dios, a mis padres y a mi familia por haberme formado como persona y con su apoyo incondicional por darme la oportunidad de realizarme como profesional para poder servir al país, a mis profesores de la Universidad ya que me brindaron todos sus conocimientos que los pondré en práctica en mi vida laboral, y un agradecimiento especial al director y codirector que tuvieron la paciencia suficiente para la realización de esta tesis, de igual forma a Xavier mi compañero y amigo con quien compartí todo este tiempo para llevar a cabo nuestras metas.

Alberto Cobos F.

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

Sr. Xavier Antonio León Rodríguez

Sr. Jorge Alberto Cobos Fischer

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Ing. Jorge Zúñiga G.

SECRETARIO ACADÉMICO

Abg. Mario Lozada

Lugar y Fecha: _____

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LA GUADÚA

	Pag.
1.1 DEFINICIÓN	1
1.2 MORFOLOGIA DE LA GUADÚA	2
1.2.1 RAICES	2
1.2.2 RIZOMA	2
1.2.3 TALLO Ó CULMO	3
1.2.4 HOJAS	3
1.2.5 FLOR	4
1.2.6 SEMILLA	4
1.3 CULTIVO	4

1.4 ZONAS DE PRODUCCION	9
1.5 ETAPAS DE CORTE	10
1.6 PRESERVACION	11
1.6.1 CURADO EN LA MATA	13
1.6.2 CURADO POR INMERSION EN AGUA	14
1.6.3 CURADO AL CALOR	14
1.6.4 CURADO AL HUMO	15
1.6.4.1 LA ETNIA SHUAR	16
1.6.4.2 LOS FOGONES MANABITAS	16
1.6.5 METODO BOUCHERIE	17
1.6.5.1 POR GRAVEDAD	17
1.6.5.2 MODIFICADO POR PRESION	17

CAPITULO II

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA GUADUA

2.1 ANTECEDENTES	19
2.2 ESTADOS DE MADUREZ DE LA GUADÚA	21
2.3 CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA DE LA GUADÚA ANGUSTIFOLIA KUNTH	22
2.4 CAMBIOS ESTRUCTURALES QUE OCURREN DURANTE LOS ESTADOS DE MADUREZ DE LA GUADUA	24

2.5 CONTENIDO DE HUMEDAD	25
2.5.1 Alcance	26
2.5.2 Objetivo	26
2.5.3 Aparatos	26
2.5.4 Preparación del espécimen de prueba	26
2.5.5 Procedimiento	27
2.5.6 Cálculo de resultados	27
2.5.7 Reporte de pruebas	27
2.6 MASA POR VOLUMEN	29
2.6.1 Alcance	29
2.6.2 Objetivo	29
2.6.3 Aparatos	29
2.6.4 Preparación de las Piezas	30
2.6.5 Procedimiento	30
2.6.6 Cálculo y expresiones de resultados.	30
2.7 PESO ESPECIFICO	32
2.8 DURABILIDAD	32
2.9 PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION DE GUADÚA	32

CAPITULO III

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA GUADUA

3.1 ANTECEDENTES	34
3.2 TRACCIÓN	34

3.2.1 Alcance	34
3.2.2 Objetivo	34
3.2.3 Aparatos	34
3.2.4 Preparación de los especímenes de prueba	35
3.2.5 Procedimiento	36
3.2.6 Cálculo y expresión de resultados	37
3.3 COMPRESIÓN	39
3.3.1 Alcance	39
3.3.2 Objetivo	39
3.3.3 Aparatos	40
3.3.4 Preparación de los especímenes de prueba	41
3.3.5 Procedimiento	42
3.3.6 Cálculo y expresión de resultados	42
3.4 CORTE PARALELO A LA FIBRA	46
3.4.1 Alcance	46
3.4.2 Objetivo	46
3.4.3 Aparatos	46
3.4.4 Preparación del espécimen de prueba	47
3.4.5 Procedimiento	48
3.4.6 Cálculo y expresión de resultados	48
3.5 FLEXIÓN	51
3.5.1 Alcance	51
3.5.2 Objetivo	51
3.5.3 Aparatos	51

3.5.4 Preparación de los troncos de prueba	52
3.5.5 Procedimiento	52
3.5.6 Calculo y expresión de resultados	54

CAPITULO IV

ESFUERZOS ADMISIBLES PARA DISEÑO

4.1 ANTECEDENTES	64
4.2 ESFUERZOS ADMISIBLES	64
4.2.1 Valor de diseño por esfuerzos admisibles a tracción	65
4.2.1.1 Factor de servicio y seguridad (FS)	66
4.2.1.2 Factor de Duración de la carga (FDC)	67
4.2.2 Valor de diseño por esfuerzos admisibles a compresión	68
4.2.3 Valor de diseño por esfuerzos admisibles a esfuerzo cortante	70
4.2.4 Valor de diseño admisibles a esfuerzo de flexión	72

CAPITULO V

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

5.1 ANTECEDENTES	75
5.2 TIPOS DE CARGA	76
5.2.1 Carga Muerta	76
5.2.1.1 Peso propio	76

5.2.1.2 Cargas Permanentes	77
5.2.2 Carga Viva	77
5.2.2.1 Carga de servicio	77
5.2.2.2 Carga de mantenimiento	77
5.2.2.3 Carga producida por la caída de ceniza	77
5.2.3 Fuerza Sísmica	78
5.2.4 Fuerza de Viento	79
5.3 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA CON EL PROGRAMA SAP2000 V 10.01	80
5.3.1 Propiedades elásticas de la madera	85
5.3.1.1 Módulo de Elasticidad	86
5.3.1.2 Módulo de Corte	86
5.3.1.3 Módulo de Poissón	86
5.3.1.4 Coeficiente de Dilatación Térmica	87
5.3.2 Definición de Secciones (Prediseño)	87
5.3.3 Asignación de secciones en elementos (Prediseño)	90
5.3.4 Definición de Estados de Carga	92
5.3.5 Añadiendo las Cargas	92
5.3.6 Combinaciones para diseño	94
5.4 DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESION	95
5.4.1 Definir bases de cálculo	95
5.4.1.1 Cargas a considerarse en el diseño	95
5.4.1.2 Condiciones de Apoyo y Factor de longitud efectiva	95
5.4.1.3 Esbeltez	96

5.4.1.4 Columnas Cortas	97
5.4.1.5 Columnas Intermedias	98
5.4.1.6 Columnas Largas	98
5.4.1.7 Elementos sometidos a flexo-compresión	98
5.5 DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN	100
5.5.1 Definir bases de cálculo	100
5.5.1.1 Cargas a considerarse en el diseño	100
5.5.1.2 Deflexiones Admisibles	100
5.5.1.3 Espaciamiento	101
5.5.2 Efectos máximos: máximo momento flector M y máxima fuerza cortante V.	102
5.5.3 Esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad	102
5.5.4 Cálculo del Momento de Inercia Necesario	102
5.5.5 Cálculo del Módulo de Sección Necesario	103
5.5.6 Cálculo del Momento de Inercia y el Módulo de Sección del Elemento	103
5.5.7 Verificar el esfuerzo cortante	104
5.5.8 Estabilidad	105
5.6 DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN	105
5.7 DISEÑO DEL PERNOS Y VARILLAS EN LA ESTRUCTURA	108
5.8 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	109
5.9 PLANOS	109
5.10 ANALISIS ECONOMICO	109

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES	110
6.2 RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFIA	113

INDICE DE TABLAS

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LA GUADÚA

Tabla 1.1 Condiciones de Siembra

Tabla 1.2 Ciclo Biológico

Tabla 1.3 Beneficios de siembra de la guadúa

CAPITULO II

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA GUADUA

Tabla 2.1 Clasificación de partes comerciales de la guadúa

Tabla 2.2 Resultados de Contenido de Humedad obtenidos en el laboratorio

Tabla 2.3 Densidades de Muestras de guadúa

Tabla 2.4 Pesos específicos

CAPITULO III

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA GUADUA

Tabla 3.1 Resultados obtenidos en los ensayos de tracción

Tabla 3.2 Resultados en los ensayos de compresión

Tabla 3.3 Cálculo del módulo de elasticidad con deformaciones unitarias

Tabla 3.4 Resultados de corte obtenidos en el laboratorio

Tabla 3.5 Resultados de la probeta #1

Tabla 3.6 Resultados probeta # 2

Tabla 3.7 Resultados de probeta #3

Tabla 3.8 Resumen de resultados

CAPITULO IV

ESFUERZOS ADMISIBLES PARA DISEÑO

Tabla 4.1 Factores de reducción considerados para maderas

Tabla 4.2 Esfuerzos admisibles guadúa angustifolia en comparación con los grupos de madera

Tabla 4.3 Módulos de elasticidad comparados con los grupos de madera

CAPITULO V

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Tabla 5.1 Coeficientes fuerza sísmica (Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT)

Tabla 5.2 Coeficientes fuerza de viento (Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT)

INDICE DE CUADROS

CAPITULO II

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA GUADÚA

Cuadro 2.1 Contenidos de humedad en los ensayos y Contenido medio de humedad

Cuadro 2.2 Resultados de laboratorio densidades y media

CAPITULO III

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA GUADUA

Cuadro 3.1 Resultados ensayos de tracción en probetas con nudo y sin nudo

Cuadro 3.2 Resultados de esfuerzos en las probetas

Cuadro 3.3 Resultados obtenidos en el laboratorio esfuerzo de corte

Cuadro 3.4 Grafica de esfuerzo deformación probeta #1

Cuadro 3.5 Grafica esfuerzo deformación probeta #2

Cuadro 3.6 Grafico esfuerzo deformación probeta #3

CAPITULO IV

ESFUERZOS ADMISIBLES PARA DISEÑO

Cuadro 4.1 Esfuerzo último menor en probetas de latilla

Cuadro 4.2 Corte paralelo a la fibra en el menor valor

Cuadro 4.3 Esfuerzos flectores máximos

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

GENERALIDADES DE LA GUADÚA

Figura 1.1 Plantación de guadúa

Figura 1.2 Rizomas

Figura 1.3 Tallo o Culmo

Figura 1.4 Hojas y Flor

Figura 1.5 Curado en Mata

Figura 1.6 Curado por inmersión

Figura 1.7 Curado al Calor

Figura 1.8 Curado al humo

Figura 1.9 Método Boucherie por gravedad

Figura 1.10 Método Boucherie Modificado

CAPITULO II

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA GUADUA

Figura 2.1 Desarrollo y clasificación de la guadúa angustifolia

Figura 2.2 Estados de madurez guadúa angustifolia kunth

Figura 2.3 Identificación volumétrica del tallo

Figura 2.4 Número de internodos en los segmentos basal, medio y apical

Figura 2.5 Variación de diámetros en los segmentos

Figura 2.6 Lignificación de las fibras de un culmo de guadúa

CAPITULO III

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA GUADUA

Figura 3.1 Maquina universal para ensayo de tracción, Escuela Politécnica del Ejército, Laboratorio de Resistencia de Materiales

Figura 3.2 Probetas para tracción ahusadas

Figura 3.3 Probetas para tracción en mm

Figura 3.4 Cilindros de compresión sin nudo 1 a 2 D

Figura 3.5 Máquina de compresión universal y probeta de guadua, Escuela Politécnica del Ejército, Laboratorio de Resistencia de Materiales

Figura 3.6 Cilindros de compresión para el ensayo

Figura 3.7 Esfuerzo deformación compresión

Figura 3.8 Ensayo de corte paralelo a la fibra. Escuela Politécnica del Ejército, Laboratorio de Resistencia de Materiales

Figura 3.9 Probeta de guadúa para corte en mm

Figura 3.10 Especímenes de prueba de guadúa para corte paralelo a la fibra

Figura 3.11 Máquina de Carga para el ensayo de flexión, Escuela Politécnica del Ejército, Laboratorio de Resistencia de Materiales

Figura 3.12 Apoyos en los extremos de madera

Figura 3.13 Apoyos de madera con dimensiones variables

Figura 3.14 Viga que divide a la carga en dos puntos

Figura 3.15 Modelo matemático del ensayo de flexión

CAPITULO IV

ESFUERZOS ADMISIBLES PARA DISEÑO

Figura 4.1 Frecuencias acumuladas de esfuerzos últimos a compresión

CAPITULO V

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Figura 5.1 Vista en planta

Figura 5.2 Vista en elevación

Figura 5.3 Unidades

Figura 5.4 Importación del Archivo de Autocad a Sap2000

Figura 5.5 Archivo para Sap2000

Figura 5.6 Dirección Global para importación

Figura 5.7 Ubicación del Layer

Figura 5.8 Estructura importada en Sap2000

Figura 5.9 Apoyo Fijo

Figura 5.10 Definición del Material

Figura 5.11 Características del Material

Figura 5.12 Asignación de Sección de Columna

Figura 5.13 Dimensiones del Diámetro exterior y espesor

Figura 5.14 Definición de cubierta ar2000

Figura 5.15 Características de la cubierta

Figura 5.16 Asignación de Columnas y Vigas

Figura 5.17 Asignación de Cubierta

Figura 5.18 Cubierta

Figura 5.19 Definición de Cargas

Figura 5.20 Carga Viva y Muerta

Figura 5.21 Carga de Sismo y Viento

Figura 5.22 Combinaciones de Diseño

CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA GUADÚA

1.3 DEFINICIÓN

La guadúa 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 *guadúa* 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 guadúa *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 Guadúa, como planta esta conformada de su respectiva estructura y sistemas de ejes vegetativos segmentados y formados por nudos y entre nudos, contiene risoma tallo o culmo, ramas y hojas.



Figura 1.1 Plantación de guadúa

1.4 MORFOLOGIA DE LA GUADÚA

1.4.1 RAICES

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.

1.4.2 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.



Figura 1.2 Rizomas

1.2.3 TALLO Ó 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.



Figura 1.3 Tallo o Culmo

1.2.4 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 guadúa 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 figura 1.4).

1.2.5 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 esta ubicada en las partes terminales de las ramas superiores y en el primer tercio de la espiga.



Figura 1.4 Hojas y Flor

1.2.6 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.

1.7 CULTIVO

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.

Tabla 1.1 Condiciones de Siembra

CONDICIONES DE SIEMBRA	
Donde Sembrar	
Altitud	400 a 2.000 m.s.n.m
Temperatura	18 °C a 22 °C
Precipitación	Superior a 1.300 milímetros por año
Humedad Relativa	80 %
Suelos	Areno-limosos, arcillosos, sueltos profundos, bien drenados y fértiles.
Como Sembrar	
Distancia de Siembra	5 X 5 metros
Plateo	1.5 metros
Hoyo	40 X 40 centímetros

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle CVC. Luis Fernando Cortés

Documento: El cultivo de la guadua alternativa económica para el desarrollo sostenible.

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.

Tabla 1.2 Ciclo Biológico

Ciclo Biológico	
Crecimiento	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).
Aprovechamiento	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.
Maduración y Dureza	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 docientas veces su diámetro.

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle CVC. Luis Fernando Cortés

Documento: El cultivo de la guadua alternativa económica para el desarrollo sostenible.

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

La guadúa es un recurso abundante frente a otros recursos madereros explotados forestalmente en el país, los cuales fluctúan en valores según el Proyecto PRONAC-USAID para las provincias del Litoral exceptuando Esmeraldas y Norte de Manabí arroja una cifra de 14.619 hectáreas, en el año de 1999 se hace una actualización sin mayor detalle que arroja una información de 10.880 hectáreas naturales o silvestres, en el año 2002 Ecuabambu realiza un inventario exploratorio que determino la existencia de 610 hectáreas adicionales de cobertura de guadúa en forma natural.

En el 2003, se realiza el estudio “Diagnostico de la cadena productiva de la caña Guadúa en el Ecuador”. Y las estimaciones de este trabajo hablan de una cifra

aproximada de entre 5.000 y 10.000 hectáreas de manchones silvestres o naturales, de los cuales solo 3.500 hectáreas son económicamente viables por accesibilidad.

Además en el mismo año, se realiza el estudio “Bamboo Value-added Export Development: Opportunities for Ecuador “, dio como resultado la existencia de 4.270 hectáreas de plantaciones establecidas de bambú de distintas especies y distribuidas en 10 provincias del país y de 60 viveros de bambú con una capacidad instalada conjunta de unas 2.5 millones de plantas al año. Esta cifra se ha actualizado y esta por el orden de 7.000 hectáreas de plantaciones de bambú, de las cuales aproximadamente 1.500 hectáreas corresponden a otras especies diferentes de guadúa.

En el Ecuador la guadúa representa una enorme riqueza ambiental, ya que es un importante fijador de dióxido de carbono (CO₂) 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 por que 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.

Tabla 1.3 Beneficios de siembra de la guadúa

Beneficios de la Siembra de la Guadua	
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.

*Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle CVC. Luis Fernando Cortés.
Documento: El cultivo de la guadua alternativa económica para el desarrollo sostenible.*

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.

1.8 ZONAS DE PRODUCCION

La guadúa se desarrolla a una altitud del nivel del mar hasta los 1100 m.s.n.m. y la mayor producción está en zonas con precipitaciones entre 1800 y 2200 mm de lluvia. En el Ecuador, la producción de la guadúa se encuentra en toda la región costera. La población con mayor densidad de guadúa es la de Los Ríos ya que corresponde el 8% del total con relación a las zonas de producción en el país.

La guadúa crece por pequeñas áreas denominadas *manchas*. Los rangos del tamaño de las manchas van desde 100 metros hasta 10 hectáreas. Mientras menos es el tamaño de la mancha mayor será el número de guadúas.

1.9 ETAPAS DE CORTE

La luna es un factor importante según investigaciones, en el desarrollo de todos los seres vivos en el planeta.

Por lo general la cosecha se realiza en cuarto menguante después de la luna llena en la cual se tiene un periodo de corte de 7 días y en horas de la mañana de 3 a 6 am si no se realiza en esta etapa la guadúa solo tendrá una durabilidad de dos años, dando lugar a pérdida de su resistencia en su retoño, este proceso se dice que fue realizado en una época de *aguaje* dentro de los tiempos y periodos no permitidos.

Este fenómeno consiste en lo siguiente: durante la luna llena no existe un periodo completo de oscuridad, se alarga el proceso de fotosíntesis, por lo que se genera una acumulación de hidratos de carbono *harinas* en el protoplasma, donde las células se hacen grandes, y las membranas celulares son delgadas y vulnerables al ataque de los insectos.

Para realizar el corte de la guadúa es necesario tener en cuenta los siguientes elementos y factores:

- ✓ Machete o sierra
- ✓ En periodos de lluvia
- ✓ Cuando estén sus retoños evitando cortar la guadúa madre

Se debe realizar el corte a ras y por encima del primer o segundo nudo localizado sobre el nivel de suelo. Para cortar hay que tener en cuenta además el grado de sasonamiento del tallo esto quiere decir que el tallo esta listo para ser cortado, y su máxima madurez que es cuando el tallo empieza a deteriorarse. Si el corte se lo realiza en menos de un año se dice que el corte es de una guadúa inmadura. La máxima madurez es de 4 a 5

años y la optima para construcciones esta entre 2 a 3 años con un diámetro de 10 a 15 centímetros y una altura aproximada de 30 a 40 metros.

Existen tres criterios para determinar el corte apropiado de los tallos maduros que se los menciona a continuación:

1. Retener una proporción fija de los tallos maduros, corte de la mitad del un tercio de los tallos maduros
2. Dejar un numero constante de tallos maduros, aquí se da el problema de que el numero dejado pueda ser muy alto en ciertas matas y muy bajo en otras
3. Retener un numero de tallos maduros, se necesita que los múltiplos sean sencillos y que el mínimo por tallo sea fijo.

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.

1.10 PRESERVACION

Para preservar la guadúa es necesario protegerla del ataque de agentes nocivos como son los hongos e insectos. Por tal razón se los trata con insecticidas y fungicidas que ya vienen mezclados en la mayoría de los productos comerciales que se emplean para tratar maderas, unos son más efectivos que otros según su composición química.

Los productos que se necesitan para tratar la guadúa deben cumplir las siguientes características:

- ✓ Que sean activos para impedir el desarrollo y la vida de los microorganismos exteriores e interiores.
- ✓ La composición no debe afectar los tejidos de la guadúa de manera que puedan sufrir cambios y disminuyan las características físicas y mecánicas.
- ✓ Deben ser solubles en el agua de tal manera que puedan utilizarse a diversos grados de concentración, tampoco dando lugar a una baja solubilidad que pueda ser lavada con la lluvia o humedad.
- ✓ Que el momento de utilizarla se encuentre en estado líquido a fin de que se penetre en todas partes de la guadúa.
- ✓ No debe tener un olor demasiado fuerte ya que hará que no se pueda utilizar en la construcción de dormitorios dentro de una vivienda.
- ✓ No debe alterar el color natural del bambú ya que al hacerlo no dejara que se muestre como tal para la construcción de elementos decorativos.
- ✓ Métodos Químicos: según el medio de disolución de los preservantes se diferencian en dos grupos: *Preservantes oleosolubles*, tales como: creosota alquitranada, creosota alquitranada libre de cristales, aceite de antraceno, creosota obtenida por la destilación de la madera, aceite y vapor de agua, soluciones de creosota, nafteno de cobre. *Preservantes hidrosolubles*: Son sales disueltas en agua y que entre sus ingredientes activos están: cloruro de zinc, dicromato de sodio, cloruro de cobre, cromato de zinc clorado, ácido bórico, bórax, sulfato de amonio, fluoruro de sodio, sulfato de cobre.

Gracias a su dureza e impermeabilidad de la guadúa, los insectos por lo general se introducen en la caña por los extremos y a veces por los nudos por este motivo es mas factible hacer penetrar el preservativo por sus caras o extremos que aplicarlo directamente sobre el con brochas o aspersores. A continuación se mencionan algunos tipos de preservación.

1.6.6 CURADO EN LA MATA

Después de cortado el tallo, se deja con ramas y hojas recostado lo mas vertical posible, sobre otras guadúas y aislado del suelo por medio de una piedra. En esta posición se deja por un tiempo no menor de cuatro semanas, después de lo cual se cortan sus ramas y hojas y se deja secar dentro de un área cubierta bien ventilada. Este método a sido hasta ahora el más recomendable, pues los tallos no se manchan y conservan su color.

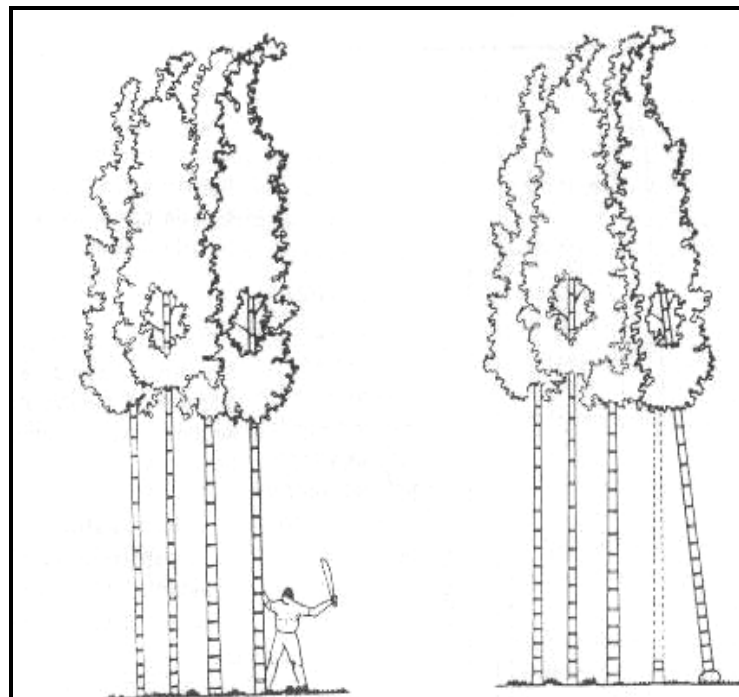


Figura 1.5 Curado en Mata

1.6.7 CURADO POR INMERSION EN AGUA

Los tallos recién cortados se sumergen en agua, ya sea en un estanque o en un río, por un tiempo no mayor a 4 semanas. Posteriormente se dejan secar por algún tiempo. Este método ha sido hasta ahora el más utilizado pero es el menos recomendable por no ser muy efectivo. Además los tallos se manchan y si permanecen mayor tiempo en el agua pierden resistencia y se vuelven frágiles.

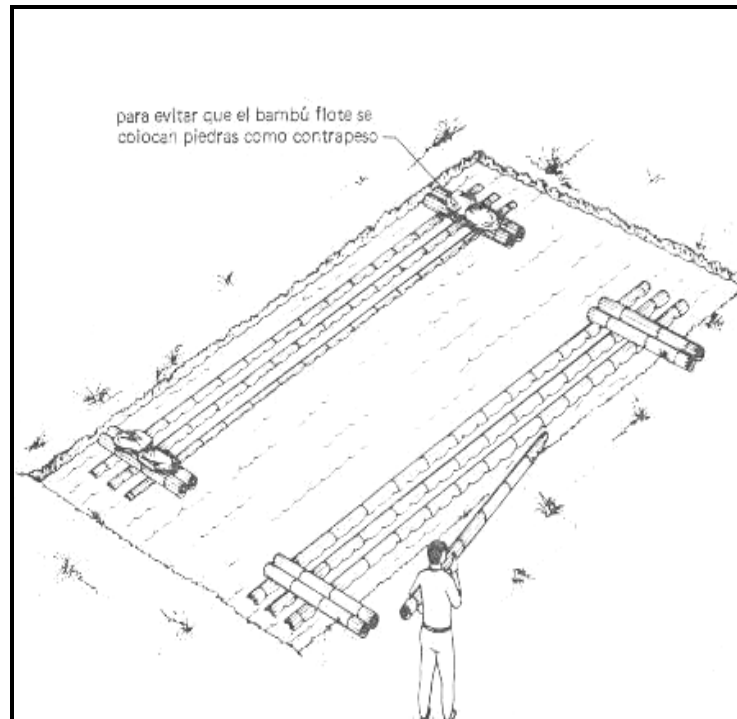


Figura 1.6 Curado por inmersión

1.6.8 CURADO AL CALOR

Se hace colocando horizontalmente las cañas de guadúa sobre brasas a una distancia apropiada para que las llamas no las quemen, girándolas constantemente. Este tratamiento se hace por lo general a campo abierto. Las brasas se colocan en el fondo de

una excavación de 30 a 40 centímetros de profundidad, este método también se emplea para enderezar guadúas torcidas.

Este tratamiento es considerado muy efectivo; sin embargo, se corre el riesgo de que el calor produzca contracciones y estas a su vez agrietamientos y fisuras en la guadúa.

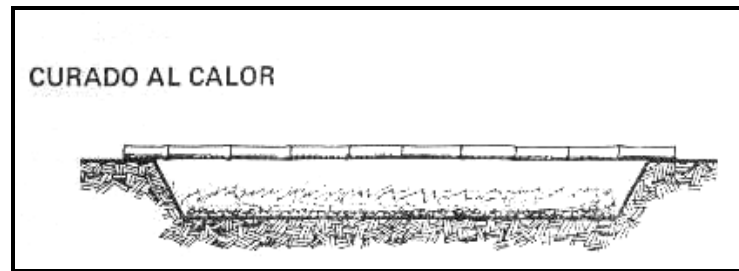


Figura 1.7 Curado al Calor

1.6.9 CURADO AL HUMO

Consiste en ahumar la guadúa previamente colocada horizontalmente en el interior de la casa sobre un fogón u hoguera, hasta que queden cubiertas exteriormente de hollín.

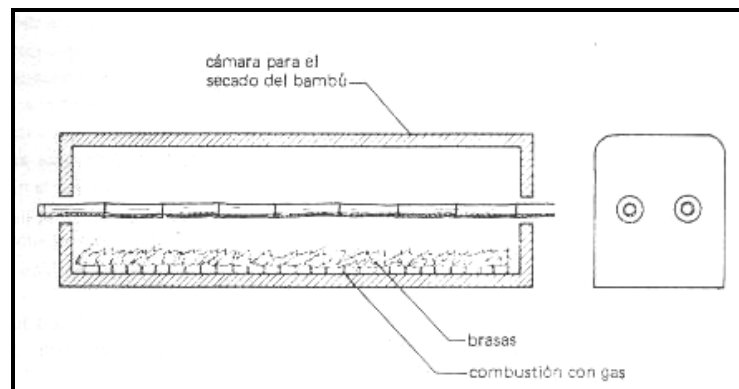


Figura 1.8 Curado al humo

En el presente documento, se enuncian dos técnicas investigadas en Ecuador: la primera, perteneciente a un grupo étnico denominado shuar y la segunda, correspondiente a las cocinas vernáculas de la Provincia de Manabí.

1.6.9.1 LA ETNIA SHUAR

De manera pragmática, los grupos étnicos de las selvas ecuatoriales y amazónicas, han descubierto la forma de preservar con humo, los materiales de sus viviendas, sus instrumentos de caza y de pesca, todos ellos elaborados con bambúes y otros componentes orgánicos como palmas, hojas, fibras, etc.

El procedimiento de preservación con humo, utilizado desde tiempos inmemoriales, hoy sólo lo practican las familias que construyen sus viviendas al interior de la selva.

Su procedimiento es que una vez concluida la vivienda y antes de ocuparla, proceden a cerrar con hojas todas las aberturas e intersticios de las paredes. Sobre el piso de guadua, colocan tierra húmeda y sobre ésta, pedazos de troncos recién cortados, con corteza y provenientes de un árbol que ellos denominan “cedro amargo o blanco”, que en realidad es una especie de “cedrela”, planta de origen americano, del género de las Meliáceas, de madera dura y similar al cedro.

Encienden los mencionados troncos y los mantienen humeando durante 4 o 5 días, al cabo de los cuales, abren la puerta, retiran las hojas de los intersticios de las paredes y ocupan la nueva vivienda.

1.6.9.2 LOS FOGONES MANABITAS

La ubicación de los fogones en el centro de la cocina, es tradicional en las viviendas vernáculas y rurales de la Provincia de Manabí, Ecuador. Las paredes y los pisos de las viviendas son construidos con bambú (guadua angustifolia) abierta o picada, mientras que la estructura de la cubierta, es de bambú entero o rollizo.

El material de la cubierta, es enteramente vegetal de diversas clases de hojas: bijao, cade, toquilla, paja de arroz, etc. Los fogones utilizan pequeños trozos de leña, la misma que en época de lluvias es húmeda y que al encenderse provocan una densa humareda

que no solo ahuyenta los mosquitos, sino que cubre de “hollín” las paredes y parte interna de la cubierta.

1.6.10 METODO BOUCHERIE

1.6.10.1 POR GRAVEDAD

Puede aplicarse en dos formas: Colocando verticalmente la guadúa y llenando su entre nudo superior con el preservativo, dejándolo en esta posición por algunas horas hasta que éste haya bajado a lo largo de su pared. O también utilizando un tanque abierto en su parte superior, al cual se le coloca en su parte inferior un tubo metálico con una llave, conectado al extremo de la guadúa por una sección de un neumático de carro. En este caso debe tenerse el cuidado de colocar el tanque en un nivel más alto que la guadúa.

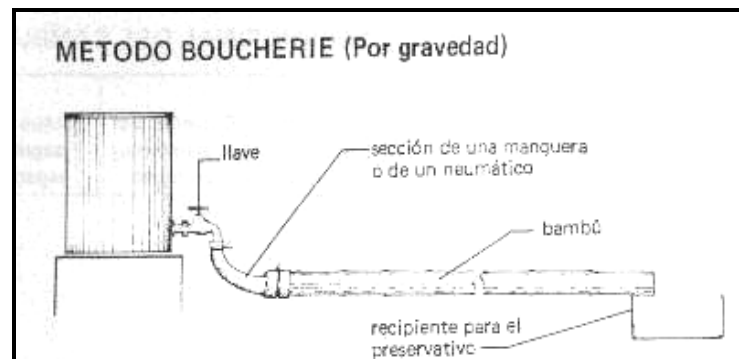


Figura 1.9 Método Boucherie por gravedad

1.6.10.2 MODIFICADO POR PRESION

Este método es similar al anterior solo que el tanque que se emplea debe ser hermético y llevar en su parte superior una válvula de bicicleta, un medidor o indicador de presión y una tapa con rosca por donde se llena el tanque con el preservativo hasta las tres cuartas partes. Posteriormente se le aplican de 10 a 15 libras de aire utilizando una bomba de aire portátil (utilizadas en bicicletas).

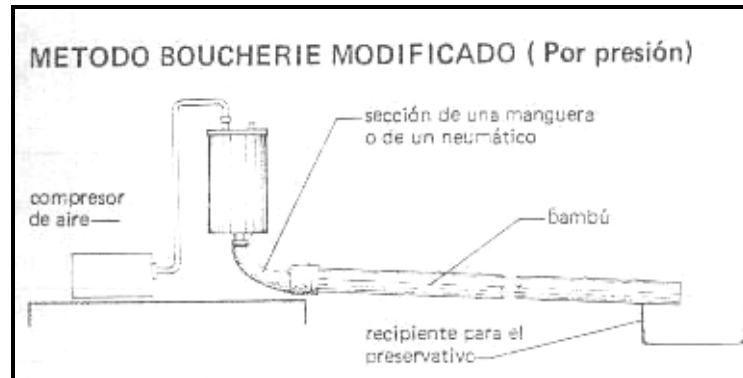


Figura 1.10 Método Boucherie Modificado

CAPITULO II: PROPIEDADES FÍSICAS DE LA GUADUA

2.10 ANTECEDENTES

La guadúa 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 guaduales.

La guadúa esta 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

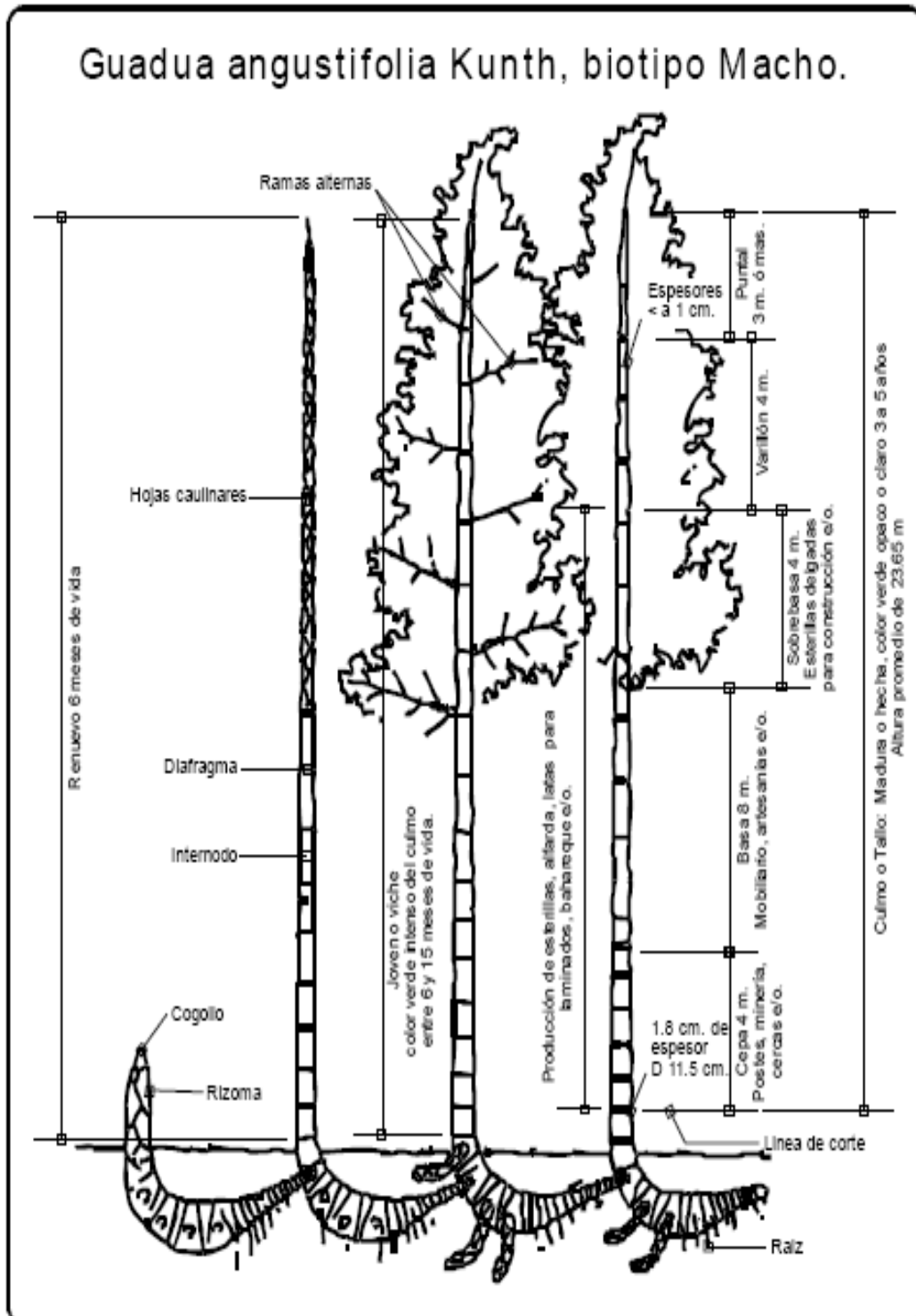


Figura 2.1 Desarrollo y clasificación de la guadúa angustifolia

Tabla 2.1 Clasificación de partes comerciales de la guadúa

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

2.11 ESTADOS DE MADUREZ DE LA GUADÚA

Se caracterizan por su rápido crecimiento, cualidad que se muestra en todas las plantas monocotiledóneas. La guadúa 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 guadúa se identifican cuatro estados de madurez como se muestra a continuación.

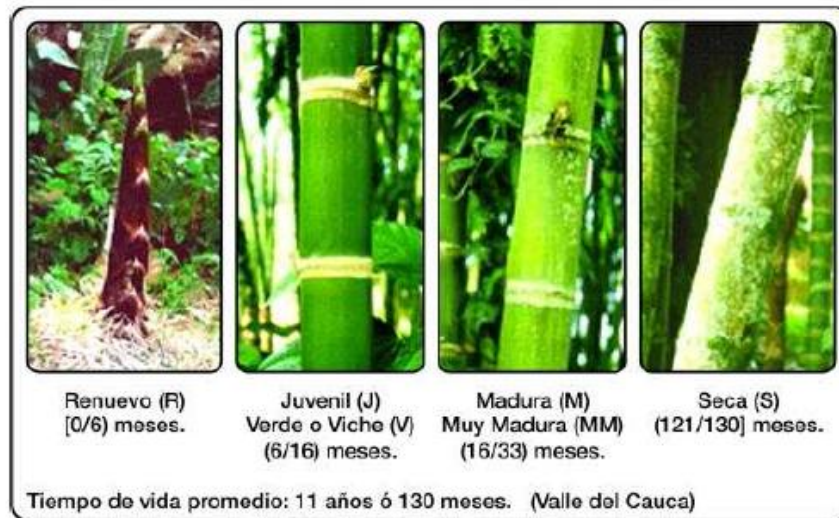


Figura 2.2 Estados de madurez guadúa angustifolia kunth

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 mas líquenes tenga, mas dura esta), por ultimo, la guadúa 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 mas prolongado (superior a once años).

2.12 CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA DE LA GUADÚA ANGUSTIFOLIA KUNTH

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

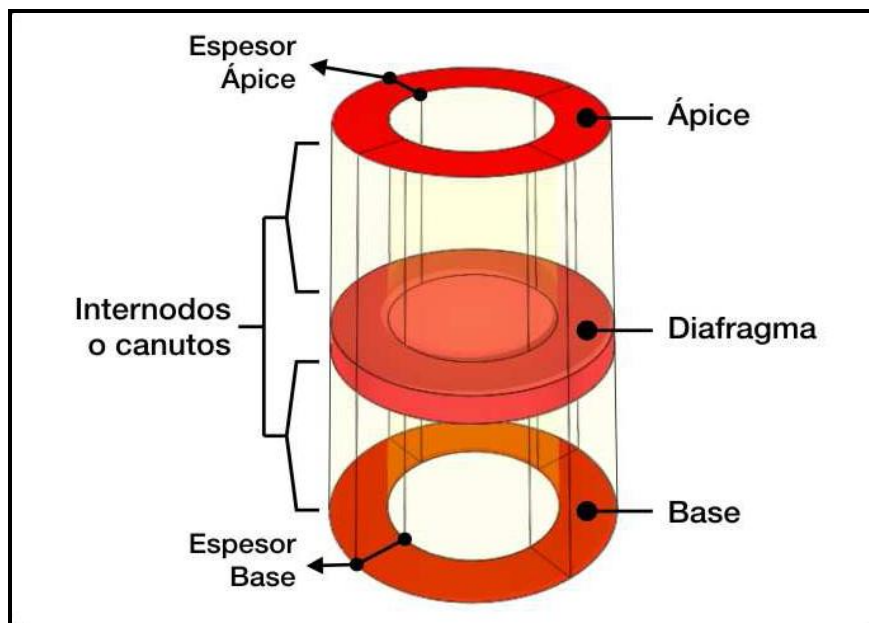


Figura 2.3 Identificación volumétrica del tallo

El culmo o tallo de la guadúa 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:

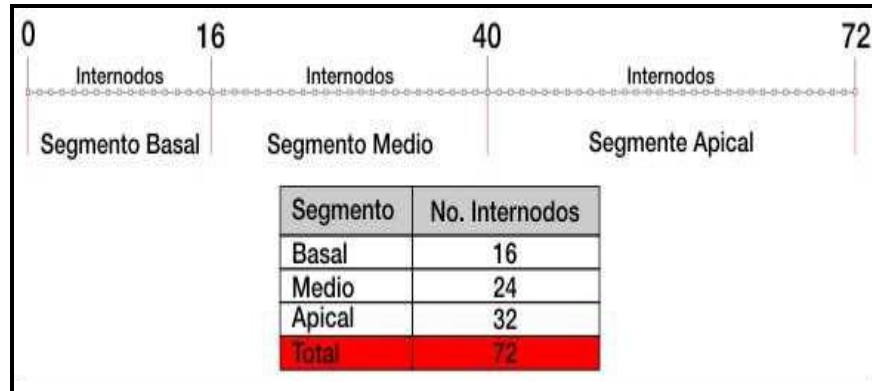


Figura 2.4 Número de internodos en los segmentos basal, medio y apical

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 guadúa), es de 5.84 centímetros. A continuación se representan gráficamente estos datos:

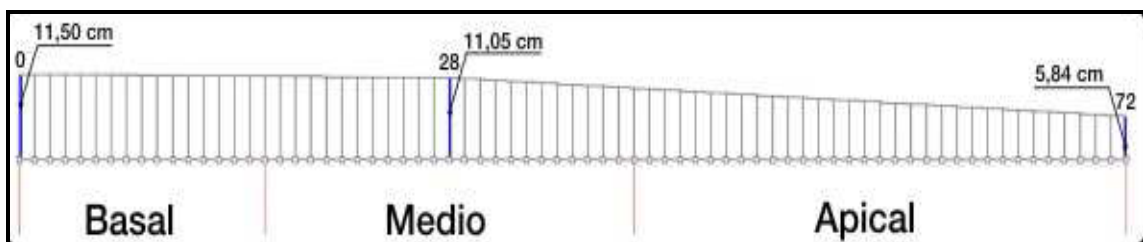


Figura 2.5 Variación de diámetros en los segmentos

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

2.13 CAMBIOS ESTRUCTURALES QUE OCURREN DURANTE LOS ESTADOS DE MADUREZ DE LA GUADUA

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 deposición de laminillas adicionales y una lignificación consecutiva como se muestra en la siguiente figura:

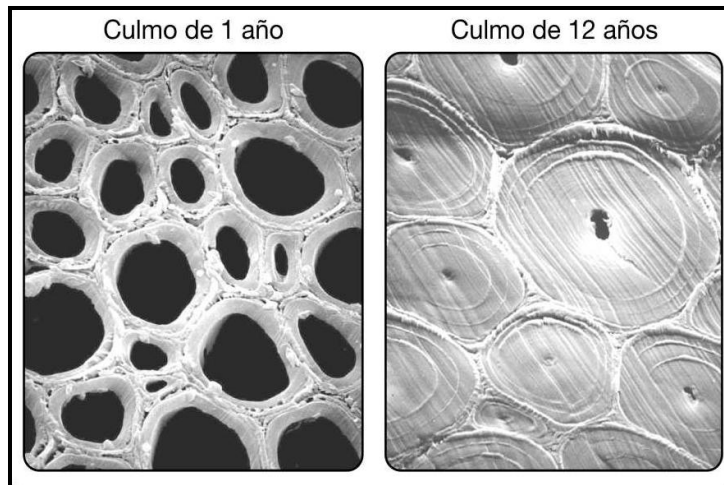


Figura 2.6 Lignificación de las fibras de un culmo de guadúa

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.

2.14 CONTENIDO DE HUMEDAD

La humedad, es una propiedad física indispensable de ser analizada ya que el comportamiento mecánico de la guadúa depende del grado de humedad de la muestra. La humedad del tallo de guadúa 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 esta en relación con la disminución de la humedad, en forma parecida al proceso de endurecimiento de la madera.

2.14.1 Alcance

Contenido de humedad para los ensayos mecánicos en el bambú después de la ejecución de cada uno de ellos.

2.14.2 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 perdida de la masa se expresan como un porcentaje de la masa de la pieza en prueba después del secado.

2.5.3 Aparatos

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

2.5.4 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 probetas debe ser igual al número de ensayos tanto para las evaluaciones físicas y mecánicas.

La forma de la probeta 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.

2.5.5 Procedimiento

- Las piezas en prueba deben ser pesadas a una confiabilidad de 0,1 gramos y luego secados en un horno a una temperatura de 101 a 105 °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.

2.5.6 Cálculo de resultados

El contenido de humedad de cada pieza en prueba debe ser calculado como la pérdida de masa, expresada como un porcentaje de la masa seca en el horno, de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

Donde:

P1= Peso de la muestra en estado natural

P2= Peso de la muestra seca al horno

El contenido de humedad debe ser calculado a una confiabilidad de 1 a 10%. La media aritmética de los resultados obtenidos de las piezas en pruebas individuales deben ser reportadas como el valor medio del contenido de humedad de las piezas de guadúa en prueba.

2.5.7 Reporte de pruebas

Dirección: LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS, Escuela Politécnica del Ejercito, Sangolquí, 2007-07-06, Xavier León, Alberto Cobos.

Referencia: Normas ISO/DIS-22157

Detalle del espécimen: Guadúa Angustifolia Kunth, Santo Domingo de los Colorados-Ecuador.

Edad: 2 años

Fecha de corte: 15-06-07

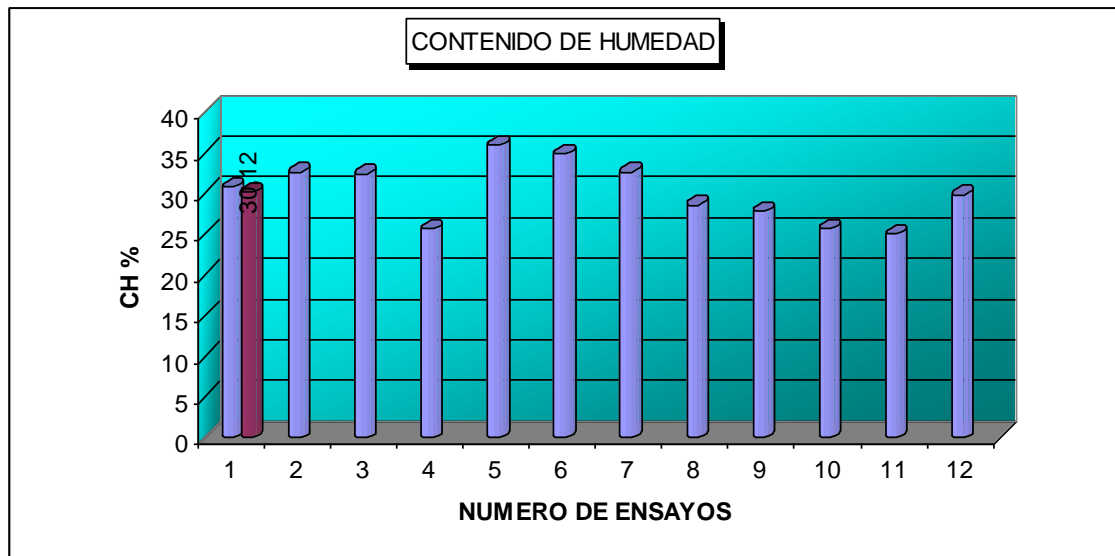
Temperatura del laboratorio 18 °C

Humedad del ambiente 20%

Tabla 2.2 Resultados de Contenido de Humedad obtenidos en el laboratorio

CONTENIDO DE HUMEDAD												
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PESO DE TARA (g)	37,90	12,70	13,90	38,10	37,80	12,60	12,80	14,10	14,20	38,30	37,00	12,90
PESO DE TARA+GUADÚA HUMEDA(g)	43,00	18,80	18,40	43,00	43,10	18,80	18,90	18,60	18,80	43,20	42,00	19,00
PESO DE TARA+GUADÚA SECA (g)	41,80	17,30	17,30	42,00	41,70	17,20	17,40	17,60	17,80	42,20	41,00	17,60
PESO DE LA GUADÚA (g)	5,10	6,10	4,50	4,90	5,30	6,20	6,10	4,50	4,60	4,90	5,00	6,10
PESO DE LA GUADÚA SECA (g)	3,90	4,60	3,40	3,90	3,90	4,60	4,60	3,50	3,60	3,90	4,00	4,70
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30,77	32,61	32,35	25,64	35,90	34,78	32,61	28,57	27,78	25,64	25,00	29,79
CH PROMEDIO (%)	30,12											

Cuadro 2.1 Contenidos de humedad en los ensayos y Contenido medio de humedad



Las probetas tienen aproximadamente 25 milímetros de alto y 25 milímetros de ancho, y el grosor de las paredes es de 10 milímetros como indica la norma.

El contenido óptimo para uso estructural es menor de 25% y máxima permisible del 30%.

2.6 MASA POR VOLUMEN

2.6.1 Alcance

La densidad a la cual está el material para poder saber el peso propio del mismo en el cálculo estructural.

2.6.2 Objetivo

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

2.6.3 Aparatos

Se necesitan instrumentos capaces para determinar las dimensiones de las guadas de prueba a una confiabilidad de 0,1 milímetros.

Una balanza capaz de pesar con una precisión de 0.1 gramos

2.6.4 Preparación de las Piezas

Las piezas son 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.

2.6.5 Procedimiento

Se mide 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.

2.6.6 Cálculo y expresiones de resultados.

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

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

Donde:

$$\rho = \text{Masa por el volumen en } \frac{kg}{m^3} .$$

m = Masa de la pieza en gramos.

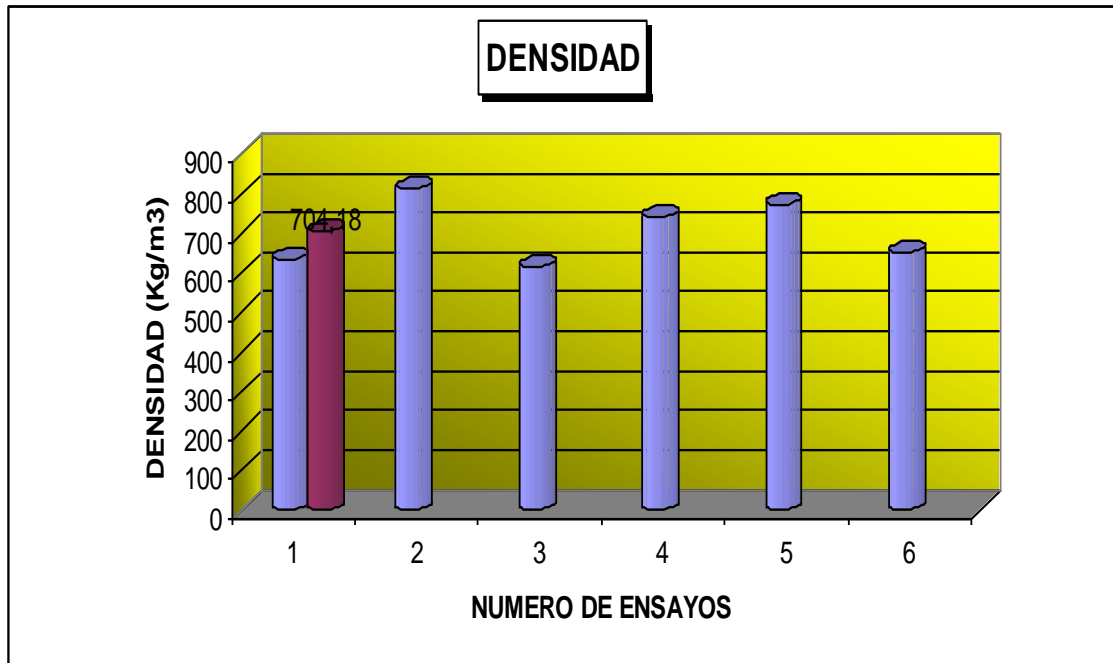
V = Volumen pieza en mm^3 .

10^6 = Factor de corrección de unidades.

Tabla 2.3 Densidades de Muestras de guadúa

Cuadro 2.2 Resultados de laboratorio densidades y media

DETERMINACION DENSIDAD						
MUESTRAS	1	2	3	4	5	6
CAJA PETRI+MERCURIO (gramos)	754,40	770,70	774,50	762,00	750,40	755,00
CAJA PETRI+MERCURIO DERRAMADO (gramos)	692,80	691,00	664,60	680,00	670,00	692,60
PESO MERCURIO DERRAMADO (gramos)	61,60	79,70	109,90	82,00	80,40	62,40
MASA DE MERCURIO (gramos)	61,60	79,70	109,90	82,00	80,40	62,40
DENSIDAD DEL MERCURIO (g/cm ³)	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50
VOLUMEN DE LA GUADÚA (cm ³)	4,56	5,90	8,14	6,07	5,96	4,62
MASA DE LA GUADÚA (gramos)	2,90	4,80	5,00	4,50	4,60	3,00
DENSIDAD DE LA GUADÚA (g/cm ³)	0,64	0,81	0,61	0,74	0,77	0,65
DENSIDAD DE LA GUADÚA (Kg/m ³)	635,55	813,05	614,19	740,85	772,39	649,04
DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m ³)	704,18					



2.7 PESO ESPECIFICO

Es la relación entre el peso total de la muestra sobre el volumen total de la muestra. Para determinar el volumen de la muestra de guadúa se debe sumergirlas en mercurio para tener mayor precisión en el ensayo.

$$Pe = \frac{Pt}{Vt}$$

Donde:

Pt = Peso total

Vt = Volumen total

Tabla 2.4 Pesos específicos

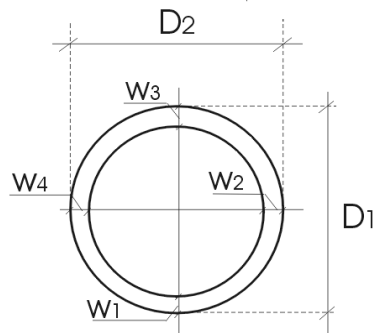
PESO ESPECIFICO						
MUESTRAS	1	2	3	4	5	6
VOLUMEN DE LA GUADÚA (cm3)	4,56	5,90	8,14	6,07	5,96	4,62
PESO DE LA GUADÚA (gramos)	2,90	4,80	5,00	4,50	4,60	3,00
PESO ESPECIFICO (g/cm3)	0,64	0,81	0,61	0,74	0,77	0,65
PESO ESPECIFICO PROMEDIO (g/cm3)	0,70					

2.8 DURABILIDAD

La guadúa tiene una alta resistencia contra el ataque de los insectos, moho y la putrefacción. Sin embargo, se debería obtener una protección contra estos tres factores, cuando la guadúa este en contacto con la tierra o suelo.

2.9 PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION DE GUADÚA.

La sección transversal de la guadúa es cilíndrica, igual que un tubo, conformada por diafragmas que se cortan con internodos aproximadamente de 30 a 40 centímetros que evitan el pandeo del tronco.



$$D = \frac{D1 + D2}{2}$$

$$d = D - \frac{W1 + W2 + W3 + W4}{4}$$

Donde:

D = Diámetro exterior y

d = Diámetro interior

Se tiene:

$$Ix = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) cm^4 \cong \frac{(D^4 - d^4)}{20} cm^4$$

$$Wx = \frac{\pi}{32} \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right) cm^3 \cong \frac{(D^4 - d^4)}{10D} cm^3$$

I_x = Inercia alrededor del eje x

W_x = Volumen de la guadúa

CAPITULO III: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA GUADUA

2.15 ANTECEDENTES

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 guadúa 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.

2.16 TRACCIÓN

2.16.1 Alcance

Se especifica un método para las pruebas de tensión paralela a las fibras realizadas en los troncos de la guadúa.

2.16.2 Objetivo

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

2.16.3 Aparatos

Las mordazas de la maquina 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.



Figura 3.1 Máquina universal para ensayo de tracción, Escuela Politécnica del Ejército, Laboratorio de Resistencia de Materiales

2.16.4 Preparación de los especímenes de prueba

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

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 3.2 Probetas para tracción ahusadas

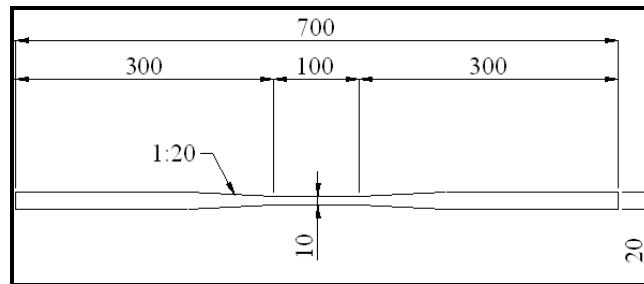


Figura 3.3 Probetas para tracción en mm

2.16.5 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.

2.16.6 Cálculo y expresión de resultados

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

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

Donde:

σ_{ult} = Esfuerzo último de tensión en MPa

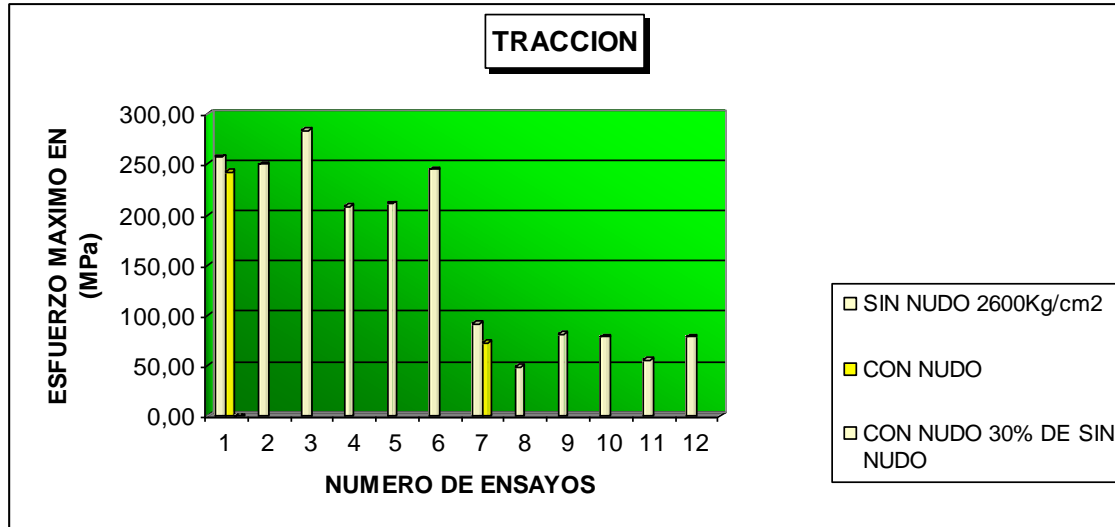
F_{ult} = Carga máxima en N

A = Promedio del área transversal medida en mm²

Tabla 3.1 Resultados obtenidos en los ensayos de tracción

RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN												
UBICACIÓN	SIN NUDO		SIN NUDO		SIN NUDO		CON NUDO		CON NUDO		CON NUDO	
	APICE		MEDIA		BASAL		APICE		MEDIA		BASAL	
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ANCHO (mm)	6,14	5,60	5,00	7,48	6,51	6,50	7,72	7,55	6,44	7,71	7,95	6,75
ESPESOR (mm)	2,76	3,04	3,16	4,77	4,50	4,40	5,39	4,62	4,76	4,56	3,75	4,80
ÁREA (mm²)	16,95	17,02	15,80	35,68	29,30	28,60	41,61	34,88	30,65	35,16	29,81	32,40
FUERZA (N)	4361,00	4256,00	4478,60	7418,60	6183,80	7000,00	3831,80	1715,00	2499,00	2773,40	1675,80	2557,80
Esfuerzo (MPa)	257,34	250,00	283,46	207,92	211,09	244,76	92,09	49,17	81,52	78,88	56,21	78,94
Esf.medio (MPa)	242,43						72,80					

Cuadro 3.1 Resultados ensayos de tracción en probetas con nudo y sin nudo



Se puede analizar que para el ensayo de tracción cuando se trabaja con probetas que tienen un nudo en la parte central este no llega mas del 30% de esfuerzo obtenido con probetas sin nudo dándonos a entender que para usar la guadúa se debe evitar utilizar elementos con un solo nudo por que viene a ser critico por tal motivo se lo debe tener muy presente para no hacer uso de el, por otra parte se puede mencionar que casi no existe diferencia en los segmentos divididos de la guadúa tanto en su base como en su parte media y superior como lo muestran los cálculos obtenidos.

2.17 COMPRESIÓN

2.17.1 Alcance

Se especifica un método para la compresión en pruebas paralelas a los ejes en especímenes de troncos de guadúa.

2.17.2 Objetivo

La determinación de:

- El esfuerzo último de compresión

- El módulo de elasticidad nominal

2.17.3 Aparatos

La prueba se llevara a cabo en una maquina 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.

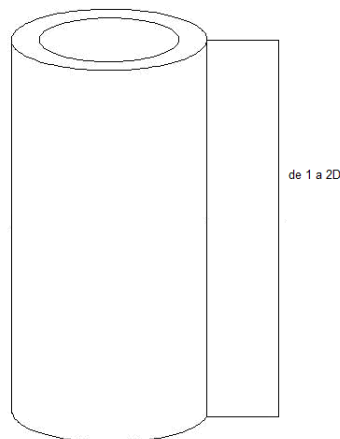


Figura 3.4 Cilindros de compresión sin nudo 1 a 2 D



Figura 3.5 Máquina de compresión universal y probeta de guadua, Escuela Politécnica del Ejército, Laboratorio de Resistencia de Materiales

2.17.4 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.



Figura 3.6 Cilindros de compresión para el ensayo

2.17.5 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 mas 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 numero considerable de lecturas para poder trazar la gráfica de esfuerzo deformación y de ahí sacar el valor del modulo de elasticidad que será determinado de la misma grafica trazada. Se deberá saber cual fue la lectura final de la carga para tener de referencia y determinada nuevamente.

2.17.6 Cálculo y expresión de resultados

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

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

Donde:

σ_{ult} = Esfuerzo último de compresión en MPa.

F_{ult} = Carga máxima en N

A = Área promedio transversal en mm²

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.

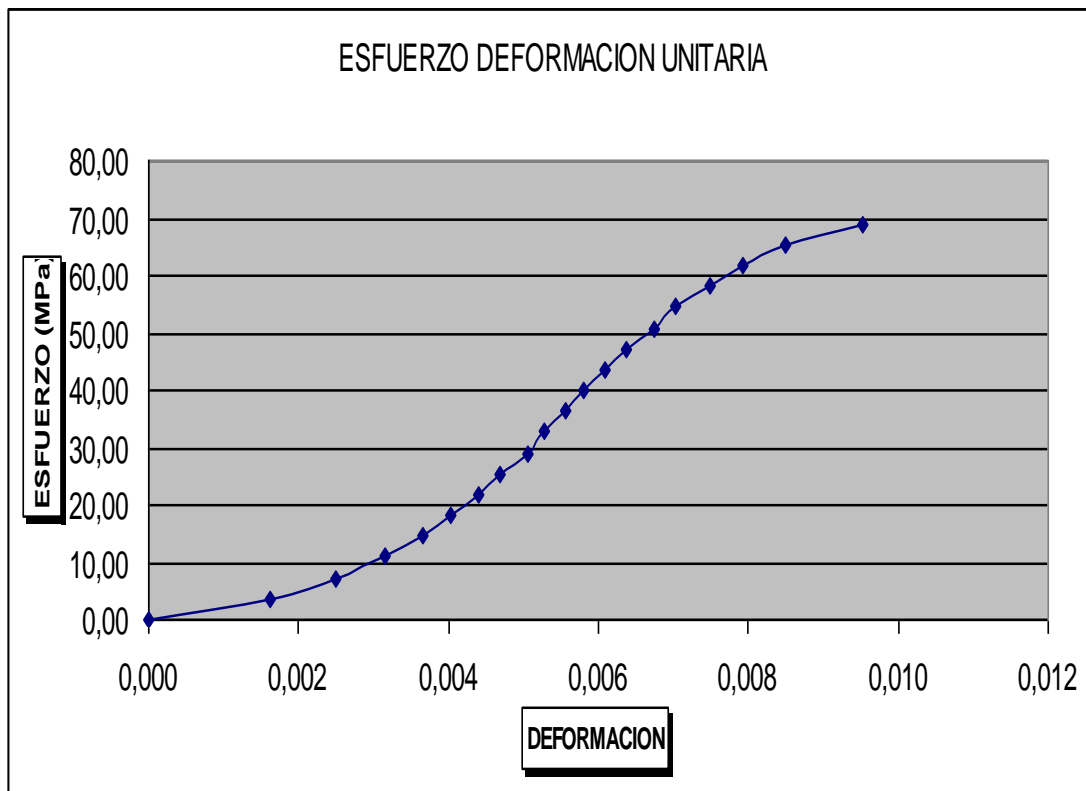
Tabla 3.2 Resultados en los ensayos de compresión

COMPRESION PARALELA A LA FIBRA												
UBICACIÓN	BASAL				MEDIO				APICAL			
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DIAMETRO EXTERIOR (D)	65,14	58,94	64,59	63,88	64,54	65,56	64,12	58,49	64,28	65,93	61,00	61,00
DIAMETRO INTERIOR (d)	52,07	49,43	50,73	48,81	50,70	51,75	50,80	47,15	51,24	52,14	52,00	49,56
ÁREA (mm ²)	1203,08	809,36	1254,83	1334,18	1252,54	1272,28	1202,64	941,25	1183,11	1278,78	798,75	993,38
LONGITUD (mm)	132,72	136,38	131,48	133,07	132,41	132,29	136,96	131,40	132,07	131,23	135,54	130,06
FUERZA (N)	54488,00	55860,00	53802,00	58800,00	55174,00	54880,00	56546,00	55664,00	54145,00	54488,00	43000,00	43512,00
ESFUERZO MAXIMO (MPa)	45,29	69,02	42,88	44,07	44,05	43,14	47,02	59,14	45,76	42,61	53,83	43,80
ESFUERZO PROMEDIO (MPa)	50,31				48,34				46,50			

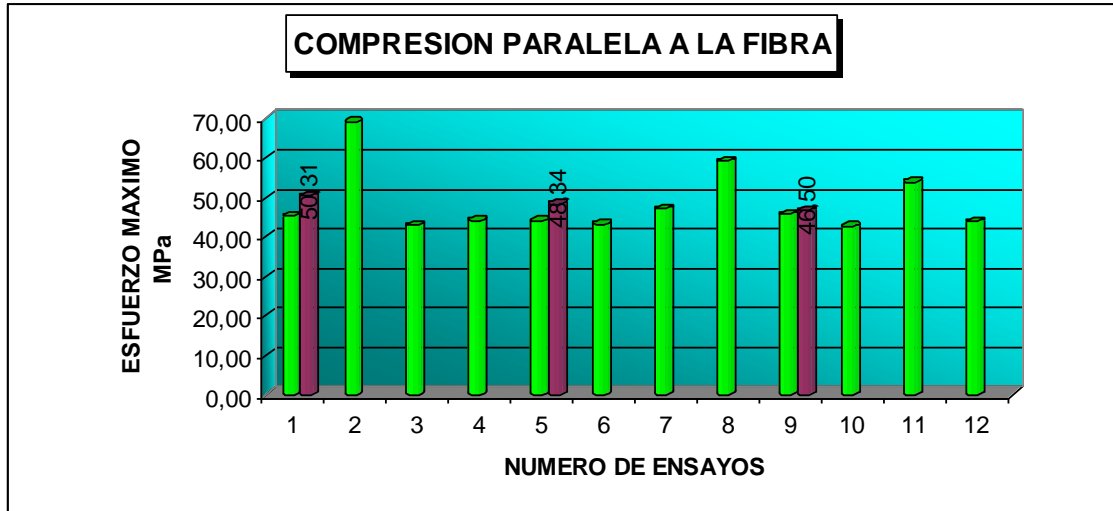
RESULTADOS DE LABORATORIO ENSAYO DE COMPRESION EN GUADÚA										
P(N)	P(Kg)	$\delta(mm)$	ÁREA(mm²)	σ	Lf	Lo	δ	ϵ	E(MPa)	E promedio
0	0	0	809,36	0,00	136,38	136,38	0,00	0,00000	2251,820	
2940	300	0,22	809,36	3,63	136,16	136,38	-0,22	0,00161	4128,336	
5880	600	0,34	809,36	7,26	136,04	136,38	-0,34	0,00249	5504,448	
8820	900	0,43	809,36	10,90	135,95	136,38	-0,43	0,00315	7077,147	
11760	1200	0,5	809,36	14,53	135,88	136,38	-0,50	0,00367	9908,006	20%
14700	1500	0,55	809,36	18,16	135,83	136,38	-0,55	0,00403	9908,006	
17640	1800	0,6	809,36	21,79	135,78	136,38	-0,60	0,00440	12385,008	
20580	2100	0,64	809,36	25,43	135,74	136,38	-0,64	0,00469	9908,006	
23520	2400	0,69	809,36	29,06	135,69	136,38	-0,69	0,00506	16513,344	
26460	2700	0,72	809,36	32,69	135,66	136,38	-0,72	0,00528	12385,008	11903,369
29400	3000	0,76	809,36	36,32	135,62	136,38	-0,76	0,00557	16513,344	
32340	3300	0,79	809,36	39,96	135,59	136,38	-0,79	0,00579	12385,008	
35280	3600	0,83	809,36	43,59	135,55	136,38	-0,83	0,00609	12385,008	
38220	3900	0,87	809,36	47,22	135,51	136,38	-0,87	0,00638	9908,006	
41160	4200	0,92	809,36	50,85	135,46	136,38	-0,92	0,00675	12385,008	
44100	4500	0,96	809,36	54,49	135,42	136,38	-0,96	0,00704	8256,672	80%
47040	4800	1,02	809,36	58,12	135,36	136,38	-1,02	0,00748	8256,672	
49980	5100	1,08	809,36	61,75	135,30	136,38	-1,08	0,00792	6192,504	
52920	5400	1,16	809,36	65,38	135,22	136,38	-1,16	0,00851	3538,574	
55860	5700	1,3	809,36	69,02	135,08	136,38	-1,30	0,00953	7240,466	

Tabla 3.3 Cálculo del módulo de elasticidad con deformaciones unitarias

Figura 3.5 Esfuerzo deformación compresión



Cuadro 3.2 Resultados de esfuerzos en las probetas



2.18 CORTE PARALELO A LA FIBRA

2.18.1 Alcance

Se especifica un método para las pruebas de corte en los especímenes de troncos de guadúa paralelo a la fibra.

2.18.2 Objetivo

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

2.18.3 Aparatos

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.



Figura 3.7 Ensayo de corte paralelo a la fibra. Escuela Politécnica del Ejército
Laboratorio de Resistencia de Materiales

2.18.4 Preparación del espécimen de prueba

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

Las probetas deben ser 100% material de guadúa sin nódulo en su interior.

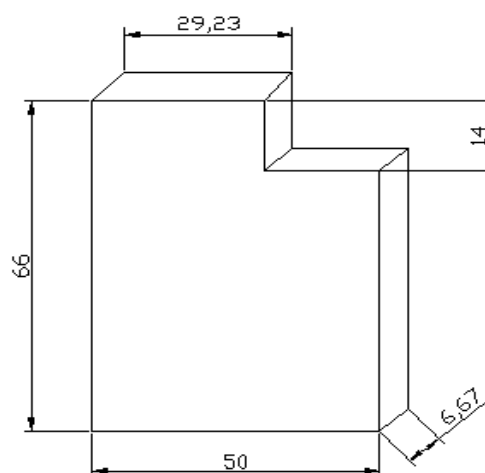


Figura 3.8 Probeta de guadúa para corte en mm

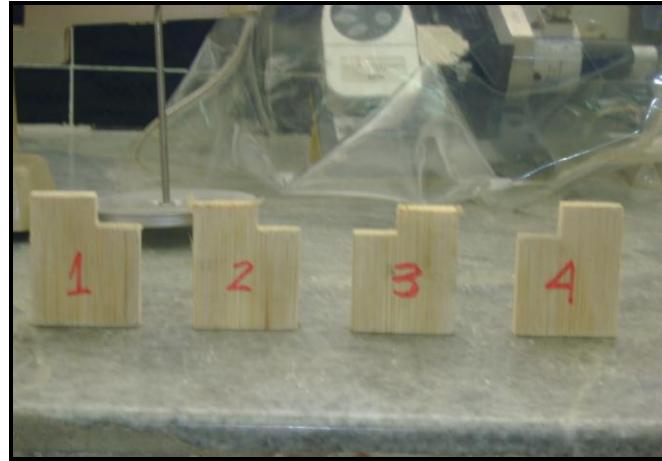


Figura 3.9 Especímenes de prueba de guadúa para corte paralelo a la fibra

2.18.5 Procedimiento

La probeta tiene que estar ubicada 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 la probeta y el área tiene que ser registrada para luego calcular el esfuerzo máximo de corte.

2.18.6 Cálculo y expresión de resultados

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

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

Donde τ_{ult} = Esfuerzo máximo de corte

F_{ult} = Carga máxima de corte en N

A = Área de corte en mm^2

Cuadro 3.3 Resultados obtenidos en el laboratorio esfuerzo de corte

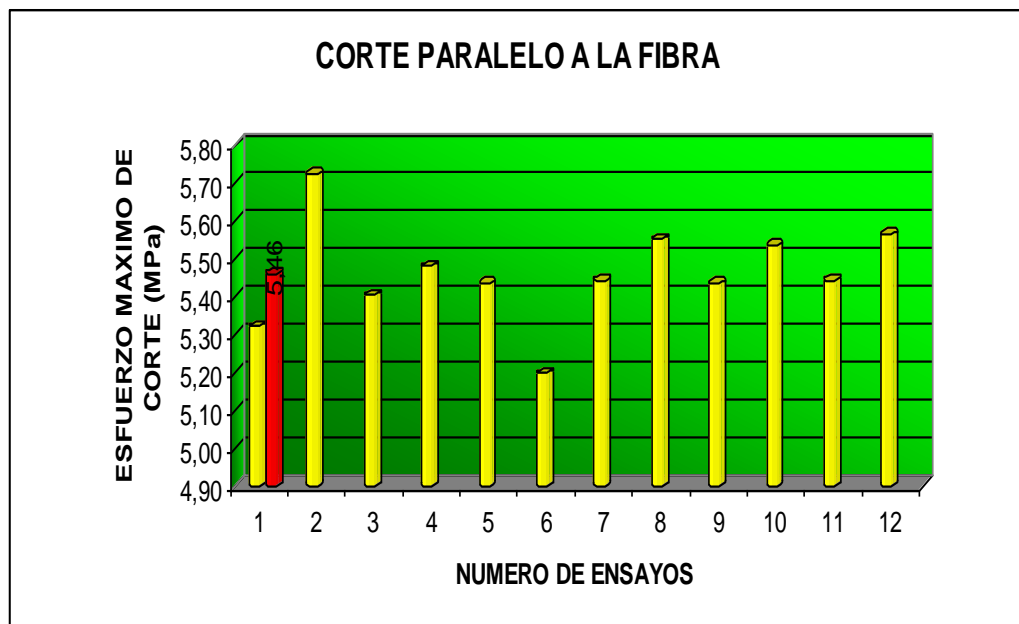


Tabla 3.4 Resultados de corte obtenidos en el laboratorio

CORTE PARALELO A LA FIBRA												
UBICACIÓN	BASAL				MEDIA				SUPERIOR			
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CARGA MÁXIMA (Kg)	244,00	288,00	265,00	287,00	273,00	264,00	282,00	278,00	279,00	285,00	284,00	287,00
CARGA MÁXIMA (N)	2391,20	2822,40	2597,00	2812,60	2675,40	2587,20	2763,60	2724,40	2734,20	2793,00	2783,20	2812,60
BASE (mm)	8,60	9,27	9,18	9,75	9,43	9,38	9,74	9,37	9,47	9,58	9,73	9,64
ALTURA (mm)	52,30	53,19	52,35	52,65	52,20	53,07	52,14	52,39	53,12	52,68	52,56	52,43
ÁREA DE CORTE (mm²)	449,52	493,07	480,57	513,34	492,25	497,80	507,84	490,89	503,05	504,67	511,41	505,43
ESF. MAX (MPa)	5,32	5,72	5,40	5,48	5,44	5,20	5,44	5,55	5,44	5,53	5,44	5,56
ESF. MAX. Medio (MPa)	5,46											

3.6 FLEXIÓN

3.6.1 Alcance

Se especifica un método para pruebas de flexión en troncos de guadúa

3.6.2 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 modulo de elasticidad del tronco de guadúa

3.6.3 Aparatos

Una maquina 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 3.10 Maquina de Carga para el ensayo de flexión, Escuela Politécnica del Ejército, Laboratorio de Resistencia de Materiales

3.6.4 Preparación de los troncos 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 guadúa para alcanzar la flexión pura.

3.6.5 Procedimiento

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

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

Donde:

I = Momento de inercia en mm^4

$\pi = 3.1416$

D = Diámetro externo de la guadúa

d = Diámetro interno de la guadúa

t = Espesor de la guadúa $D-d$

Poner el tronco de guadúa en el lugar de la maquina 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.



Figura 3.11 Apoyos en los extremos de madera

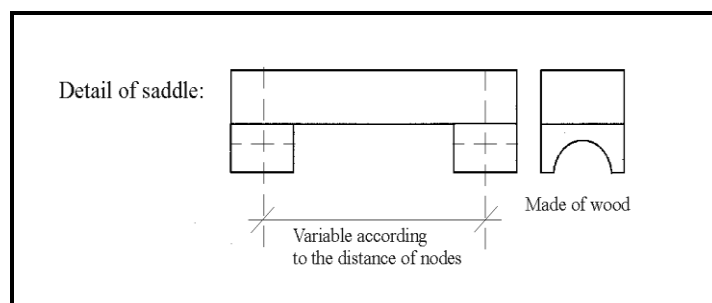


Figura 3.12 Apoyos de madera con dimensiones variables



Figura 3.13 Viga que divide a la carga en dos puntos

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 guadúa.

Después de la prueba vuelva a medir D el diámetro externo y el d diámetro interno.

Determine el contenido de humedad que debe estar alrededor del 30%

3.6.6 Cálculo y expresión de resultados

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

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

Donde:

σ_{ult} = Esfuerzo máximo de flexión en MPa

c = Centro de gravedad que esta a D/2 en mm

I = Momento de inercia en mm^4

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

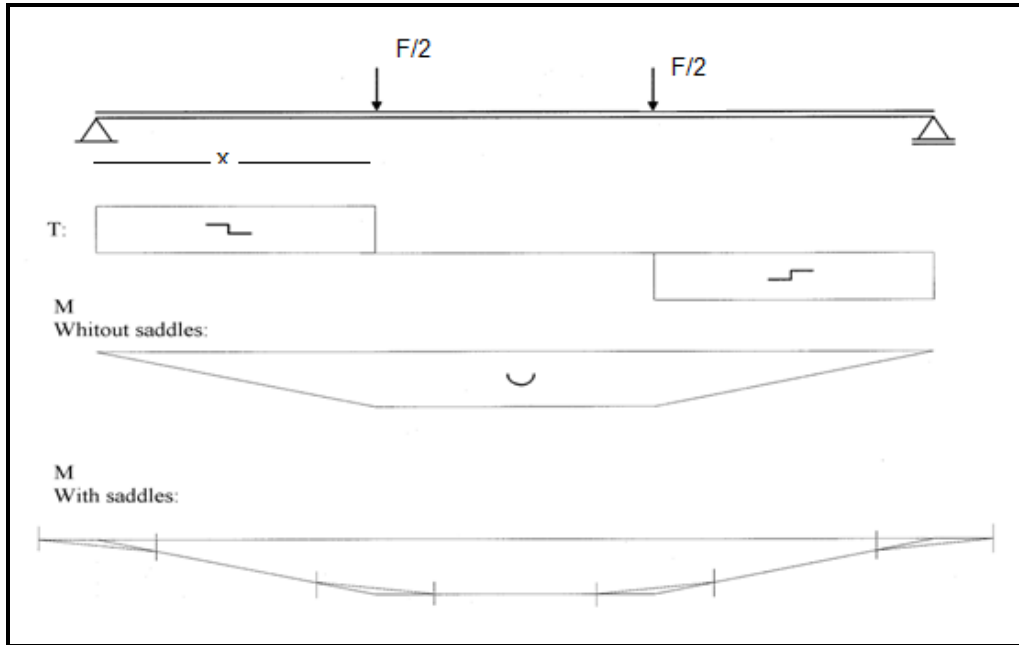


Figura 3.14 Modelo matemático del ensayo de flexión

$$M_{ult} = 0.5F_{ult} * x$$

Donde:

x = Distancia del apoyo a la primera carga en mm

F_{ult} = Fuerza ultima aplicada en N

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

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

$$\delta_{\max} = \frac{0.5F * x}{24EI} * (3L^2 - 4x^2) \text{ Fórmula de la deflexión máxima en el centro de}$$

la viga.

Despejando:

$$E = \frac{0.5F * x * (3L^2 - 4x^2)}{24 * I * \delta_{\max}}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad en MPa

F = Fuerza máxima en N

x = Distancia a la primera carga en mm

L = Distancia libre entre apoyos en mm

I = Momento de inercia en mm^4

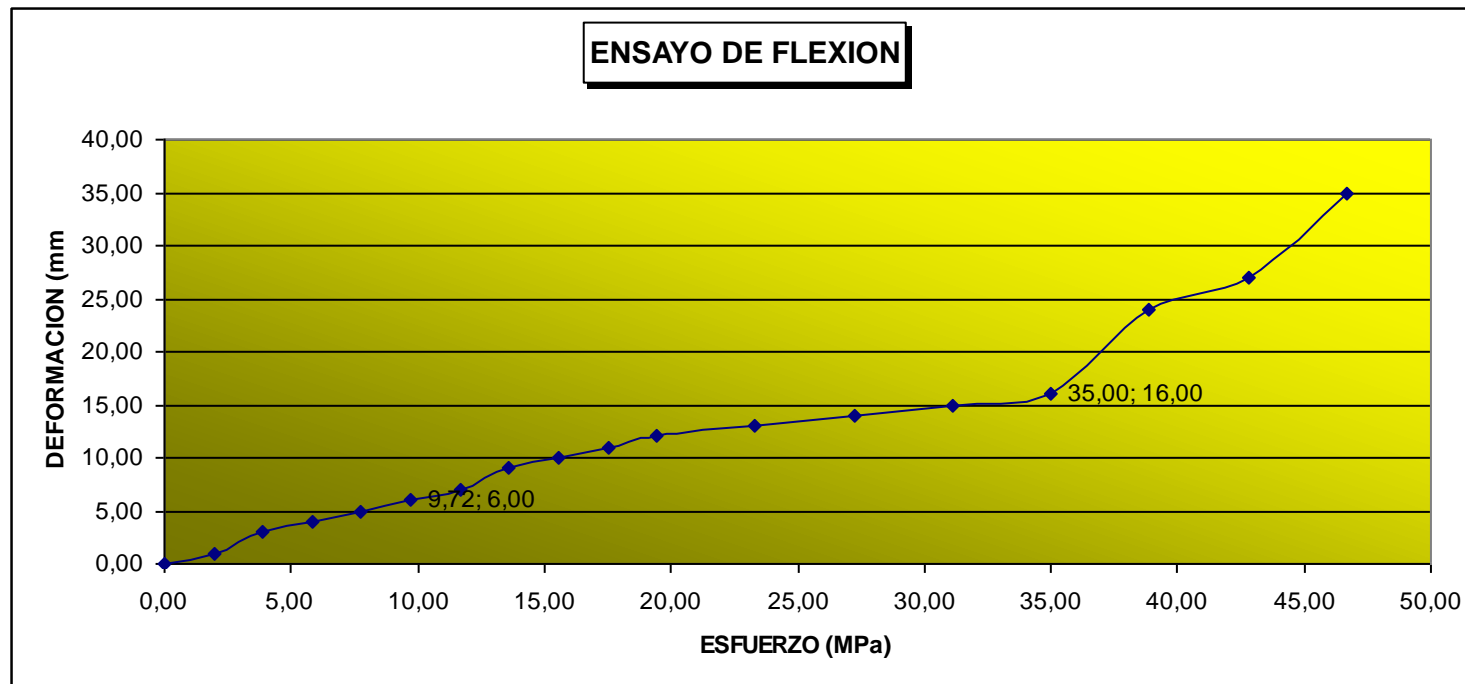
δ_{\max} = Deformación máxima en mm

Probeta # 1

Tabla 3.5 Resultados de la probeta #1

FLEXIÓN EN GUADÚA									
Probeta	Lugar	D mm		D medio	d mm	I mm ⁴	Promedio de I	Área mm ²	Prom Área mm ²
P1	A	102,80	96,40	99,60	72,00	4639913,18	3970258,77	3719,78	3319,47
	B	93,50	90,50	92,00	68,90	3300604,35		2919,17	
FLEXIÓN EN GUADÚA									
Carga F en Kg	Carga F en N	Esfuerzo MPa	deflexión δ en mm		L mm	x mm	Mult N*mm	σ MPa	E MPa
0,00	0,00	0,00	0,00		1500,00	620,00	3720000,00	46,66	11022,57
50,00	500,00	1,94	1,00						
100,00	1000,00	3,89	3,00						
150,00	1500,00	5,83	4,00						
200,00	2000,00	7,78	5,00						
250,00	2500,00	9,72	6,00						
300,00	3000,00	11,67	7,00						
350,00	3500,00	13,61	9,00						
400,00	4000,00	15,55	10,00						
450,00	4500,00	17,50	11,00						
500,00	5000,00	19,44	12,00						
600,00	6000,00	23,33	13,00						
700,00	7000,00	27,22	14,00						
800,00	8000,00	31,11	15,00						
900,00	9000,00	35,00	16,00						
1000,00	10000,00	38,88	24,00						
1100,00	11000,00	42,77	27,00						
1200,00	12000,00	46,66	35,00						

Cuadro 3.4 Grafica de esfuerzo deformación probeta #1

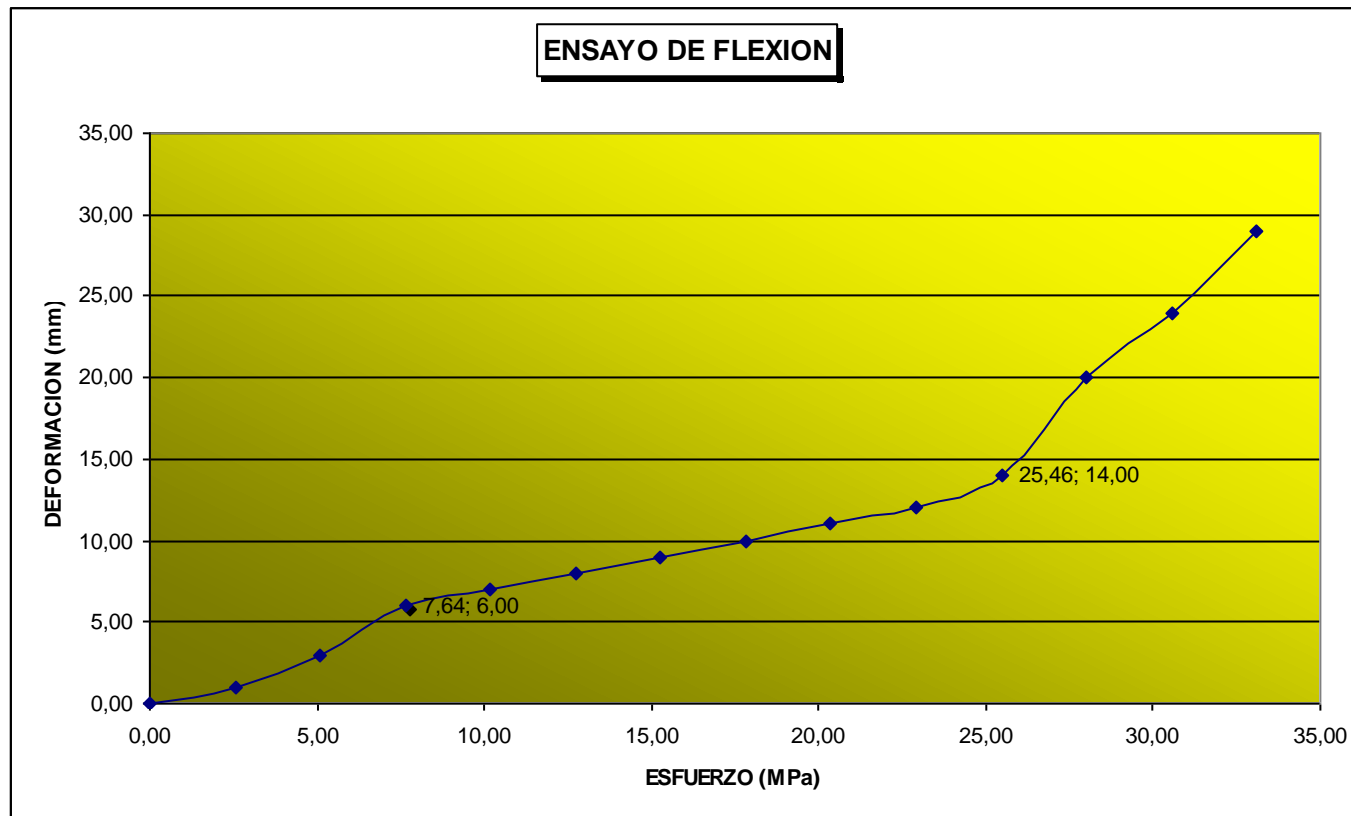


Probeta # 2

Tabla 3.6 Resultados probeta # 2

FLEXIÓN EN GUADÚA									
Probeta	Lugar	D mm		D medio	d mm	I mm ⁴	Promedio de I	Área mm ²	Prom Área mm ²
P2	A	96,20	86,70	91,45	74,20	2916900,61	2784473,43	2244,25	2385,25
	B	90,00	84,80	87,40	66,50	2652046,26		2526,25	
FLEXIÓN EN GUADÚA									
Carga F en Kg	Carga F en N	Esfuerzo MPa	Deflexión δ en mm	L mm	x mm	Mult N*mm	σ MPa	E MPa	
0,00	0,00	0,00	0,00	1500,00	620,00	2015000,00	33,09	10578,48	
50,00	500,00	2,55	1,00						
100,00	1000,00	5,09	3,00						
150,00	1500,00	7,64	6,00						
200,00	2000,00	10,18	7,00						
250,00	2500,00	12,73	8,00						
300,00	3000,00	15,28	9,00						
350,00	3500,00	17,82	10,00						
400,00	4000,00	20,37	11,00						
450,00	4500,00	22,91	12,00						
500,00	5000,00	25,46	14,00						
550,00	5500,00	28,00	20,00						
600,00	6000,00	30,55	24,00						
650,00	6500,00	33,10	29,00						

Cuadro 3.5 Grafica esfuerzo deformación probeta #2



Probeta # 3

Tabla 3.7 Resultados de probeta #3

FLEXIÓN EN GUADÚA									
Probeta	Lugar	D mm		D medio	d mm	I mm ⁴	Promedio de I	Área mm ²	Prom Área mm ²
P3	A	94,00	98,10	96,05	76,70	3646910,28	3549007,24	2625,37	2257,68
	B	96,80	104,00	100,40	87,60	3451104,20		1889,99	
FLEXIÓN EN GUADÚA									
Carga F en Kg	Carga F en N	Esfuerzo MPa	Deflexión δ en mm	L mm	x mm	Mult N*mm	σ MPa	E MPa	
0,00	0,00	0,00	0,00	1500,00	620,00	1860000,00	25,17	9485,31	
50,00	500,00	2,10	1,00						
100,00	1000,00	4,19	2,00						
150,00	1500,00	6,29	6,00						
200,00	2000,00	8,39	7,00						
250,00	2500,00	10,49	8,00						
300,00	3000,00	12,58	9,00						
350,00	3500,00	14,68	10,00						
400,00	4000,00	16,78	11,00						
450,00	4500,00	18,88	12,00						
500,00	5000,00	20,97	13,00						
550,00	5500,00	23,07	17,00						
600,00	6000,00	25,17	19,00						

Cuadro 3.6 Grafico esfuerzo deformación probeta #3

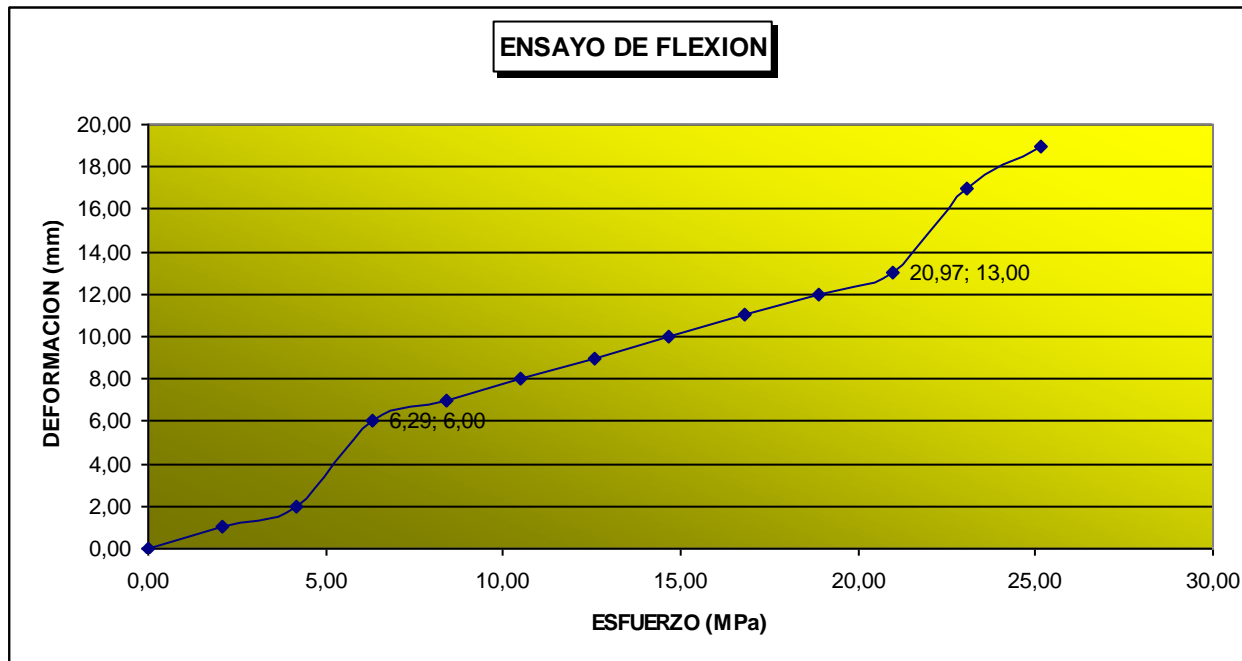


Tabla 3.8 Resumen de resultados

<i>Resumen de Resultados Flexión</i>				
PROBETA	ESFUERZO (MPa)	E (MPa)	σ_{prom}	E (Promedio) MPa
1	46,66	11022,57	34,98	10362,12
2	33,10	10578,48		
3	25,17	9485,31		

CAPITULO IV: ESFUERZOS ADMISIBLES PARA DISEÑO

4.3 ANTECEDENTES

Con base en los resultados obtenidos en el laboratorio en las propiedades mecánicas de la guadúa se recomienda los siguientes esfuerzos admisibles que son aplicables a estructuras que son analizadas por procedimientos convencionales de análisis lineal y elástico. La determinación de los efectos de las cargas (deformaciones, fuerzas, momentos, etc.) en los elementos de las estructuras debe analizarse con hipótesis consistentes y con los métodos aceptados en la ingeniería.

4.4 ESFUERZOS ADMISIBLES

Los esfuerzos admisibles están basados de acuerdo a las normas del Comité Panamericano de Normas Técnicas (COPANT) y de la INBAR, STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF

BAMBOO y el MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO PADT REFORT.

Se han ensayado un número confiable de probetas para obtener el esfuerzo último de lo siguiente:

- Tracción paralela a la fibra
- Compresión paralela a la fibra
- Corte paralelo a las fibras
- Flexión

4.4.1 Valor de diseño por esfuerzos admisibles a tracción

El esfuerzo resistente en condiciones últimas es el que corresponde al límite de exclusión del 5%, es decir se espera que de toda la población de la guadúa existente solamente el 5% tenga una resistencia menor. Aunque en algunos países se toman límites más bajos, como el 2.5% y hasta el 1%, el 5% es el valor mas utilizado en investigaciones recientes.

Ordenando los resultados en forma creciente, el valor que define el limite de exclusión del 5% es el ensayo numero $0,05 * n$ donde n es el numero de muestras ensayadas, que en nuestro caso son 12.

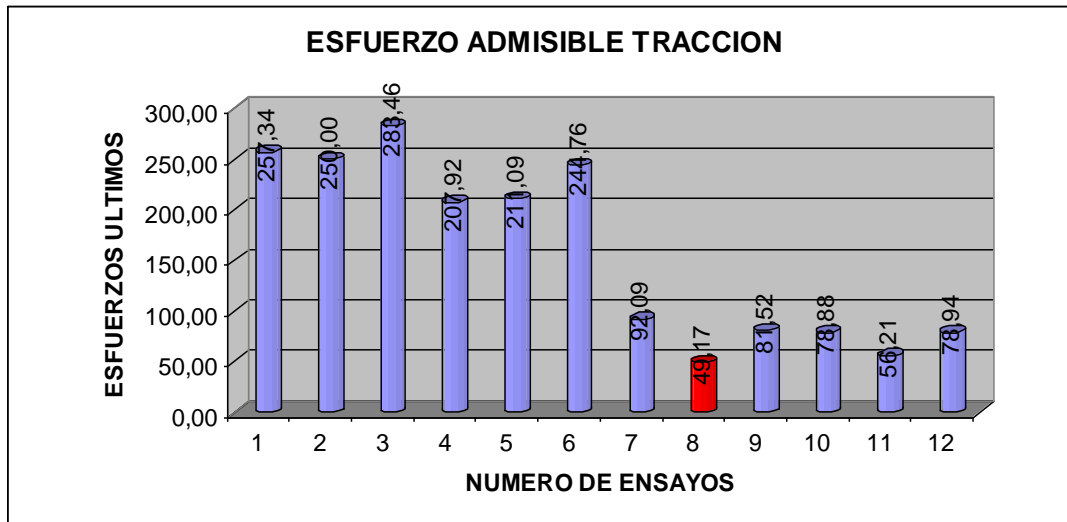
$$\text{Limite de exclusión} = 0,05 * 12 = 0,6 = 1$$

Donde:

El esfuerzo último corresponde al valor mas bajo registrado en los ensayos como se muestra en el cuadro 4.1

$$u = 49.17MPa$$

Cuadro 4.1 Esfuerzo último menor en probetas de latilla



Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad; en el caso de tracción se utilizan dos:

4.4.1.1 Factor de servicio y seguridad (FS)

Como el diseño se efectúa para condiciones de servicio, los esfuerzos últimos deben ser reducidos también a estas condiciones por debajo del límite de proporcionalidad. Esto garantiza un comportamiento adecuado de las estructuras en condiciones normales, así como la validez de las hipótesis de comportamiento lineal y elástico.

Los esfuerzos en condiciones de servicio se obtienen dividiendo los correspondientes esfuerzos últimos entre un factor de seguridad y servicio que considera las incertidumbres respecto a:

1. Conocimiento de las propiedades del material y su variabilidad

2. La confiabilidad de los ensayos para evaluar adecuadamente las características resistentes del material.
3. La presencia de defectos no detectados al momento de la clasificación visual.
4. El tipo de falla, frágil o dúctil, que pueda presentarse al sobre-esfuerzo del material.
5. La evaluación de las cargas aplicadas y la determinación de los esfuerzos internos producidos por estas cargas en los elementos estructurales.
6. Dimensiones reales de los elementos con respecto a las supuestas en el análisis y el diseño.
7. Calidad de la mano de obra para una construcción adecuada.
8. Deterioro del material con el uso.
9. El riesgo de falla en función de la importancia del elemento o de la edificación y su relación con vidas humanas.
10. El aumento de las cargas por posibles cambios en el destino o uso de la edificación

Para nuestro caso se ha tomado un FS de 1.20 para exigir que el material trabaje por debajo del límite de proporcionalidad este valor es tomado de la investigación de Luis Felipe López Muñoz DISEÑO DE UNIONES Y ELEMENTOS ESTRUCTURAS DE GUADÚA Colombia, 2002

4.4.1.2 Factor de Duración de la carga (FDC)

Los esfuerzos de rotura disminuyen con la duración de la aplicación de la carga. Tradicionalmente se han considerado por este concepto factores de reducción tan altos como 1.78.

Para niveles de esfuerzos correspondientes al límite de exclusión del 5%, la reducción encontrada es del orden del 14%. Para esfuerzos del orden de los esfuerzos admisibles es razonable esperar reducciones aun menores, de ahí que algunas investigaciones propongan su eliminación definitiva.

Para nuestra investigación el factor de duración de la carga es tomado como un FDC de 1.15 como se indica en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{FS * FDC} * u$$

Donde:

σ_{adm} = Esfuerzo admisible por tracción MPa

FS = Factor de servicio y seguridad

FDC = Factor de duración de la carga

u = Esfuerzo último de tracción Mpa

Cálculo

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{1.20 * 1.15} * 49.17$$

$$\sigma_{adm} = 35.63 MPa \quad \sigma_{adm} = 363.57 Kg / cm^2$$

Este valor de esfuerzo admisible a tracción paralela es aplicable solo a latas de guadúa, para el caso en el que se tengan elementos de guadúa entera sometidas a tracción el análisis se concentrara en la unión.

4.4.2 Valor de diseño por esfuerzos admisibles a compresión.

De la figura 4.1, obtenemos el valor del esfuerzo último para el 5 % percentil correspondiente a una resistencia de $u = 25,56$ MPa.

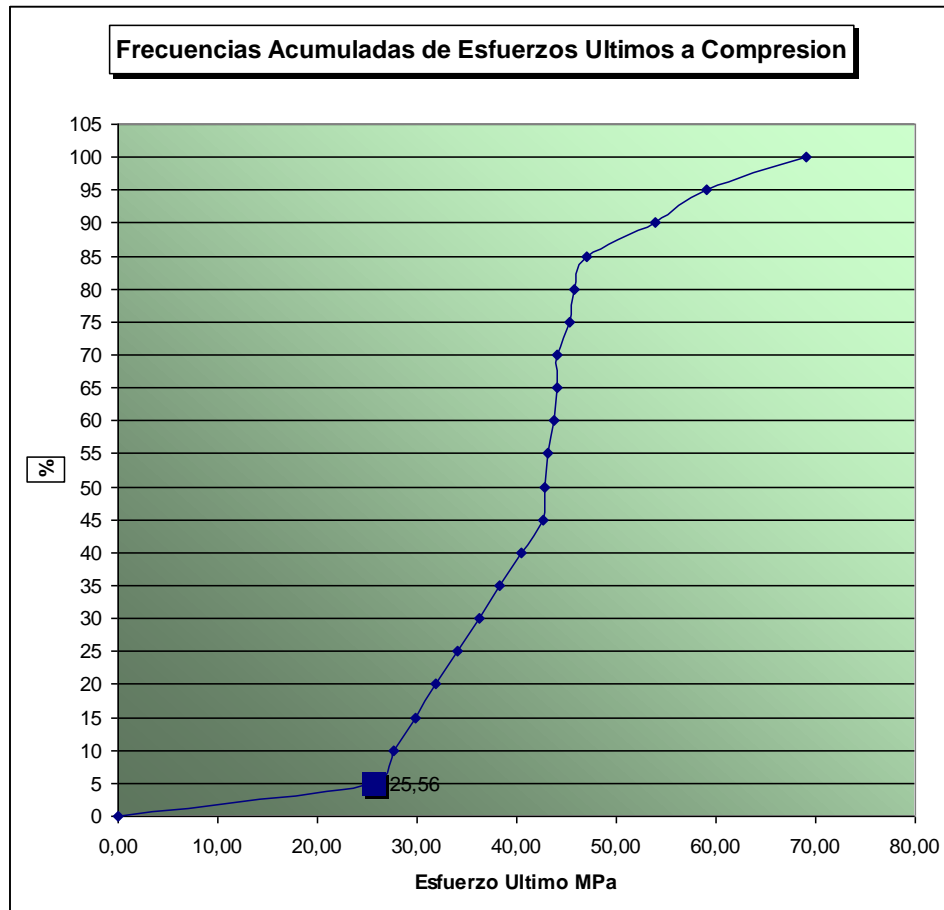


Figura 4.1 Frecuencias acumuladas de esfuerzos últimos a compresión

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad; en el este caso para la compresión se utilizan dos:

1. **FS** Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad, $FS = 1.6$ tomado de la tabla 7.3 del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.
2. **FDC** Factor de Duración de la Carga, $FDC = 1.25$ tomado de la tabla 7.3 del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{FS * FDC} * u$$

Donde:

σ_{adm} = Esfuerzo admisible por compresión en MPa

FS = Factor de servicio y seguridad

FDC = Factor de duración de la carga

u =Esfuerzo último de compresión Mpa al 5% (ver Figura 4.1)

Cálculo

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{1.6 * 1.25} * 25.56$$

$$\sigma_{adm} = 13MPa \quad \sigma_{adm} = 132,68Kg / cm^2$$

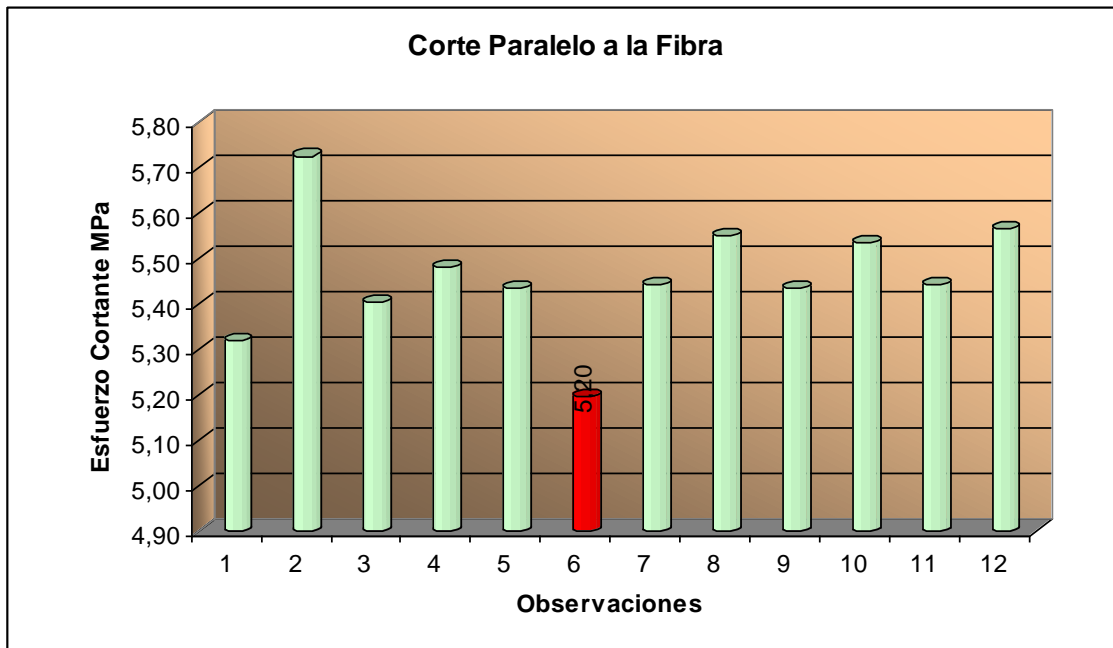
Este valor de esfuerzo admisible a compresión aplicable a probetas de altura de dos veces el diámetro externo como se realizo en el laboratorio.

4.4.3 Valor de diseño por esfuerzos admisibles a esfuerzo cortante

Utilizando el mismo criterio anterior que para el valor de diseño a tracción, en el cual, el esfuerzo resistente en condiciones ultimas es el que corresponde al limite de exclusión del 5%.

$$\text{Limite de exclusión} = 0,05 * 12 = 0,6 = 1$$

Cuadro 4.2 Corte paralelo a la fibra en el menor valor



Es decir, el esfuerzo último corresponde al valor mas bajo registrado en los ensayos.

$$u = 5,20 \text{ Mpa}$$

Para determinar el esfuerzo admisible a corte se debe reducir el esfuerzo ultimo con un factor de seguridad y servicio FS = 4 tomado de la tabla 7.3 del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.

Tabla 4.1 Factores de reducción considerados para maderas

Tabla 7.3 FACTORES DE REDUCCION CONSIDERADOS				
	Flexión	Compresión paralela	Corte paralelo	Compresión perpendicular
FC	0,80			
FT	0,90			
FS	2,00	1,60	4,00	1,60
FDC	1,15	1,25		

$$\tau_{adm} = \frac{1}{FS} * u$$

Donde:

τ_{adm} = Esfuerzo admisible de Corte en MPa

FS = Factor de seguridad y servicio

u = Esfuerzo ultimo de corte al 5% en MPa (ver Cuadro 4.2)

Cálculo

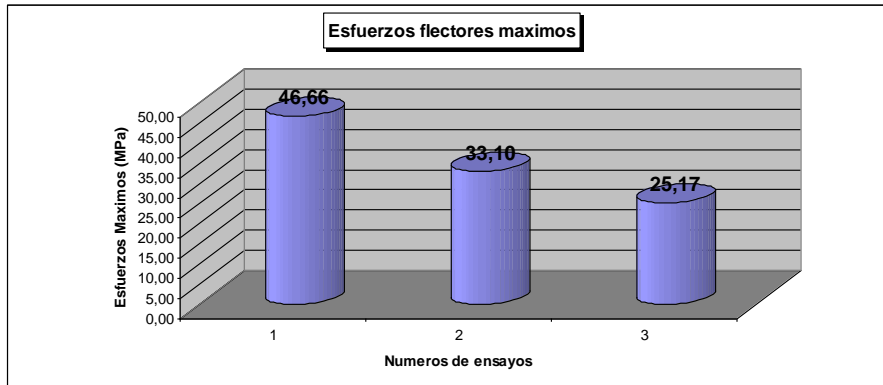
$$\tau_{adm} = \frac{1}{4} * 5,20$$

$$\tau_{adm} = 1.3MPa \quad \tau_{adm} = 13,26Kg / cm^2$$

4.4.4 Valor de diseño admisibles a esfuerzo de flexión

Los parámetros de diseño para las probetas fueron el no utilizar probetas de menos de 1,5 metros, para prevenir el aplastamiento esto quiere decir debido a que en probetas cortas, no se alcanza la flexión pura, ni mayores a 2.5 metros y además debían tener un numero mayor a cuatro nudos para que los dos de los extremos en los apoyos y los dos centrales para la aplicación de la carga. Los resultados obtenidos se pueden ver en la siguiente cuadro:

Cuadro 4.3 Esfuerzos flectores máximos.



Se muestra la distribución de las resistencias de los ensayos disponibles de flexión, se observa que los datos tienen una tendencia en función de su diámetro y longitud así que tomaremos el valor del esfuerzo menor por la exclusión de 1 ensayo como lo hemos hecho anteriormente.

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{FS * FDC} * u$$

Donde:

σ_{adm} = Esfuerzo admisible por flexión en MPa

FS = Factor de servicio y seguridad

FDC = Factor de duración de la carga

u = Esfuerzo último de flexión menor registrado (ver Cuadro 4.3)

Cálculo

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{2 * 1.15} * 25.17$$

$$\sigma_{adm} = 11MPa \quad \sigma_{adm} = 111,67 Kg / cm^2$$

RESUMEN DE ESFUERZOS ADMISIBLES EN LA GUADÚA ANGUSTIFOLIA KUNTH

Tabla 4.2 Esfuerzos admisibles guadúa angustifolia en comparación con los grupos de madera

ESFUERZOS ADMISIBLES (MPa)			
GRUPO	FLEXIÓN	TRACCIÓN PARALELA	COMPRESION PARALELA
A	21,00	14,50	14,50
B	15,00	10,50	11,00
C	10,00	7,50	8,00
Guadúa Angustifolia Kunth	11,00	35,63	13,00
Guadúa Angustifolia Kunth (Kg/cm²)	112,25	363,57	132,65

Tabla 4.3 Módulos de elasticidad comparados con los grupos de madera

MODULOS DE ELASTICIDAD (MPa)		
GRUPO	E min	E promedio
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000
Guadúa Angustifolia Kunth	9900	11900
Guadúa Angustifolia Kunth (Kg/cm²)	101020	121429

CAPITULO V: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

5.1 ANTECEDENTES

En este capítulo se tratará el análisis de los diferentes tipos de cargas que pueden presentarse y que deben ser sustentadas y resistidas, con un comportamiento adecuado para la guadúa basado en el diseño de resistencia para la misma.

Se tiene una geometría regular en planta como se muestra en la figura 5.1 de 120 m² y de un piso con una altura de 4.65 metros como en la figura 5.2

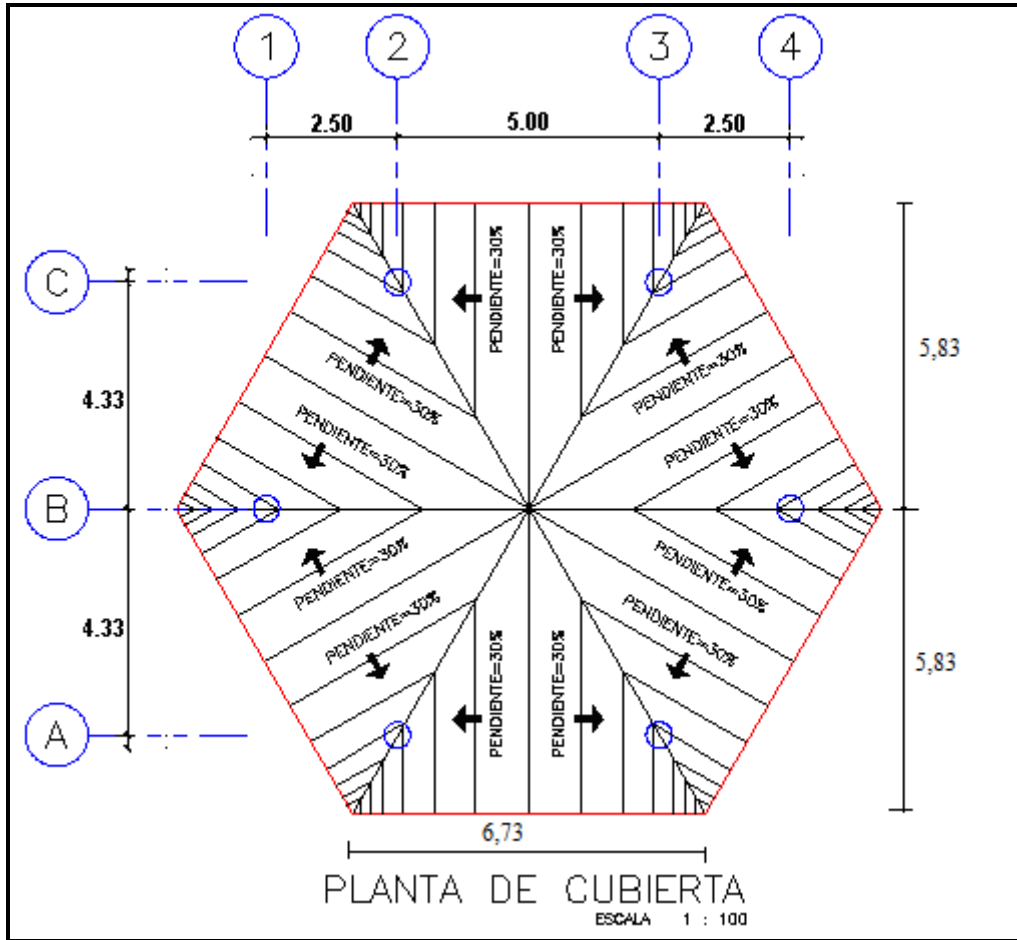


Figura 5.1 Vista en planta (Área Techada 117 m²)

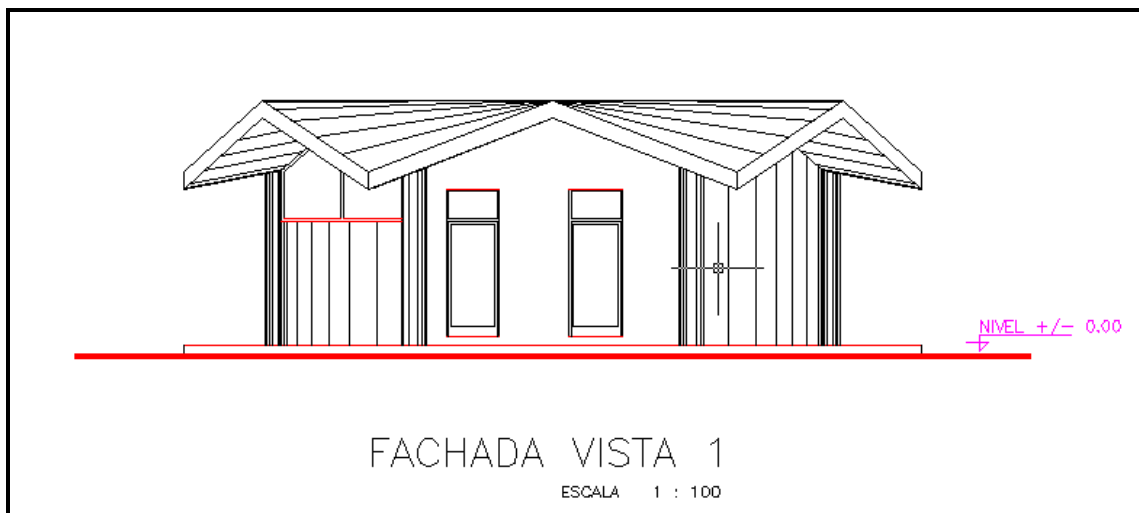


Figura 5.2 Vista en elevación

5.11 TIPOS DE CARGA

Básicamente existen 4 tipos principales de cargas que se debe tomar en cuenta obligatoriamente en nuestros diseños:

- Carga Muerta D
- Carga Viva L
- Carga por efecto de fuerzas sísmicas E
- Carga por efecto del viento W

5.11.1 Carga Muerta

Esta conformada por las siguientes cargas, las mismas que son consideradas carga muerta por su carácter permanente e inevitable:

5.11.1.1 Peso propio

Es el peso de cada uno de los componentes. Es particular para cada elemento estructural. Para calcularlo se saca el volumen del elemento y se lo multiplica por el peso específico del material.

5.11.1.2 Cargas Permanentes

Estas cargas incluyen los siguientes elementos:

Techado Ar2000 y canal recolector de agua lluvia = 8 Kg/m²

Instalaciones eléctricas e hidrosanitarias = 5 Kg/m²

Tumbado falso liviano fibrolit plano de 4 mm = 11 Kg/m²

Total Carga Muerta = 24 Kg/m² (El peso propio lo calcula el Programa).

5.11.2 Carga Viva

Esta carga esta conformado por la siguiente:

5.11.2.1 Carga de servicio

No existe para este caso en particular por ser una cubierta en baños de un piso. Es inaccesible.

5.11.2.2 Carga de mantenimiento

Como su nombre lo indica, es el tipo de mantenimiento que va a recibir ya se permanente o por emergencia.

- Cubierta de panel metálico = 70 Kg/m² CEC 2000.

5.11.2.3 Carga producida por la caída de ceniza

Por efectos de cálculo se debe considerar un espesor de 40 milímetros de ceniza acumulada. Se ha comprobado caídas acumuladas de ceniza desde 40 Kg/m² hasta 100 Kg/m². Para el diseño se tomo el valor mínimo de 40 Kg/m² (Zona de poca incidencia volcánica).

$$\text{Total Carga Viva} = 110 \text{ Kg/m}^2$$

5.11.3 Fuerza Sísmica

La fuerza cortante debida al sismo puede determinarse multiplicando el área techada de la edificación por los valores que se presentan en la siguiente tabla. El área que se considera depende de si la estructura es de 1 o 2 pisos.

$$V_{act, sismo} = Coef. (tabla.5.1) * Area.techada$$

$$V_{act, sismo} = 10.7 \frac{Kg}{m^2} * 117m^2$$

$$V_{act, sismo} = 1251.9Kg$$

Tabla 5.1 Coeficientes fuerza sísmica (Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT)

COEFICIENTES PARA DETERMINAR LA FUERZA CORTANTE ACTUANTE POR SISMO
A. Edificaciones con cobertura liviana , tal como cartón bituminoso, planchas de asbesto-cemento, calaminas, panel metálico 1.Estructuras de un piso: 10.7 Kg/m ² de área techada 2.Estructuras de dos pisos: * segundo nivel: 16.1 Kg/m ² de área techada en el segundo nivel * primer nivel: 16.1 Kg/m ² de área total techada
B. Edificaciones con coberturas pesadas de tejas o similares 1.Estructuras de un piso: 29.5 Kg/m ² de área techada 2.Estructuras de dos pisos: * segundo nivel: 29.8 Kg/m ² de área techada en el segundo nivel * primer nivel: 22 Kg/m ² de área total techada

Además de esto presentamos el cálculo del cortante vasal según el CEC (Código Ecuatoriano de la Construcción).

$$V = \frac{ZIC}{R\phi_p\phi_e}$$

Donde:

Z= Zona sísmica (0,4)

I= Importancia de la estructura (1)

$$C = \frac{1.25S^s}{T} \quad S = \text{Suelo intermedio (1.2)} \quad C_m = 3 \quad T = 2.19 \text{ (Sap)}$$

$$C = \frac{1.25 * 1.2^{1.2}}{2.19} = 0.71$$

R= 7 (Estructuras de Madera)

$$\phi_p, \phi_e = 1$$

$$V = \frac{0,4 * 1 * 0,71}{7 * 1 * 1} = 0,04$$

$$\text{Peso de la estructura} = 30\text{Kg/m}^2 * 117\text{m}^2 = 3510\text{Kg}$$

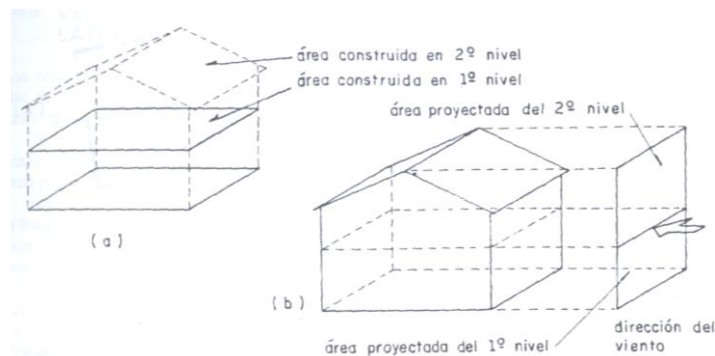
$$V = 3510 \text{ Kg} * 0,04 = 140.4 \text{ Kg}$$

Esto nos hace notar que se tomara el más crítico en este caso el propuesto por el Manual de Maderas del Grupo andino.

5.11.4 Fuerza de Viento

Para determinar la fuerza cortante debida a cargas de viento se multiplican en cada dirección los coeficientes de la tabla 5.2 por el área proyectada.

$$\text{Área proyectada} = 58,09 \text{ m}^2$$



$$V_{act, viento} = Coef. (tabla.5.2) * Area.proyectada$$

$$V_{act, viento} = 21 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 58,09\text{m}^2$$

$$V_{act, viento} = 1219.89\text{Kg}$$

Tabla 5.2 Coeficientes fuerza de viento (Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino PADT-REFORT)

COEFICIENTES PARA DETERMINAR LA FUERZA CORTANTE ACTUANTE POR VIENTO
1. Estructuras de un piso: 21 Kg/m ² de área proyectada
2. Estructuras de dos pisos: * segundo nivel: 21 Kg/m ² de área proyectada correspondiente al segundo nivel * primer nivel: 31 Kg/m ² de área total proyectada

5.12 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA CON EL PROGRAMA SAP2000 V 10.01

Se presenta un proceso de cálculo en la estructura para saber como funcionan estructuralmente los elementos que conforman la misma, para posteriormente pasar al diseño como se muestra en los siguientes literales.

Primeramente se debe hacer un modelo de la estructura en el programa Autocad en 3 dimensiones para luego ser pasado al programa Sap2000 ya que este lo recibe grabándolo anteriormente en el Autocad2006 como un archivo .dxf y haciendo lo siguiente en el programa Sap2000 .

Inicie el programa.

Aparece un cuadro con recomendaciones para el uso del programa. Presione el botón OK para dejar la pantalla del programa libre.

Cambie las unidades en la parte inferior derecha de la pantalla a Kilogramos, metros y grados centígrados.

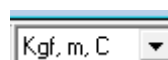


Figura 5.3 Unidades

Ahora presione el menú “File” la opción “Import” y la sub opción “Autocad .dxf” como se muestra en la figura 5.4

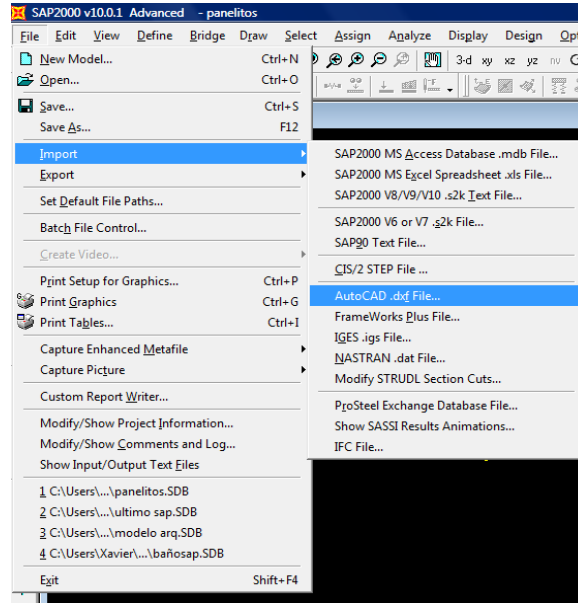


Figura 5.4 Importación del Archivo de Autocad a Sap2000

Aparecerá el siguiente cuadro de dialogo Figura 5.5 donde se deberá escoger el archivo

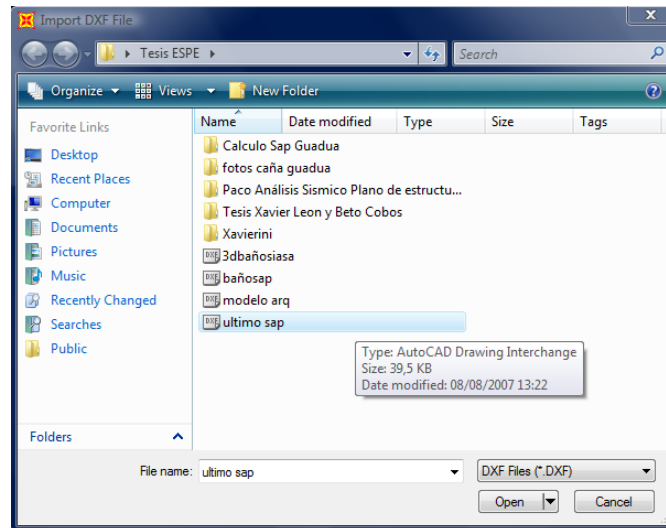


Figura 5.5 Archivo para Sap2000

Y se presiona ahora “Open” y aparecerá el siguiente cuadro donde se escogerá el eje Z como muestra la figura 5.6

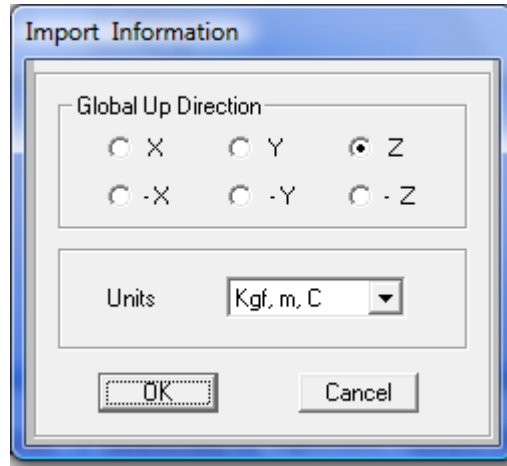


Figura 5.6 Dirección Global para importación

Ahora se deberá escoger el layer de los frames (elementos) donde estaban dibujados en Autocad como muestra la figura 5.7

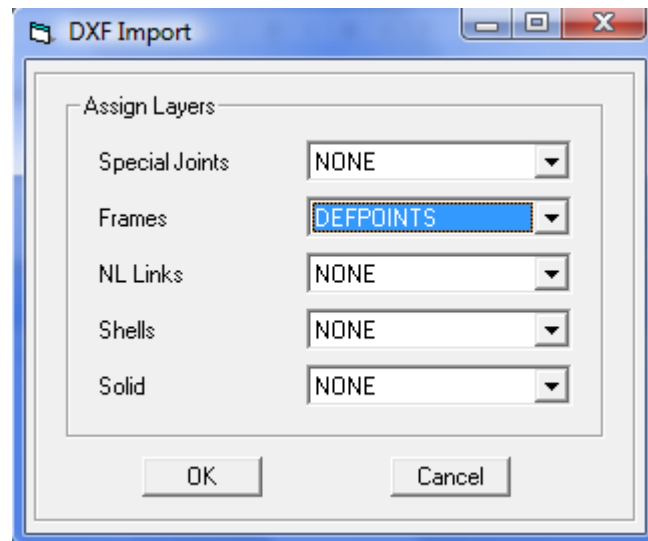


Figura 5.7 Ubicación del Layer

Y de esta manera quedara listo para trabajar en sap2000 como se indica en la figura 5.8

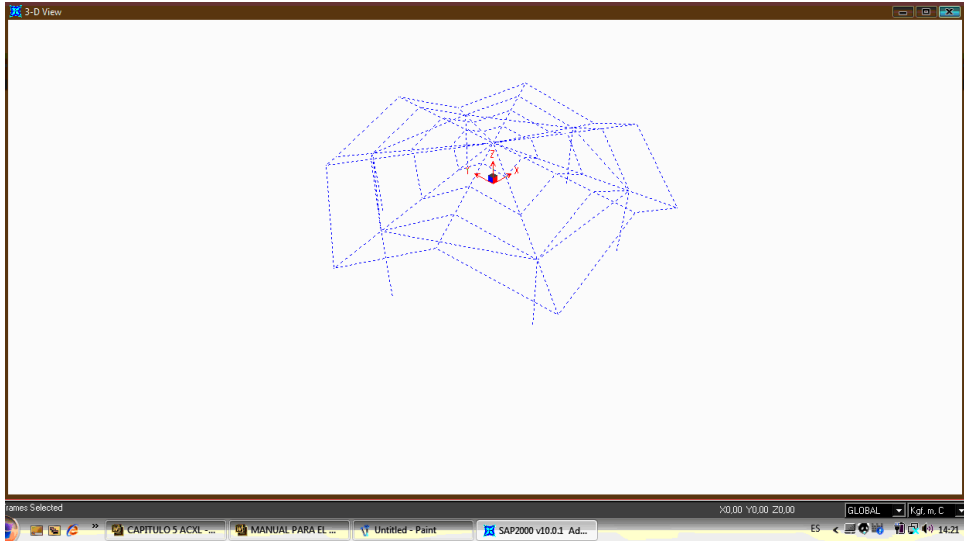


Figura 5.8 Estructura importada en Sap2000

Una vez lista la estructura para trabajar se debe definir los apoyos en los cuales va a estar sustentada la estructura como muestra la siguiente figura 5.9



Figura 5.9 Apoyo Fijo

Luego se deberá definir el material con lo que de manera consecutiva se asignara las secciones tanto para vigas y columnas que conformaran la estructura.

Use el menú "Define" y la opción "Materials". Se abre la siguiente pantalla:

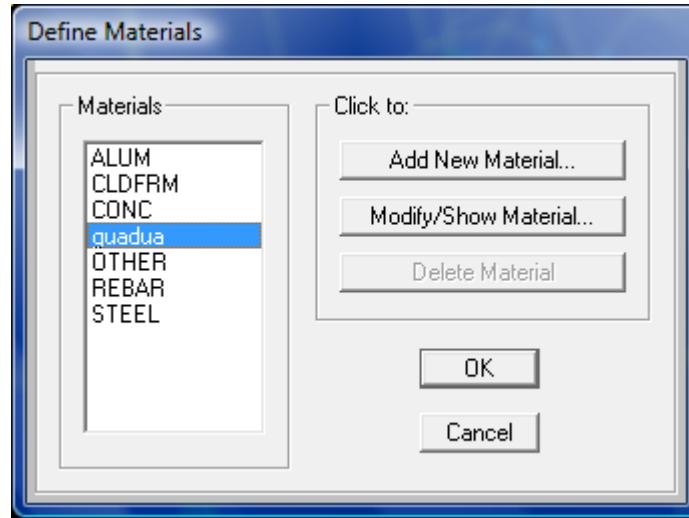


Figura 5.10 Definición del Material

A continuación se escogerá la opción “Modif./Show Material” y tenemos la figura 5.11

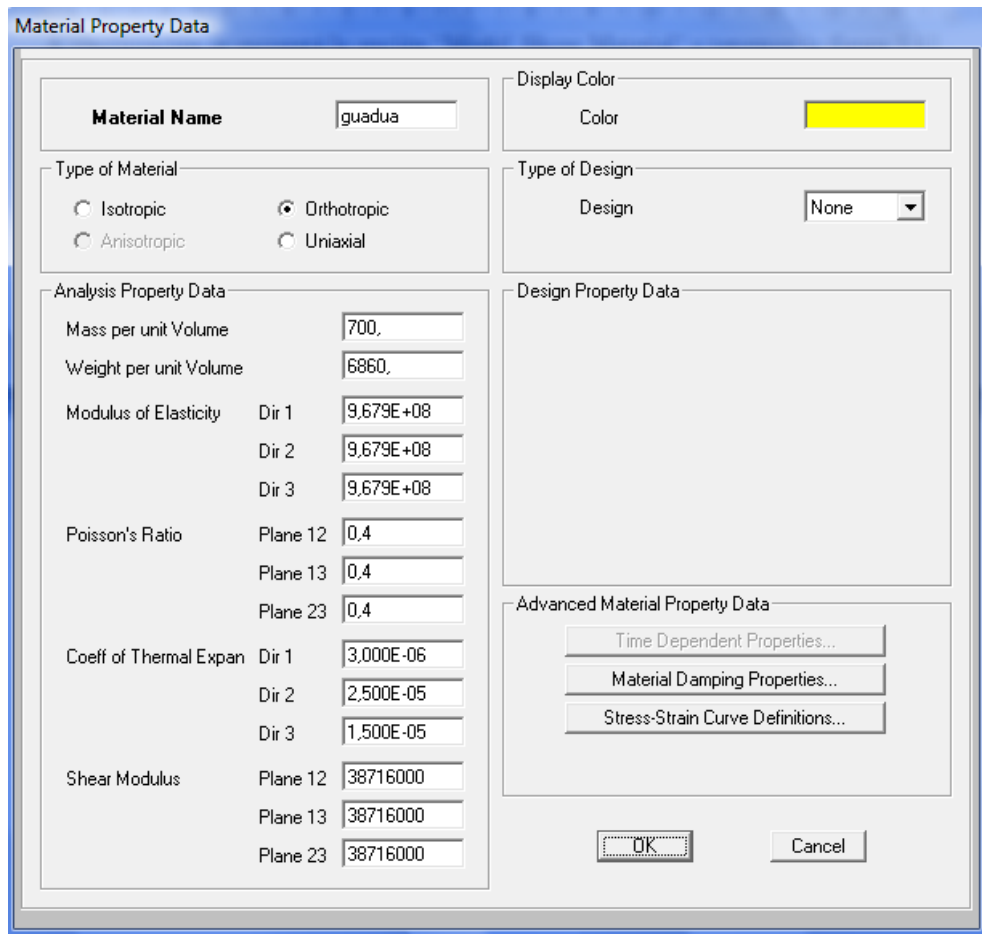


Figura 5.11 Características del Material

Primeramente se deberá dar un nombre al material en este caso “guadúa” luego se deberá asignar el tipo de material que para este caso lo tomamos igual que la madera el cual es Ortotrópico por no tener características iguales en todas sus direcciones.

Ahora la asignación de la densidad es tomada de el Capitulo II donde se determino que es 700 Kg/m^3 y el Peso por unidad de volumen es la multiplicación de la densidad por la gravedad dando un valor de 6860 Kg/m^3 .

5.12.1 Propiedades elásticas de la madera.

El módulo de elasticidad, el módulo de corte y el modulo de poissón representan las características elásticas de un material. La guadúa como material Ortotrópico tiene tres módulos de elasticidad, tres módulos de corte y 6 módulos de poissón, orientados y definidos según los tres ejes ortogonales. Desde el punto de vista ingenieril puede suponerse que el material es homogéneo lo que permite considerar sólo tres.

5.12.1.1 Módulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad de la guadúa puede ser obtenido directamente de una curva esfuerzo deformación del ensayo de compresión o puede ser hallado por métodos indirectos como en los ensayos a flexión. Para el caso de este trabajo se obtuvo de una manera indirecta del ensayo de flexión el cual reporto un valor mínimo de 96790 Kg/cm^2 .

5.12.1.2 Módulo de Corte

El módulo de corte relaciona las deformaciones o distorsiones con los esfuerzos de corte o cizallamiento que les dan origen. Existen diferentes valores para este módulo en cada una de las direcciones de la guadúa. Sin embargo el más usual es el que sigue la

dirección de las fibras. Los valores reportados para esta propiedad varían entre 1/16 y 1/25 del modulo de elasticidad lineal (PADT-REFORT) el cual es:

$$\text{Módulo.de.corte} = \frac{E}{25} = \frac{96790}{25} = 3871.6 \text{ Kg/cm}^2$$

5.12.1.3 Módulo de Poissón

Se conoce como modulo de poissón a la relación que existe entre deformación lateral y deformación longitudinal. Para el caso de la guadúa se ha tomado igual que para la madera existen 6 módulos de poissón ya que se relacionan las deformaciones en las direcciones longitudinal, radial, y tangencial. Para la madera se han reportado valores del orden de 0.325 a 0.40, para este trabajo se ha tomado un valor 0.40.

5.12.1.4 Coeficiente de Dilatación Térmica

La madera al igual que la guadúa cambia de dimensiones cuando sufre variaciones de temperatura. La guadúa como material Ortotrópico posee valores diferentes de dilatación térmica en sus tres direcciones anatómicas. La dilatación tangencial y radial aumentan con la densidad de la madera, siendo la tangencial mayor que la radial. La dilatación longitudinal no depende de la densidad pero varía entre las especies. Para efecto del trabajo realizado en guadúa se ha tomado valores típicos de la madera como son: en el eje longitudinal 3×10^{-6} , en el tangencial 25×10^{-6} y en la radial 15×10^{-6} .

5.12.2 Definición de Secciones (Prediseño)

Para definir las secciones se debe proceder de la siguiente forma en el programa Sap2000.

Use el menú “Define” y la opción “Frame Sections...”. Aparece la siguiente pantalla:

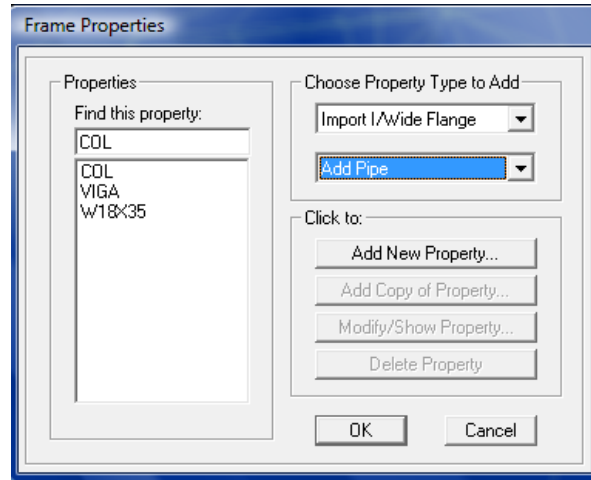


Figura 5.12 Asignación de Sección de Columna

Marque todas las secciones de la izquierda y bórrelas usando el botón “Delete Property”. Sólo debe quedar una sección que es la que usa el programa como valor estándar.

Presione a continuación el botón en forma de ceja a la derecha del segundo casillero que dice “Add Pipe”.

Luego presione el botón “Add New Property”. Aparece un nuevo cuadro:

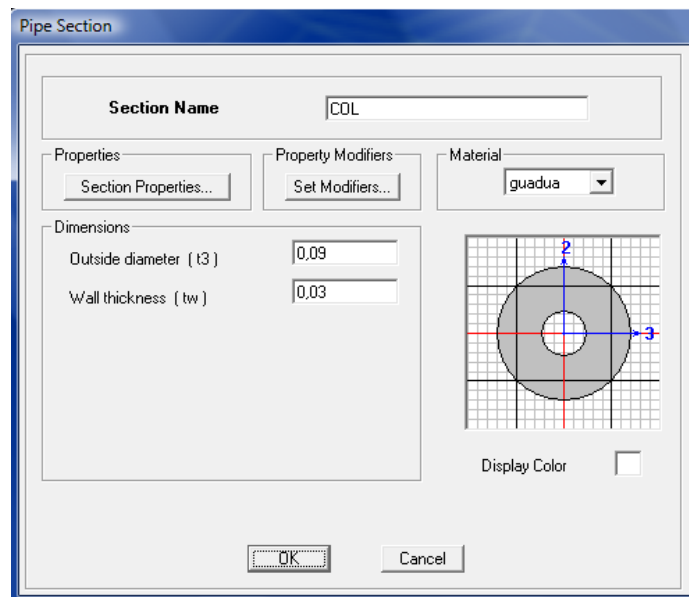


Figura 5.13 Dimensiones del Diámetro exterior y espesor

Los datos se han modificado para ser los de la columna de un diámetro exterior de 9 centímetros con un espesor de 3 centímetros. Obsérvese que debe haber colocado como material “guadua”. El mismo procedimiento se realizó para la sección de Vigas.

Ahora para definir la cubierta, utilice el menú “Define” y la opción “Area Sections”.

Aparece la siguiente pantalla:

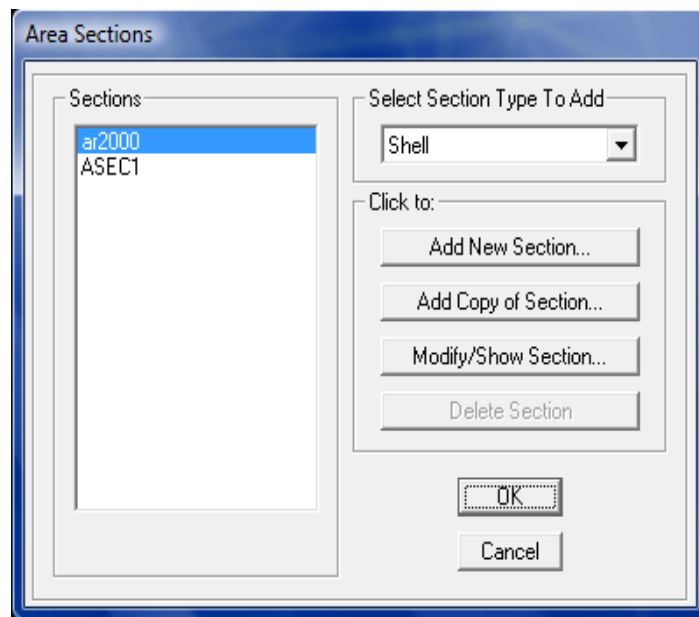


Figura 5.14 Definición de cubierta ar2000

Presione a continuación el botón en forma de ceja a la derecha del segundo casillero que dice “Shell”.

Luego presione el botón “Add New Section”. Aparece un nuevo cuadro:

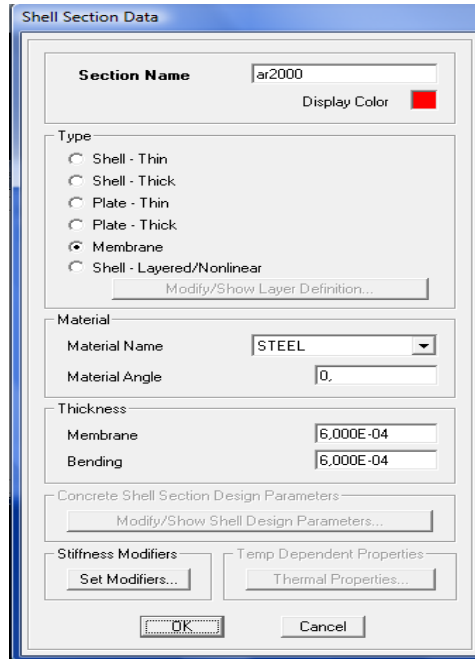


Figura 5.15 Características de la cubierta

Donde se deberá asignar el nombre de la sección para reconocerla luego tipo “Membrana” el material “steel” y el espesor que como nos impusimos Ar2000 es de 4.5 milímetros.

5.12.3 Asignación de secciones en elementos (Prediseño)

Una vez marcadas todas las vigas use el menú “Assign”, la opción “Frame/Cable/Section” y la subopción “Frame Sections”. Aparece un cuadro en el que debe resaltar la sección de las vigas:

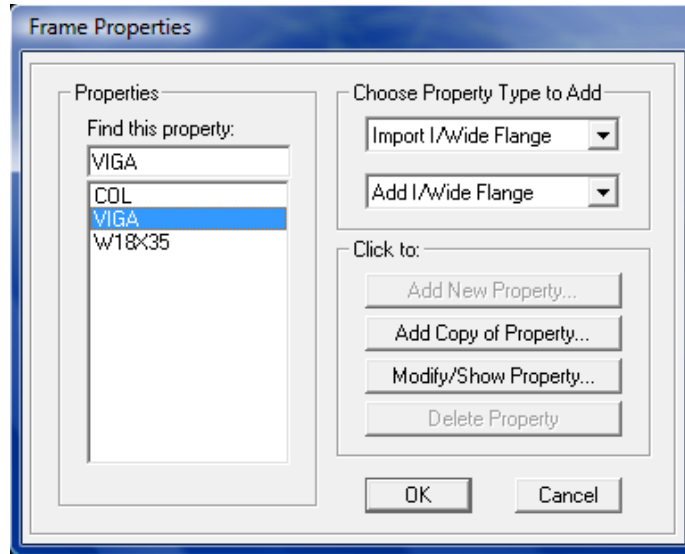



Figura 5.16 Asignación de Columnas y Vigas

Se procede de igual manera para asignar las columnas para este caso serán 6 columnas que se las seleccionara manualmente.

Ahora para los elementos de cubierta se deberá proceder manualmente espacio por espacio en la cubierta como se muestra a continuación.

Use el icono  “Draw Quad Área Element” y escoja el material que aparecerá como se indica a continuación:

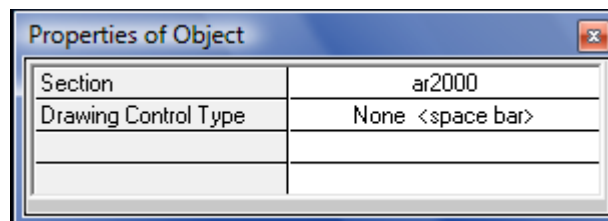


Figura 5.17 Asignación de Cubierta

Y dibuje con el Mouse donde quiera colocar la cubierta hasta terminar de la manera que se muestra en la figura 5.18

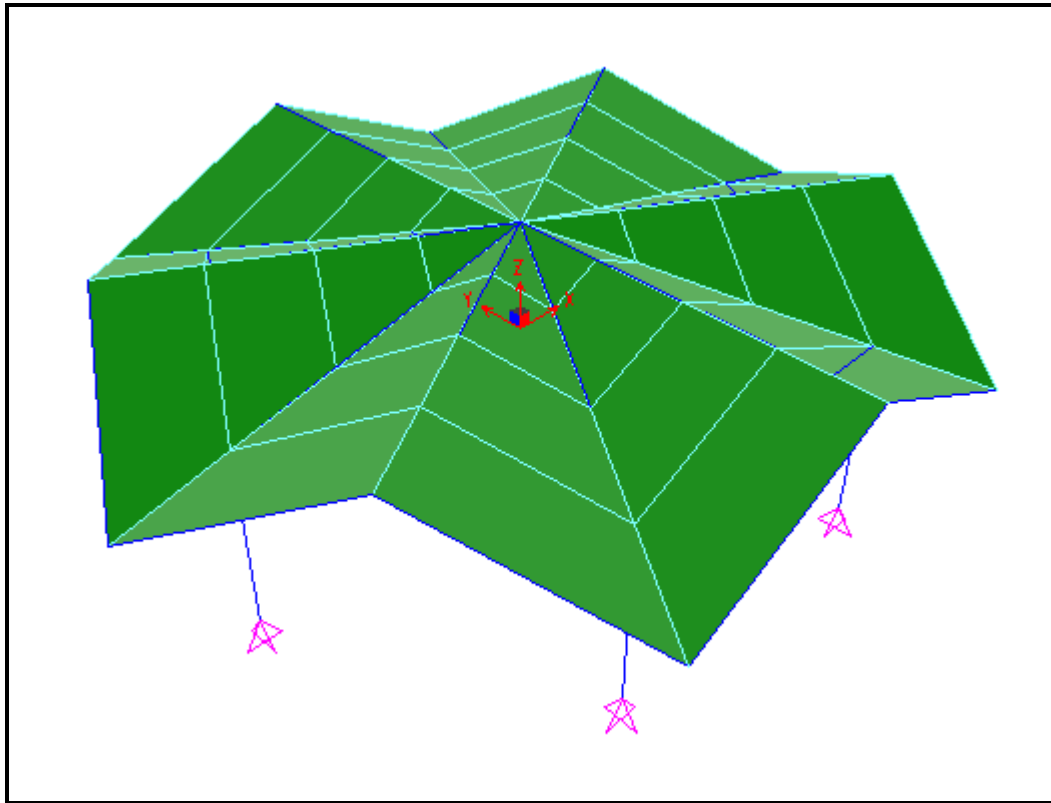


Figura 5.18 Cubierta

Ahora el modelo queda listo para recibir las cargas que anteriormente se menciono como son para carga muerta, carga viva, sismo, y viento.

5.12.4 Definición de Estados de Carga

Use el menú “Define”, la opción “Load Cases” y llene el siguiente cuadro que aparece como se indica a continuación:

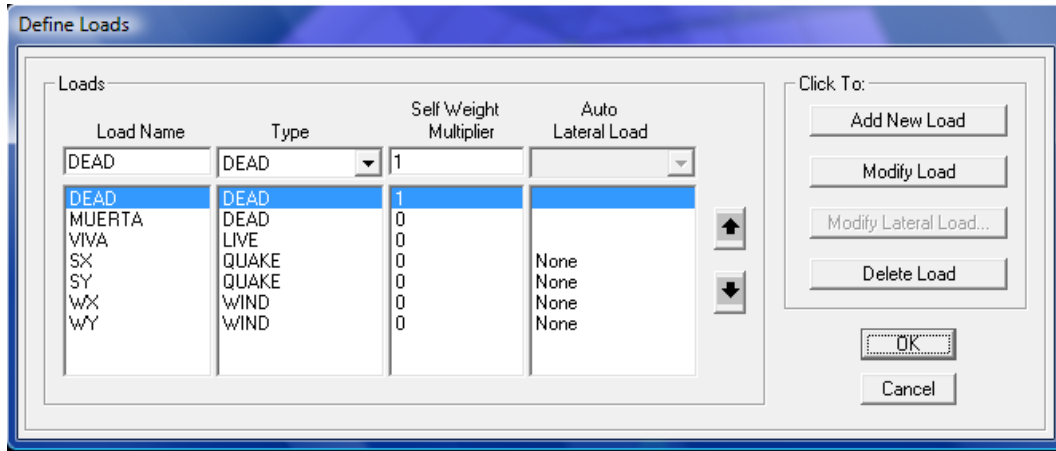


Figura 5.19 Definición de Cargas

5.12.5 Añadiendo las Cargas

Para añadir la carga correspondiente al estado de carga “MUERTA” siga el procedimiento que se indica:

Marque todos los elementos shell. Una opción es usar el icono “all”. No sólo se marcarán todos los shell sino los demás elementos estructurales pero como lo que interesa son los shell los demás no importan.

A continuación use el menú “Assign”, la opción “Area Loads”, la subopción “Uniform (Shells)” y llene el cuadro que aparece donde podrá cargar por carga muerta y viva.

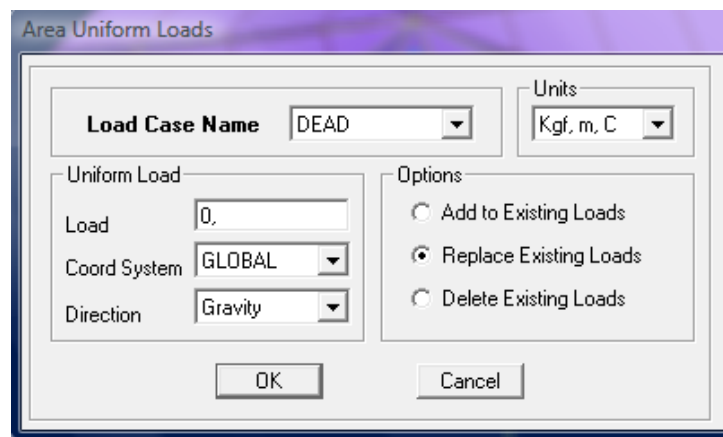


Figura 5.20 Carga Viva y Muerta

Luego para Sismo se debe cargar en el centro de gravedad y en los puntos críticos por cada eje para viento ver figura 5.21

A continuación use el menú “Assign”, la opción “Joint Loads”, la subopción “Forces” y llene el cuadro que aparece donde podrá cargar por sismo y viento.

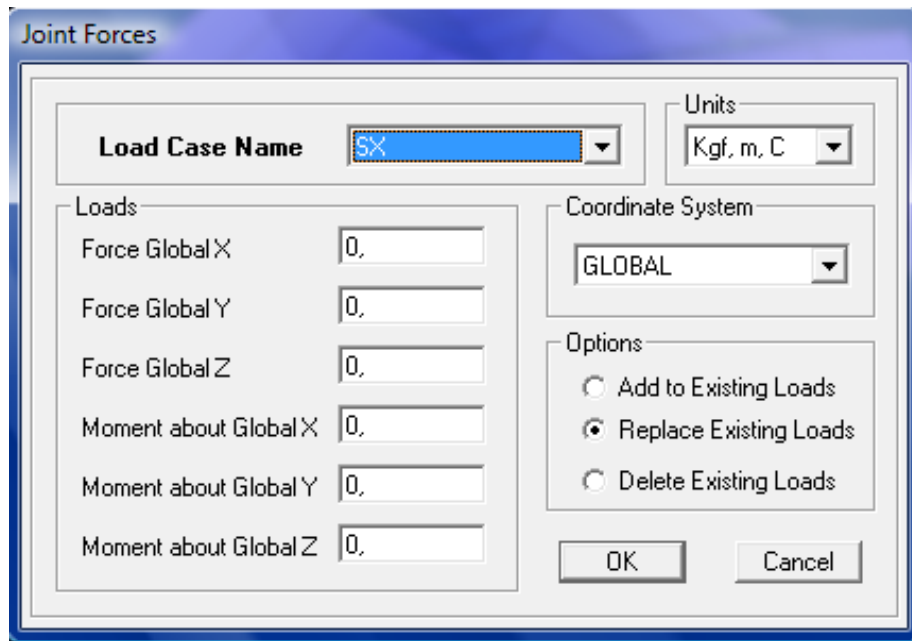


Figura 5.21 Carga de Sismo y Viento

5.12.6 Combinaciones para diseño

Use el menú “Define”, la opción “Combinations”. En el cuadro que se abre presione el botón “Add New Combo...” Aparece un nuevo cuadro al que debe llenar como se indica a continuación:

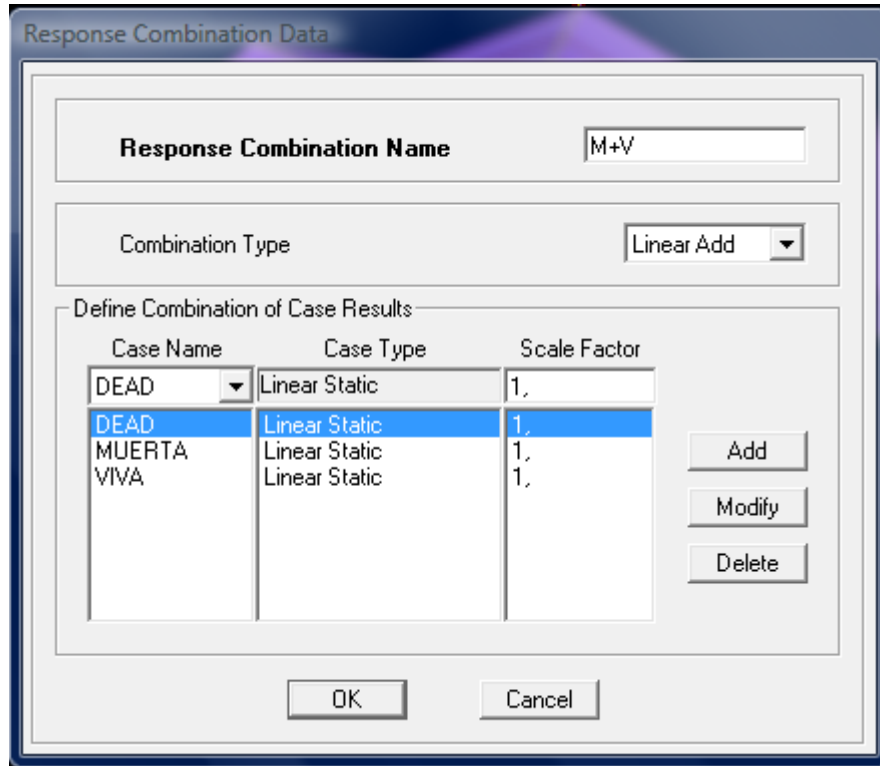


Figura 5.22 Combinaciones de Diseño

De igual manera se hace para todos los combos que se detallan a continuación:

- D+L
- D+L+E
- D+L-E
- D+L+W.....W_x
- D+L+W.....W_{-x}

Donde:

D = Carga Muerta

L = Carga Viva

E = Carga por Sismo

W = Carga por Viento

Combinaciones según Normas AISC, AISI.

5.13 DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A COMPRESION

En las estructuras de Guadúa es muy común encontrar elementos sometidos a compresión es el caso de las columnas, pie-derechos, pie-amigo. Un elemento sometido a compresión está por lo general de forma vertical dentro de la estructura y recibe cargas de tipo axial.

Se usara el procedimiento para maderas propuesto por la JUNAC (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAJENA), para diseño de los elementos de Guadúa.

5.13.1 Definir bases de cálculo

5.4.1.1 Cargas a considerarse en el diseño

Se tomarán en base al análisis que se realizo anteriormente.

5.4.1.8 Condiciones de Apoyo y Factor de longitud efectiva

El diseño de elementos sometidos a compresión o flexo compresión debe hacerse tomando en cuenta la longitud efectiva l_{ef} . Longitud efectiva es la longitud teórica que una columna equivalente con articulaciones en sus extremos. Esta longitud de columna doblemente articulada es la que interviene en la determinación de la carga máxima por pandeo que puede soportar una columna. Esta se obtiene multiplicando la longitud l , por un factor de longitud efectiva k , que considera las restricciones o el grado de empotramiento que sus apoyos extremos lo proporcionan.

$$l_{ef} = k * l$$

Donde:

k = Factor de longitud efectiva.

l = longitud de la columna

l_{ef} = longitud efectiva

5.4.1.9 Esbeltez

A diferencia de las columnas de madera aserrada cuya sección transversal por lo general es de forma rectangular lo que hace que tenga una dirección más débil que la otra, algo que no sucede con la guadúa ya que es simétrica en todas sus direcciones. En columnas de guadúa la esbeltez esta dada por la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

Donde:

l_{ef} = longitud de la columna

i = radio de giro

Entonces del radio de giro es:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

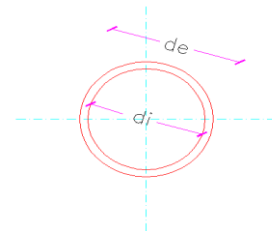
Donde:

I = Momento de Inercia de la sección

A = Área de la sección

Simplificando la ecuación anterior nos queda:

$$i = \sqrt{\frac{(d_e^2 + d_i^2)}{4}}$$



Donde:

d_e = Diámetro exterior

d_i = Diámetro interior

Martin y Mateus (Seminario taller avances en la investigación de la guadúa, Pereira Mayo 2002), en su trabajo determinaron el C_k que corresponde al punto donde las columnas intermedias pasan a ser largas en la relación de esfuerzo contra esbeltez.

$$C_k = 2.72 \sqrt{\frac{E}{f_{adm}}}$$

Donde:

C_k = Punto donde las columnas medias pasan a ser largas

E = Módulo de elasticidad

f_{adm} = Esfuerzo admisible a compresión

5.4.1.10 Columnas Cortas

Las columnas cortas ($\lambda < 30$) fallan por compresión o aplastamiento su carga admisible puede calcularse como:

$$P_{adm} = f_{adm} * A$$

Donde:

P_{adm} = Carga axial admisible

f_{adm} = Esfuerzo admisible para compresión

A = Área de la sección

5.4.1.11 Columnas Intermedias

Las columnas intermedias ($30 < \lambda < C_k$) fallan por una combinación de aplastamiento e inestabilidad lateral (pandeo). Su carga admisible puede calcularse como:

$$P_{adm} = f_{adm} * A \left[1 - \frac{1}{3} * \left(\frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right]$$

Donde:

λ = relación de esbeltez

$$C_k = 2.72 \sqrt{\frac{E}{f_{adm}}} \text{ para guadúa}$$

E = Módulo de elasticidad de la guadúa

Para columnas intermedias se ha tomado la ecuación empírica propuesta por el Nacional Forest Products Laboratory de Madison, Wisconsin, USA.

5.4.1.12 Columnas Largas

La carga admisible de columnas largas ($C_k < \lambda < 150$) se determina por consideraciones de estabilidad. Considerando una adecuada seguridad al pandeo la carga crítica P_{adm} según la teoría de Euler se reduce a:

$$P_{adm} = 4.93 * \left(\frac{E * A}{\lambda^2} \right)$$

5.4.1.13 Elementos sometidos a flexo-compresión

Estos elementos deben diseñarse para satisfacer la siguiente expresión:

$$\frac{P}{P_{adm}} + \frac{k_m * |M|}{Z * f_m} \leq 1$$

Donde:

f_m = Esfuerzo admisible a flexión

k_m = Factor de magnificación de momentos debido a carga axial

$|M|$ = Momento flector máximo del elemento (valor absoluto)

P_{adm} = Carga axial admisible calculada

Z = Modulo de la sección

P = Carga axial aplicada

$$k_m = \frac{1}{1 - 1.5 * \frac{P}{P_{cr}}}$$

P_{cr} = Carga critica de euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{l_{ef}^2}$$

Obsérvese que la carga critica no depende directamente de la resistencia del material, sino que es inversamente proporcional al cuadrado de la longitud y se puede aumentar utilizando material mas rígido (mayor E) o utilizando secciones con más momento de inercia.

Esta es una buena razón para determinar que la guadúa es buena para soportar pandeo, su sección transversal es un tubo por lo tanto la manera mas eficaz de poner la masa lo mas alejada del centroide es poniéndola alrededor; en otras palabras entre varias secciones de igual área, la mas efectiva para resistir pandeo es el tubo, pues este tiene mayor momento de inercia.

5.14 DISEÑO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN

Los elementos sometidos a flexión son elementos horizontales o casi horizontales que soportan cargas perpendiculares, o casi perpendiculares a su eje. Vigas, viguetas y correas son algunos ejemplos. Este procedimiento de diseño se basa en el propuesto en el “Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino” de la Junta

del Acuerdo de Cartagena, y se basa en los resultados de la tesis de grado “Comportamiento de la guadua angustifolia sometida a flexión” de los Ingenieros Civiles Edwin Prieto y Jorge Sánchez (Universidad Nacional sede Bogotá, 2001).

El procedimiento para madera aserrada propuesto por la Junta del Acuerdo de Cartagena, JUNAC, consta de nueve puntos, el adaptado para la guadua consta de tan sólo siete.

Procedimiento de Diseño:

5.5.1 Definir bases de cálculo

5.5.1.1 Cargas a considerarse en el diseño

Se tomarán en base al análisis que se realizó anteriormente.

5.5.1.2 Deflexiones Admisibles

La guadua es un material sumamente elástico y flexible, y se deforma mucho antes de fallar, sobre todo los elementos de gran longitud. Sin embargo en una construcción no se pueden tolerar grandes deformaciones en vigas y viguetas, porque tiene un aspecto desagradable, porque puede dañar un cielorraso y porque estaría asociado a grandes vibraciones. Todo esto implica que es necesario asegurar la rigidez al igual que la resistencia.

Para determinar las deflexiones admisibles se debe considerar las deflexiones diferidas, es decir las causadas en el tiempo y las deflexiones cortas, es decir las vibraciones.

Las deflexiones diferidas se calculan con la suma de la carga muerta, más la carga viva. Sin embargo la carga muerta se incrementa en un 80% debido a la fluencia plástica del material o “creep”. Una vez se determina cuanta va a ser la deflexión diferida se asegura que sea menor que:

$\Delta_{m\acute{a}x} < L / 300$ en edificaciones con cielo raso de asbesto-cemento

$\Delta_{m\acute{a}x} < L / 250$ en edificaciones sin cielo raso de asbesto-cemento

$\Delta_{m\acute{a}x} < L / 200$ en edificaciones industriales o en techos inclinados

Las vibraciones se calculan sólo con la carga viva. Esta deflexión debe ser menor que:

$\Delta_{m\acute{a}x} < L / 350$ en todo tipo de vivienda

$\Delta_{m\acute{a}x} < L / 480$ si se desea minimizar la vibración

L es la distancia entre caras de apoyos. Así por ejemplo una viga de 3.50 m no debe deflectarse más de 1 cm debido a la carga viva.

Las deflexiones causadas por una carga distribuida sobre una viga simplemente apoyada se calculan con la fórmula:

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{5wl^4}{384EI}$$

5.5.1.3 Espaciamiento

Cuando se utilizan guaduas como viguetas o correas, si se tiene problemas de resistencia o rigidez, una solución simplemente consiste en acercar entre si los apoyos.

5.5.2 Efectos máximos: máximo momento flector M y máxima fuerza cortante V.

Valores obtenidos del cálculo estructural.

5.5.3 Esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad

Cuando se estén diseñando vigas se utiliza el esfuerzo admisible de la tabla y el módulo de elasticidad que figura como E_{min} . En el caso de las viguetas se usa el esfuerzo admisible más 10% y el $E_{promedio}$, siempre y cuando haya por lo menos 4 viguetas y posibilidad de redistribución de la carga.

5.5.4 Cálculo del Momento de Inercia Necesario

Para que el elemento no se deforme excesivamente es necesario tener un momento de inercia (I) suficiente para que esto no ocurra. Transformando la ecuación de deflexión admisible se obtiene que:

$$I_{elemento} \geq I_{necesario} = \frac{5wl^3k}{384E}$$

Donde:

I = Momento de inercia del elemento

w = Carga distribuida

k = Deflexión admisible (según el caso)

E = Módulo de elasticidad.

Este cálculo debe hacerse dos veces, una por deflexiones diferidas ($k = 200, 250$ ó 300) y otra por vibraciones ($k = 350$ ó 480).

5.5.5 Cálculo del Módulo de Sección Necesario

Para que el elemento no vaya a fallar es necesario tener un módulo de sección (Z ó S) suficiente para que esto no ocurra. El esfuerzo flector que sufre una viga es igual al momento flector dividido por el módulo de sección.

$$f_m = \frac{M * c}{I} = \frac{M}{Z}$$

Esta ecuación puede ser reorganizada para obtener el módulo de sección necesario:

$$Z_{elemento} \geq Z_{necesario} = \frac{M}{f_m}$$

Donde:

Z = Módulo de sección

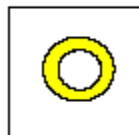
M = Máximo momento flector

f_m = Esfuerzo admisible a flexión de la guadua.

5.5.6 Cálculo del Momento de Inercia y el Módulo de Sección del Elemento

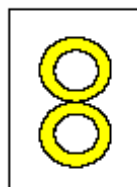
Una vez que sabemos cuanto es el momento de inercia necesario, se busca la guadua o configuración de guaduas que cumplan este requisito. Para ello se pueden usar tablas o fórmulas, por ejemplo:

Para una guadua:



$$Z = \pi \frac{d_e^4 - d_i^4}{32d_e} \quad I = \pi \frac{d_e^4 - d_i^4}{64}$$

Para una viga de dos guaduas (una encima de la otra):



$$I = \pi \frac{5d_e^4 - d_i^4 - 4d_e^2 d_i^2}{32}$$

$$Z = \pi \frac{5d_e^4 - d_i^4 - 4d_e^2 d_i^2}{32d_e}$$

Una vez que se conoce cuanto es el módulo de sección necesario, se busca la guadua o configuración de guaduas que cumplan este requisito. La mayor de las guaduas o configuración de guaduas se escoge como el elemento a utilizar.

5.5.7 Verificar el esfuerzo cortante

Por último debe cerciorarse de que no vaya a ocurrir una falla por cortante. En una sola guadua se revisa que no ocurra en la pared de la guadua en una configuración debe revisarse también la unión entre guaduas.

El esfuerzo cortante de un elemento sometido a flexión obedece a la fórmula:

$$\tau = \frac{VQ}{bI}$$

Donde:

V = Fuerza cortante en la sección

Q = Momento estático de la parte de la sección transversal por encima de las fibras en que se genera τ

b = Ancho de la sección a la altura de estas fibras

I = Momento de inercia.

Para una guadua el esfuerzo cortante se define como:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{4V}{3A}$$

Donde:

$\tau_{m\acute{a}x}$ = Esfuerzo cortante

V = Fuerza cortante

A = Área

El esfuerzo cortante máximo debe ser menor que el admisible (f_v).

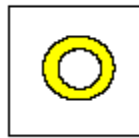
$$\tau_{m\acute{a}x} < f_v$$

En elementos apoyados en la parte inferior y cargados en su parte superior se verifica el cortante a de del borde (excepto en voladizos).

5.5.8 Estabilidad

Debe arriostrarse para evitar el pandeo lateral de las fibras en compresión.

1 guadua es estable naturalmente.



$$I = \pi \frac{d_e^4 - d_i^4}{64}$$

$$Z = \pi \frac{d_e^4 - d_i^4}{32d_e}$$

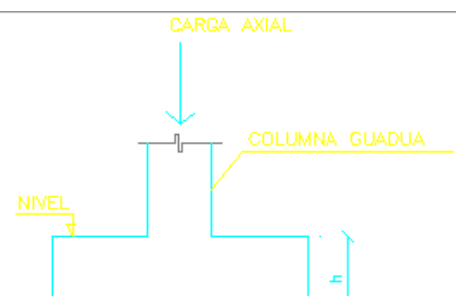
2 o más guaduas son necesariamente inestables requiere restricción en los apoyos.

5.15 DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

La cimentación a sido diseñada con zapatas aisladas las cuales son construidas con hormigón en vista de que es una estructura liviana.

DISEÑO DE CIMENTACION

<u>PLINTO DE HORMIGON</u>	
DATOS	
Diámetro exterior	0,16 m
Diámetro interior	0,14 m
Área exterior	0,0201 m ²
Área interior	0,0154 m ²
ÁREA GUADÚA	0,0047 m ²



Inercia guadúa	0,0000133	m4		
c	0,08			
Carga Axial(Sap)	5,20	T	D+L	
P CM	2,80	T		
P CV	2,40	T		
q amd asumido	13,00	T/m2		
CALCULO DEL ÁREA DE SOPORTE DEL PLINTO				
Área de cimentación	0,48	m2		
B	0,69	m		
Plinto cuadrado de	0,7	m		
REVISION DEL ESFUERZO ACTUANTE				
P Relleno	0,96	T		
Esfuerzo actuante	12,57	T/m2		
	12,57	<	13	OK
Pu	1,4CM+1.7CV			
Pu	8,00	T		
ESFUERZO DE DISEÑO				
Esfuerzo diseño	16,67	T/m2		
L	0,20			
Mu	$q*(L^2)/2$			
Mu	0,23	T*m		
As	0,40	cm2		
As min	1,89	cm2	1φ8mm @ 20cm	
CHEQUEO POR PUNZONAMIENTO				
Pu	8,00	T		
Vu	3,49	Kg/cm2	ACTUANTE	
Vn	14,49	Kg/cm2	RESISTENTE	OK

PLINTO	70x70
	h= 20

CADENA TIPO

Se diseña como una columna:

$$P = 8 \text{ T} \quad (\text{Dato})$$

As asumido de la cadena 4 φ 12mm

P cadena = 8 T*0,10= 0,8 T Actuante en la cadena

$$Pn \text{ max} = Pu = \phi * 0,80 [0,85 f' c (Ag - Ast) + Ast * fy]$$

φ= 0,70 cadena con estribos

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_g = 400 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = 4 \cdot (1,13 \text{ cm}^2) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n \text{ max} = P_u = 0,70 \cdot 0,80 \left[0,85 \cdot 210 \text{ Kg/cm}^2 (400 \text{ cm}^2 - 4,52 \text{ cm}^2) + 4,52 \cdot 4200 \text{ Kg/cm}^2 \right]$$
$$P_n \text{ max} = 50163 \text{ kg}$$

$$P_n \text{ max} = 50 \text{ T}$$

$P_n \text{ max} > P$ entonces esta correcto ok..

CIMIENTO

H = pared 3m, espesor 10 cm, material ladrillo

$$\text{Peso pared} = 3 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 2 \text{ T/m}^2 = 0,6 \text{ T/m}$$

$$\text{Peso cadena} = 0,20 \text{ m} \cdot 0,20 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 2,4 \text{ T/m}^2 = 0,096 \text{ T/m}$$

$$\text{Peso de cimiento asumido} = 0,30 \text{ m} \cdot 0,30 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 2,2 \text{ T/m}^2 = 0,198 \text{ T/m}$$

$$\text{Peso total} = 0,9 \text{ T/m}$$

$$\text{Esfuerzo transmitido al suelo} = \sigma = (0,9 \text{ T/m}) / 0,3 \text{ m} = 3 \text{ T/m}^2$$

El esfuerzo del suelo σ es 13 T/m^2 entonces esto quiere decir que si el esfuerzo

que se transmite al suelo es de 3 T/m^2 esta correcto por que el $\sigma_{\text{suelo}} > \sigma$

5.16 DISEÑO DE PERNOS Y VARILLAS EN LA ESTRUCTURA

Los cálculos presentados a continuación corresponden al perno que va en la cimentación y su correspondiente diámetro de varilla además se colocara un cuadro donde se repiten estos cálculos a fin de diseñar los mismos en los anexos del trabajo.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$P = 5237.73 \text{ kg } D+L$$

Para pernos de grado 2 $f_y = 4500 \text{ kg} / \text{cm}^2$

$$f_v = 0.4 \times 4500$$

$$f_v = 1800 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Reemplazando en la ecuación

$$1800 = \frac{5237.73}{A}$$

$$A = \frac{5237.73}{1800}$$

$$A = 2.91 \text{ cm}^2$$

Que corresponde a un diámetro de $\frac{3}{4}$ “

Esfuerzo de la varilla $f_y = 4200 \text{ kg} / \text{cm}^2$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$A = \frac{5237.73}{4200 * 0,6}$$

$$A = 2,08 \text{ cm}^2$$

Que corresponde a $1\phi 16 = 2,01 \text{ cm}^2$

5.17 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Anexos.

5.18 PLANOS

Anexos

5.19 ANÁLISIS ECONÓMICO

Anexos

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- En lo que respecta a las propiedades físicas podemos destacar que es de vital importancia su secado y su contenido de humedad respectivo ya que este influye directamente en las propiedades mecánicas alterando notablemente sus resultados.
- El bambú es un vegetal que retiene grandes cantidades de CO₂ 17 Ton/m/ha/año y lo retiene en sus paredes.
- La guadúa es un gran estabilizador de suelos, de ahí que se recomienda su uso en zonas propensas a deslizamientos.
- La guadúa se clasifica en 4 partes comerciales denominadas básicamente en Cepa, Basa, Sobrebasa y Varillón.
- La caña guadúa se usara a partir del tercer año de madurez ya que se dice que esta hecha y lista para su uso en la construcción.
- El contenido de humedad de la guadúa debe estar entre 25 a 30%, y una densidad de 704 Kg/m³.
- La variación de diámetros en los segmentos Basal Medio esta en el orden de 4% y del Medio Apical esta en un 50% de aquí que se recomienda usar solo en los segmentos Basal Medio.

- El esfuerzo de tracción en la guadúa alcanza un promedio de 242,43 MPa sin nudo en sus probetas en toda la longitud de análisis. En cambio cuando se toma en cuenta un nudo en la probeta y en la zona de falla este promedio se reduce al 30% reportando un valor de 72,80 MPa el cual se ha tomado para el esfuerzo admisible y posteriormente para el diseño.
- En cuanto al esfuerzo de compresión tenemos en la parte basal un valor de 50,31 MPa, en la parte media 48,34 MPa y en el Apical 46,50.
- El corte paralelo a las fibras se tiene un valor promedio de 5,46 MPa a lo largo de toda su longitud, del cual se lo clasifica como un material Ortotrópico ya que si nos damos cuenta no tiene las mismas propiedades en las tres direcciones al igual que la madera.
- La flexión en probetas enteras de 1.5 metros de longitud se tiene un esfuerzo promedio de 34,98 MPa con un módulo de elasticidad de 10362,12 MPa con deformaciones máximas en la parte de aplicación de la carga de 16 milímetros características que nos faculta clasificarla a la guadúa como madera tipo B según el acuerdo de Cartagena.
- Con los esfuerzos obtenidos en el laboratorio y en base al Acuerdo de Cartagena hemos calculado los esfuerzos admisibles para el diseño, reportando valores de 111,67 Kg/cm² en flexión, 363,57 Kg/cm² en tracción paralela, compresión 132,65 Kg/cm², corte paralelo 13,27 Kg/cm². y con un modulo de elasticidad mínimo de 96785.7 Kg/cm².
- Se diseño de forma individual los elementos de la estructura donde se observo que en los diseños se tiene diferentes diámetros y espesores por tal razón en

algunos casos se tuvo que realizar estandarizaciones de diámetros en guaduas, pernos y varillas.

- Así mismo se observó que la combinación más crítica se dio en la de la carga muerta más la carga viva ya que la estructura es de un piso y su cubierta es inaccesible, no así es el caso de las losas de hormigón que por lo general dan servicio.

6.2 RECOMENDACIONES

- Incrementar la investigación en este campo, ya que se vio la falta de bibliografía relacionada a cálculos estructurales en guadúa motivo por el cual se presentan muchas incógnitas en el diseño, específicamente en las uniones.
- Buscar convenios con instituciones o entidades dedicadas al estudio de la guadúa como material de construcción.
- Adquirir equipos más sofisticados y precisos para el laboratorio de resistencia de materiales los cuales generaran resultados más exactos en investigaciones futuras.
- Incrementar el uso de tecnologías constructivas en caña guadúa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de los recursos forestales tropicales. PADT-REFORT. Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Lima-Perú 1984.
2. Laboratory Manual on Testing Methods for Determination of physical and mechanical properties of bamboo. Reporte Técnico ISO/TC 165 N315, 2001
3. Ing. Arq. Sjored Nienhu INEN. Bambú Caña Guadúa, Recomendaciones para El Uso en la Construcción.
4. Toapanta E. Guillermo. La Caña Guadúa, Escuela Politécnica del Ejército, Quito 1994.
5. Hidalgo López Oscar. Nuevas Técnicas de Construcción con Bambú.
6. Arq. Tim Martin Obermann, Ing. Ronald Laude Bambú Recurso Sostenible para Estructuras Espaciales. Universidad Nacional de Colombia 2004.
7. Ing. Luis González, Elementos para la Caracterización Mecánica de la Guadúa Angustifolia Kunth Universidad Nacional Colombia 2000.
8. López Luis, Trujillo David, Diseño de Uniones y Elementos en Estructuras de Guadúa Pereira 2002.
9. Osorio Jairo, Ciro Héctor, Vélez Juan, Efectos de Algunos Parámetros Físicos y Geométricos en la Resistencia de Diseño a Flexión de la Guadúa Angustifolia Kunth Universidad Nacional de Colombia 2005.
10. Comoglio S., Méndez J., Comportamiento de Formas Estructurales de Eje Curvo en Bambú. Universidad Nacional de Tucumán. 2003

11. Colorado Alexandra, La Guadúa, una maravilla natural de Grandes Bondades y Promisorio Futuro. Colombia 2001.