

**RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA DE LA GUADUA
ANGUSTIFOLIA**

**NELSON HERNANDO PANTOJA TRUJILLO
DIEGO FERNANDO ACUÑA JIMÉNEZ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA
UNIDAD DE ESTRUCTURAS
BOGOTÁ D.C.
2005**

**RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA DE LA GUADUA
ANGUSTIFOLIA**

**NELSON HERNANDO PANTOJA TRUJILLO
DIEGO FERNANDO ACUÑA JIMÉNEZ**

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Director:

CAORI PATRICIA TAKEUCHI TAN

Ingeniera Civil

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AGRÍCOLA
UNIDAD DE ESTRUCTURAS
BOGOTÁ D.C.**

2005

NOTA DE ACEPTACION

Ing. CAORI PATRICIA TAKEUCHI TAN
Directora del Proyecto de Grado

Ing. RICARDO MARTINEZ VARGAS
Jurado

Ing.
Jurado

BOGOTÁ D.C., 28 DE FEBRERO DE 2005

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

HGKHGEIRGW

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
1.- JUSTIFICACIÓN	11
2.- OBJETIVOS	11
2.1.- OBJETIVO GENERAL	11
2.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
3.- MARCO TEORICO	11
3.1.- GUADUA ANGUSTIFOLIA	11
3.1.1.-CLASIFICACION TAXONOMICA.	11
3.1.2.- CARACTERISTICAS	11
3.1.3.- PRESERVACION DE LA GUADUA	11
3.1.4.- HERRAMIENTAS Y PREPARACION	11
4.- ANTECEDENTES	11
4.1.- RESEÑA DE INVESTIGACIONES ANTERIORES	11
4.2.- NORMAS VIGENTES EXISTENTES EN COLOMBIA	11
4.3.- CENTROS DE INVESTIGACION	11
5.- METODOLOGÍA DE TRABAJO	11
5.1.- MATERIAL UTILIZADO	11
5.2.- CLASIFICACION DE LAS PROBETAS	11
5.3.- MÁQUINAS Y EQUIPOS UTILIZADOS	11
5.4.- DETERMINACIÓN DE MODELOS DE ENSAYOS	11
5.4.1.- ENSAYO DE HUMEDAD	11
5.4.2.- ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA	11

6.- PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS APLICADOS.	11
6.1.- CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA INBAR	11
6.2.- ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA NORMA INBAR	11
7.- DESCRIPCION FOTOGRAFICA	11
7.1.- EQUIPOS	11
7.2.- PREPARACION DE PROBETAS	11
7.3.- MONTAJE DE ENSAYOS	11
7.3.1.- ENSAYO DE HUMEDAD	11
7.3.2.- ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA	11
7.4.- FALLAS	11
8.- RESULTADOS	11
8.1.- DATOS INICIALES DE LAS PROBETAS	11
8.2.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS	11
8.3.- ANALISIS DE RESULTADOS	11
9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	11
10.- BIBLIOGRAFIA	11
11.- ANEXOS	11

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Figura No. 1 - Sagsadl'kas	11

LISTA DE FOTOS

Página

Foto No. 1 - Sagsadl'kas 11

LISTA DE TABLAS

	<u>Página</u>
Tabla No. 1 - Sagsadl'kas	11

LISTA DE ANEXOS

	<u>Página</u>
Anexo No. 1 - ISO/DIS 22157 DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL BAMBU	11
Anexo No. 2 - FORMATOS PARA ENSAYOS	11
Anexo No. 3 – PLANOS DE LOS DISPOSITIVOS DE ENSAYO	11
Anexo No. 4 – GENERALIDADES SOBRE LOS BAMBÚES Y LA GUADUA	11
Anexo No. 5 – INFORMACION GENERAL FUENTES DE MATERIAL	11

1.- JUSTIFICACION

En la actualidad se cuenta con un considerable número de publicaciones que tratan sobre la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua, desde el año 1966, investigaciones que abarcan el área de arquitectura, ingeniería agrícola e ingeniería civil, pero lamentablemente no ha existido un ambiente de interdisciplinariedad e interrelación de los diversos grupos de investigación interesados en el tema de la guadua.

Se han hecho trabajos previos para establecer las propiedades mecánicas de la guadua por muchos investigadores nacionales, pero todos han seguido metodologías diferentes para conseguir sus resultados; se evidencia disparidad en estos y no hay una forma de homologar los resultados obtenidos por cada uno.

Se pretende determinar y recomendar un valor de resistencia al corte paralelo a la fibra de la guadua angustifolia, que se pueda utilizar para el diseño por esfuerzos admisibles, a través del seguimiento de un procedimiento riguroso de laboratorio; tomando una cantidad representativa de muestras para poder utilizar los resultados y así poder caracterizar de forma normalizada los esfuerzos de corte paralelo a la fibra con el fin de buscar posteriormente una normalización de esfuerzos de diseño.

El estudio se llevó a cabo utilizando tallos de guadua con edades entre los tres y seis años, de tres regiones diferentes del país. De esta manera se escogió la Guadua Angustifolia de Armenia (Quindío), Tierradentro (Cauca), y Silvana (Cundinamarca). Se cortaron mínimo 120 probetas por fuente, llevando a la falla un total de 368 probetas. Esto permitió comparar y relacionar los resultados que se obtuvieron del ensayo de corte de los especímenes de las tres fuentes escogidas.

Es importante relacionar variables de vital importancia en la determinación de la resistencia al corte como son: la edad, la humedad y el estado físico de las probetas de ensayo. Estos factores pueden incidir de manera positiva o negativa en el comportamiento físico y mecánico de la guadua que a diario se utiliza en la construcción de obras civiles que benefician diferentes poblaciones del país.

2.- OBJETIVOS

2.1.- OBJETIVO GENERAL

Recomendar un valor del esfuerzo de resistencia al corte paralela a la fibra, de la guadua angustifolia, utilizando las probetas de las fuentes de origen escogidas

2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calibrar el ensayo de corte.
- Comparar la resistencia al corte paralela a la fibra de la guadua angustifolia en muestras de diferentes procedencias.
- Proponer valores de corte paralelo a la fibra, por esfuerzos admisibles, para cepas, basas y sobrebasas de la guadua angustifolia.
- Recomendar procedimientos para la elaboración de ensayos de humedad y corte paralelo a la fibra de la guadua angustifolia.
- Contribuir con la normalización de los ensayos de humedad y corte paralelo a la fibra en el ámbito nacional.
- Rescatar la importancia y buen uso que se le puede dar a la guadua en el campo de la construcción y aplicaciones de la ingeniería civil.

3.- MARCO TEORICO

Se pueden consultar un gran número de investigaciones sobre el bambú de diferentes lugares del mundo, en países como el Japón, Puerto Rico y Brasil entre otros, en los cuales se desarrollan estudios acerca del cultivo, las propiedades, el desarrollo y el uso del bambú, así como su aplicación en diferentes áreas, sin embargo, estos aportes solo tienen un alcance local, debido que las propiedades tanto físicas como mecánicas de este, dependen directamente de las características medioambientales del sitio de estudio.

Desde el punto de vista botánico, la especie *Bambú*, se encuentra clasificada dentro de la familia *Bambusoideae*, perteneciente a las Gramíneas (posee entre 800 y 1000 especies dentro de 80 a 90 géneros).



El género *Guadua* se considera el bambú más grande en cuanto a longitud y diámetro se refiere y económicamente el más significativo de América Latina, donde crecen ocupando áreas aledañas a ríos y quebradas, también se encuentra en los valles entre montañas formando los Guaduales.

En Colombia existen 28 especies de bambúes herbáceos y 47 especies de bambúes leñosos distribuidos en 11 y 7 géneros respectivamente. La subtribu *Guaduinae* que incluye el género *Guadua*, se ubica dentro de estas especies leñosas.

La guadua en Colombia se puede encontrar en el Amazonas, en la Región Atlántica y en la Región Andina. La guadua que se crece en la Región Andina es la especie más reconocida, gracias a su incidencia en el desarrollo económico y cultural, fenómeno observado especialmente en la región del eje cafetero.

En Colombia existen cuatro especies de guadua:

- **Angustifolia:** Que se encuentra distribuida en gran parte de la región central Andina.
- **Amplexifolia:** Que se localiza en los llanos orientales, parte norte de la Orinoquía y la costa Atlántica.
- **Superba y weberbaueri:** Ubicadas en la Amazonía y corredor chocoano del Pacífico

3.1.- GUADUA ANGUSTIFOLIA

Según el investigador McClure, entre los bambúes nativos del hemisferio occidental, la *Guadua angustifolia*, es la más sobresaliente en altura, propiedades mecánicas (resistencia y trabajabilidad), durabilidad de sus tallos e importancia que ha dado a la economía local de los lugares en donde se desarrolla.



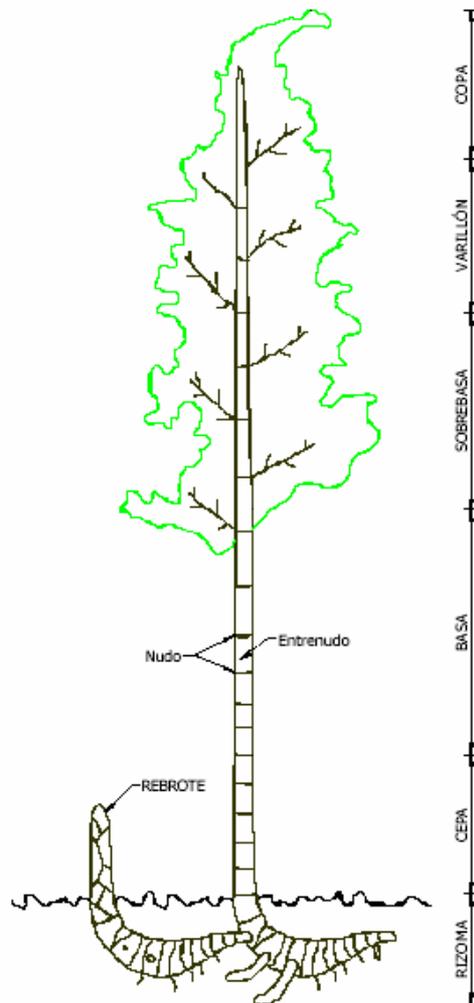
En la guadua de la Región Andina se centra el presente estudio por ser la especie dedicada y utilizada en los procesos constructivos. A continuación se describen las principales características de la guadua:

GUADUA			
Nombre Común		Guadua	
Nombre Científico		Guadua Angustifolia Kunth	
Familia		Gramíneas	
Tribu		Bambuseae Verae	
Subgénero		Bambusa	
Hábitat		0 msnm – 2200 msnm	
Precipitación		Superior a 1200 mm/año	
Humedad Relativa		75 % - 85 %	
Desarrollo Óptimo	Altitud	900 msnm – 1600 msnm	Estas Propiedades son factores determinantes en la dimensión del Diámetro y la Altura de la Guadua Angustifolia Kunth.
	Precipitación	2000 mm/año – 2500 mm/año	
	Temperatura	20 °C – 26 °C	
Formas		Guadua Castilla	
		Guadua Macana	
		Guadua Cebolla	
Variedades		Guadua Bicolor	Verde rayada y amarilla
		Guadua Negra	El gen determinante no se ha adquirido totalmente

De acuerdo con el Centro Nacional para el estudio del bambú, la guadua se divide en seis partes, las cuales se describirán a continuación:

PARTES DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH	
Rizoma	Es un tallo modificado, subterráneo, que conforma el soporte de la planta. Es el lugar por donde la guadua absorbe los nutrientes. Se ha utilizado en estabilización de las laderas y prevención de la erosión producida por escorrentía, vientos fuertes y

	desmoronamiento.
Cepa	Es la parte del culmo con mayor diámetro y espesores de pared mayores; Posee una longitud de 4 metros. Las distancias de cañutos son las más cortas y en la construcción se les utiliza como columnas.
Basa	El diámetro es intermedio y la distancia entre nudos es mayor que en la cepa; es la parte del culmo de la guadua que más se utiliza; tiene una longitud aproximada de 11 metros.
Sobrebasa	El diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor, comparado con la basa, la longitud es de aproximadamente cuatro metros.
Varillón	La sección tiene un diámetro pequeño y la longitud es de unos tres metros aproximadamente.
Copa	Es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1.20 a 2.00 metros.



En Colombia es posible encontrar dos variedades de *Guadúa angustifolia*; *angustifolia - bicolor* y *angustifolia - angustifolia*. Estas presentan cinco formas o biotipos denominados vulgarmente: cebolla, macana, rayada negra, cotuda y castilla.

Los biotipos o formas se han diferenciado de acuerdo con las características morfológicas externas, costumbres campesinas, terminología vernácula y condiciones propias de desarrollo de la planta.

Guadua Macana:

- Presenta coloración blanca debido al recubrimiento de un tejido blanquecino, reticulado y de tipo arenoso, que esta esparcido a lo largo del entrenudo y más concentrado al nivel del nudo; los nudos son rectos
- Tiene acanaladura visible y prolongada hasta más allá de la mitad del entrenudo.
- Diámetros pequeños: 70 mm – 150 mm
- Espesor: 12 mm
- Se desarrolla en suelos con pocos nutrientes de humedad baja
- El suelo debe presentar pendientes pronunciadas

Guadua Cebolla:

- Menor cantidad de esclerénquima o tejido duro, menor cantidad de haces fibrovasculares.
- Diámetros en la parte media de la cepa mayores de 100 mm, espesores de 10 mm.
- En corte longitudinal de culmos en estado adulto, la coloración interna es amarillenta, no hay presencia de tejido blanquecino y los nudos son convexos en el sentido del crecimiento del tallo.
- Acanaladura de la base de la yema hacia arriba apenas perceptible y que se prolonga hasta la mitad del entrenudo.
- Se desarrolla en suelos ricos en nutrientes con alta humedad.
- El suelo debe presentar pendientes bajas

Guadua Castilla:

- Presenta diámetros grandes: 180 mm – 350 mm.
- Espesor: 150 mm
- Se desarrolla en suelos húmedos y ricos en nutrientes.

3.1.1.- CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Los primeros especímenes de guadua fueron recolectados en 1.783, por el español Don José Celestino Mutis (1.732-1.808) durante el desarrollo de la Real Expedición Botánica, y en 1.806, fueron analizados y estudiados por el taxónomo y naturalista francés Aimé Bonpland (1.773-1.858) con la ayuda del naturalista y explorador alemán Alejandro Von Humboldt (1.788-1.859).

En 1.822 el alemán Karl Sigismund (1.788-1.850), conocido como Kunth, después de adquirir experiencia en la taxonomía de la familia de las gramíneas, decidió que los bambúes de América debían ser agrupados como un género diferente y no dentro del género Bambusa, debido a que la distribución es distinta al igual que la conformación de la palea, que es una estructura floral (guadua con quillas aladas, bambusa no). Kunth clasificó la colección de plantas americanas reunidas por Humboldt y Bonpland y publicó en París la sinopsis entre 1.822 y 1.825.

La especie guadua pertenece a las angiospermas o plantas con flores, bastante complejas a pesar de ser muy familiares; pertenece a una de las familias más antiguas e importantes del reino vegetal "Las gramíneas"; se encuentra en todas las latitudes y se considera familia cosmopolita, posee unos 500 géneros y 8.000 especies.

El Código Internacional de Nomenclatura Botánica ha establecido para la Guadua 14 rangos taxonómicos, los cuales se relacionan así:

Clasificación taxonómica de la guadua angustifolia variedad bicolor

REINO	Vegetal
DIVISIÓN	Spermatofitas
SUBDIVISIÓN	Angiospermas
ORDEN	Glumiflorales

CLASE	Monocotiledóneas
FAMILIA	Poaceae
SUBFAMILIA	Bambusoideae
SUPERTRIBU	Bambusodae
TRIBU	Bambuseae
SUBTRIBU	Guadinae
GÉNERO	Guadua
ESPECIE	Angustifolia Kunth
VARIEDAD	Bicolor
FORMA	Castilla, Cebolla, Macana, Cotuda, Rayada
NOMBRE CIENTÍFICO	Guadua Angustifolia Kunth (Bambusa guadua H et B)

3.1.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA

Humboldt nombró "bambusa guadua" a todo el género. Más adelante, Kunth clasificó ocho especies de "guadua angustifolia", determinando su crecimiento hasta los 2000 m.s.n.m., en bosques pequeños a lo largo de los arroyos y también en prados o pendientes. Cada tallo crece de un sistema reticular de la raíz, conocido como los rizomas.

Las cimas de los rizomas se doblan desde la raíz hacia arriba, formando los tallos nuevos. Este recubrimiento del suelo, extendiéndose por hectáreas, ofrece una buena protección contra la erosión. Además trabaja como depósito de humedad, y puede ser utilizado como planta de tratamiento de aguas residuales para pequeños pueblos o haciendas.

Debido a la gran velocidad de crecimiento de la guadua, es recomendable para países en vías de desarrollo, la reforestación con esta gramínea, de las antiguas áreas de selva tropical; como así mismo tiene la capacidad de consumir grandes cantidades de CO₂.

Cada retoño que crece de la tierra, ya contiene todos los nudos, entrenudos y los diafragmas que se encuentran comprimidos en su primera fase de desarrollo. Los tallos de la guadua son huecos y tienen una sección transversal circular. Con el aumento de su altura adelgazan en diámetro y en el grosor de su pared.



En la guadua se observa un crecimiento a altas velocidades, de aproximadamente 13 centímetros por día. En los primeros seis o siete meses de vida, la Guadua Angustifolia alcanza su altura final de 20 a 30 metros y un diámetro de hasta 18 centímetros.

A partir del séptimo mes crecen las ramas tamizadas, que se encuentran en forma de espina en su parte inferior y en su parte superior mostrando las hojas. En su comienzo, el tallo se envuelve en una cáscara peluda para su protección, que se cae después de los dos años.

La fotosíntesis en el tallo y las hojas se reduce luego de 6 a 8 años de vida, debido a la obstrucción de sus vasos, un proceso importante para la utilidad como material de construcción. Después de los tres años de vida hasta los seis, ocurre la cosecha.

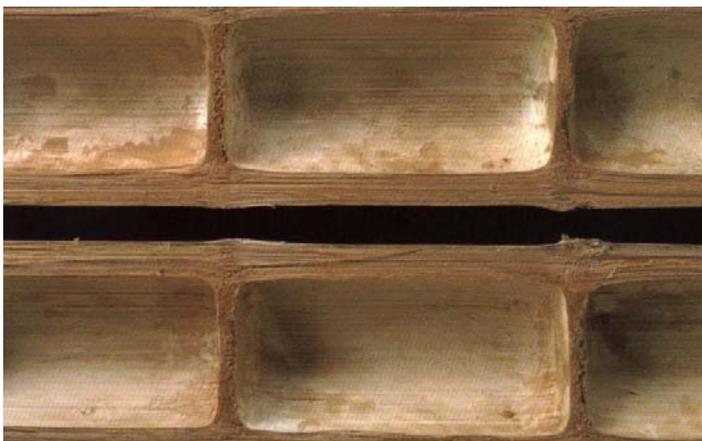
A medida que se aumenta la altitud se encuentran las Guaduas más duras, así mismo con los suelos secos. La razón del aumento de la dureza es debido a las temperaturas por debajo de la media y por esta razón tiene un crecimiento más lento. El tipo de suelo es indispensable para las características de la guadua.

La Guadua no crece en terrenos que posean un alto nivel freático, pero por ejemplo, en los bancos escarpados de los ríos, el complejo sistema de raíces y sus redes, pueden transportar por medio de ellas la humedad a los tallos secos localizados más arriba.

Fibras

El material de la Guadua esta formado por una sustancia que mantiene las fibras unidas. Las fibras crecen axialmente y se consolidan en el extremo superior del tallo, como también en sus bordes externos.

La masa de la Guadua está conformada por un 50% de celulosa y hasta 30% de lignina. Los tallos se afilan hacia arriba y el grueso de las paredes se adelgaza. [ref](#)



La alta resistencia longitudinal de las paredes de los entrenudos, se debe a que las fibras están dispuestas en dirección paralelas. En los nudos las fibras se cruzan en todas las direcciones.

Oscar Hidalgo descubrió bajo estadísticas que la circunferencia del vástago para una altura de 1.50 metros multiplicado por 52 corresponde con la altura total del tallo de la Guadua.

Características mecánicas

Las características mecánicas de la Guadua son afectadas por el clima, suelo, ubicación, edad, tiempo de cosecha, humedad, etc. También se presentan diferencias que se distribuyen sobre la longitud principal (cepa, basa y sobrebasa) y la sección transversal. La densidad de las fibras es muy variable en el espesor de la guadua. También depende de la forma de aplicación de las cargas, en forma paralela o perpendicular a la fibra.

Cada tallo de Guadua es diferente razón por la cual no se puede estandarizar su geometría (diámetro, espesor, longitud) y su comportamiento. Teniendo en cuenta que las características mecánicas de la Guadua dependen de las especies botánicas, su localización, la edad del tallo cosechada, su contenido de agua y naturalmente del diámetro y grueso de pared, la clasificación se recomienda con esos parámetros.

Comportamiento mecánico

La guadua tiene un valor alto de resistencia a la tracción paralelo a la fibra, menor resistencia a la compresión paralela a la fibra y a la flexión. Su módulo de elasticidad es relativamente bajo si se compara con el del acero, lo cual obliga en el diseño a controlar las deformaciones especialmente cuando se diseñan elementos largos a flexión.

Se pueden encontrar valores de resistencia y módulo de elasticidad de diferentes fuentes, entre otros, del libro “El regalo de los Dioses” de Oscar Hidalgo, se tienen los siguientes valores:

- Resistencia:

Tracción: Entre 26.000 y 50.000 psi – (1.800 a 3.500 kg/cm²)

Compresión: Entre 8.000 y 12.000 psi – (560 a 840 kg/cm²)

Flexión: Entre 11.000 y 40.000 psi – (770 a 2.800 kg/cm²)

- Módulo de elasticidad:

Tracción: Entre 2.000.000 y 4.500.000 psi – (140.000 a 310.000 kg/cm²)

Compresión: Entre 2.000.000 y 2.800.000 psi – (140.000 a 200.000 kg/cm²)

Flexión: Entre 1.500.000 y 3.100.000 psi – (105.000 a 220.000 kg/cm²)

Características físicas

La sección transversal de la Guadua se diferencia en una zona oscura exterior de aproximadamente 30% y una zona blanca porosa interior de 70% aproximado. Con el aumento de altura sobre el suelo, la porción de las fibras externas densas en relación con la sección transversal es más alta y por eso los tallos delgados se comportan mejor que los tallos gruesos en relación con la sección transversal. **cita**

La fuerza de compresión aumenta con la edad. Los resultados de una prueba **cita** determinaron que: los bambúes de 6 años tienen una resistencia de compresión 2,5 veces mayor que la resistencia de una guadua de un año.

Las secciones de un tallo con nudos tienen unas características mecánicas 8% más altas que los que no tienen nudo, al aplicarle cargas de compresión paralelo a las fibras. **cita**

Aplicando una presión perpendicular a las fibras los nudos absorben la fuerza hasta en un 45%, comparándolos con los que no tienen nudo. Los aspectos que influyen en la densidad de los vasos para aumentar la firmeza a la presión son la altitud de la zona y la edad de los tallos. **cita**

La firmeza a las acciones de la fuerza cortante es más alta con los tallos delgados que con los gruesos, debido a la proporción de fibras de alta resistencia por la sección transversal. Las secciones con nudos tienen una firmeza a las fuerzas cortante 50% más alta que las intersecciones. **cita**

'Atrops' examinó materiales de bambú, que generalmente se emplean en la construcción: diámetro del tubo 70-100 mm, grueso de la pared 6-12 mm con una luz de 3.60 m. Las deflexiones elásticas eran: mín. =1:25,9; máx. =1:16,1; promedio 1:20,1 de la luz. En donde no se puede evitar una deflexión en la construcción (o donde molesta), por ello, se podrían torcer los tallos ya cosechados (como las vigas pretensadas) que se enderezaran al aplicarle las cargas.

Rotura

La rotura de la madera convencional se diferencia de la rotura de la Guadua. Aquí no ocurre una ruptura espontánea por todo el tubo al rasgarse la fibra. Las grietas que se presentan se distribuyen inmediatamente en dirección de las fibras. Las grietas longitudinales no pueden extenderse a todo su largo, debido a los nudos y diafragmas.

Almacenamiento y secado



Cuando se corta guadua, los entrenudos huecos a veces están llenos de agua. Para el uso en la construcción, se tienen que secar los tallos lentamente y después se seleccionan según las curvas, diámetro, peso y prueba de sonido. La guadua posee 30 al 50% de la humedad relativa a los dos o tres meses después de la cosecha.

Después de aproximadamente seis meses de secado, la humedad relativa se reduce, hasta alcanzar un valor promedio de aproximadamente 15 %. Para evitar deformaciones después de la cosecha, estas se almacenan de manera horizontal,

protegiéndolas contra el sol, lluvia, humedad, etc. con un buen sistema de ventilación.



3.1.3.- PRESERVACIÓN DE LA GUADUA

Los tallos de la Guadua son particularmente susceptibles a hongos y hupes con una humedad mayor al 18%; para gusanos y termitas entre 12 y 18 % de la humedad relativa. Estas dañan la estructura de tal manera, que ciertas partes serán inutilizables y tendrán que ser cambiadas. [cita](#)

Para extender la vida de las estructuras hechas en Guadua, se debe prestar atención a la protección contra la humedad constructiva (por ejemplo goteras o humedad ascendente).

La protección química es recomendable para los elementos y estructuras de larga vida. Para la preservación interior hay que taladrar pequeños orificios en cada entrenudo para inyectarle el químico.

Si se hace una protección constructiva a la humedad, el tiempo de vida útil se aumenta en cualquier estructura. La protección constructiva de la guadua es una garantía inmensa. En Manizales, se encuentran construcciones con guadua de más de cien años todavía intactas.

Tiempo de cosecha

La cosecha de la Guadua se recomienda una semana después de la luna llena. En este tiempo no hay tanta agua en los vasos capilares, debido a la ausencia de atracción lunar.

Las ramas y hojas, luego de la cosecha, se dejan en el tallo para que absorban el agua libre de los capilares (el agua fija está en las células). Si la cosecha ocurre antes de la salida del sol, el almidón todavía se encuentra en las raíces.

Los Indígenas y campesinos de Páez en Tierradentro Colombia, cosechan después del mediodía, puesto que el almidón se encuentra en las hojas y hay menos agua en el tallo. Por la mañana, debido a la fotosíntesis, se encuentra más agua en el tallo. Cuando más almidón exista en el vástago, más nutritivo es para los insectos. Si el tallo es cosechado por la mañana, después de poco tiempo, éste presentara el ataque de los insectos. **cita**

Métodos para la preservación

Las estructuras en guadua presentan problemas de preservación por ser susceptibles al ataque de insectos, a la humedad y al sol. Para prevenir estos problemas haya varios métodos de preservación

Método de ahumado:



Ahumando la Guadua sobre fuego, puede llegar a ser incomedible para los insectos; para ello se utilizan sus propias ramas y hojas. Con 50 a 60 grados de temperatura ambiental y humedad variable, se ahuman los vástagos.

Se intercambia entre un fuego lento y calor de la brasa, para que se de la filtración del alquitrán en la madera de forma gaseosa. Hay que perforar las paredes del tallo, sin dejar los huecos alineados para evitar rasgaduras. La desventaja de ese tratamiento es, que los tallos huelen a humo.

Inmersión en agua:



Sumergir Guadua es una técnica usada con frecuencia, se sumergen los tallos en agua circulante de 4 a 12 semanas, fermentando y extrayendo los almidones y azucares de la guadua.

Cocinado:

Al cocinar entre 15 a 60 minutos los tallos de Guadua, se extraen los alimentos preferidos de los insectos.

Calentado:

Calentando el tallo a 150° C por poco tiempo, la estructura de la pared tiende a cambiar, recibiendo resistencia contra los insectos. La desventaja es, que se pueden rasgar.

Inmersión en bórax:

El bórax no es un veneno contra los insectos. Su efecto es de tipo físico, los cristales en forma de estrellas destruyen el estómago del insecto. En este tratamiento se abren los diafragmas con una barra por donde circula el borax.



Para inmunizar los tallos ya preparados hay varias posibilidades. Con frecuencia se usa piscina para sumergir los tallos. Es importante que se encuentren sumergidos en su totalidad y para ello se utiliza la ayuda de peso adicional.

En Indonesia se llenan los tallos y se disponen de manera vertical, usando el diafragma inferior como drenaje del líquido. Este es un método muy eficiente, si se toma en cuenta que con la evaporación en la piscina no se puede conocer la concentración exacta de bórax.

En Costa Rica (González / Janssen) han desarrollado un procedimiento industrial con el cual la inyección del inmunizante es a altas presiones ('Buchery-Modificado').

Jorge Stamm recomienda para construcciones sobre los 1000 msnm, en donde no hay termitas, una mezcla de bórax de 4-5 % y una duración de 4-5 días. Si llegara a presentarse la posibilidad de las termitas, habrá que aumentarlo a 10% (Walter Liese, instituto de investigación federal para el bosque y economía de la madera).

La guadua absorbe el bórax por osmosis a las células. Después de aguar los tallos, son de dos a tres veces mas pesados que antes y para usarlos en la construcción es necesario volver a secarlos.

Inmersión en ácido bórico

Para tratar el bambú por inmersión, los tallos deben ser perforados con una varilla de diámetro mayor de ½” para que atravesase todos los nudos. También existe la posibilidad de perforar los canutos individualmente con huecos menores de ¼”, en forma alternada o de zig – zag para vaciara bien el canuto. Se colocan horizontalmente o verticalmente dentro de un tanque con preservativo compuesto por bórax y ácido bórico al 4 o 5%, por un tiempo no menor de 12 horas. Si no se dispone de tanques, en su lugar puede hacerse una excavación y recubrirse con un plástico. Una vez retiradas del tanque es necesario dejarlas secar muy bien bajo cubierta ventilada y aireada.

Método de inyección

Se prepara una solución de bórax y ácido bórico al 4 o 5%, y se perfora cada canuto para aplicar una dosis de 5 a 20 cm³ por canuto. Este orificio debe ser en forma de zig – zag y la inyección se puede hacer con una jeringa, con compresor o con fumigadora agrícola.

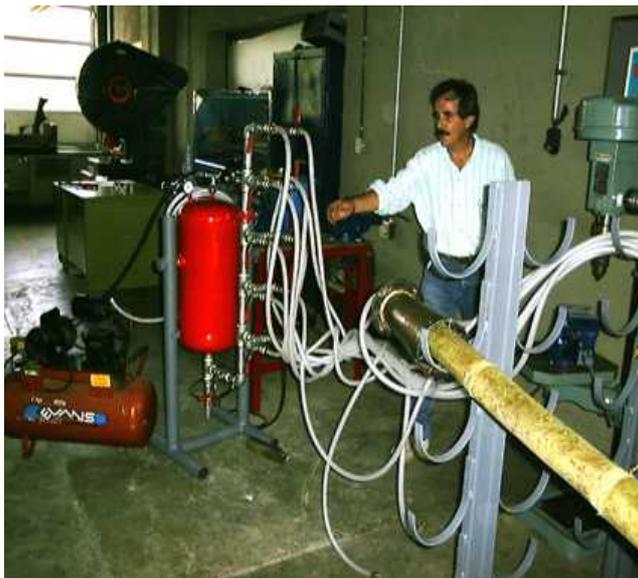
Método Boucherie simple (por gravedad)

Se puede aplicar de dos formas: Colocando verticalmente la guadua y llenando su entrenudo superior con preservativo, dejándolo en esta posición algunas horas hasta que este haya bajado a lo largo de su parte superior, al cual se le coloca en

su parte inferior un tuco metálico con una llave, conectando al extremo del bambú por medio de una sección de un neumático de carro. En este caso debe tenerse cuidado de colocar el tanque en un nivel más alto que la guadua.

Método de inmunización de Boucherie modificado

Consiste en aplicar una solución química a presión a los tallos recién cortados para reemplazar la savia de éstos, quedando impregnados y protegidos contra los insectos. Este sistema también sirve para proteger contra el fuego si se utilizan las sustancias químicas adecuadas. Este método es uno de los más utilizados en la inmunización de guaduas.



Protección con resinas y aceites

Para proteger las guaduas contra el sol es común aplicarles pinturas de colores o barnices transparentes; contra la humedad se recomiendan las pinturas de aceite, si son guaduas que vana permanecer expuestas a la intemperie o enterradas es recomendable hacerles un recubrimiento con asfalto líquido.

Pintura:

Leche de cal, blanqueo, excremento de vaca, creosola, aceite de Rangún, son algunos de los materiales utilizados para el recubrimiento. Joerg Stamm utiliza una crema de parafina con alquitrán y cera. La receta es muy antigua y es originaria del Líbano. Los tallos de bambú consiguen una tonalidad oscura muy atractiva. Este tratamiento debe ser repetido, dependiendo del promedio de sol y lluvia que predominen en el sitio.

Insecticidas:

Impregnaciones contra insectos, este método es inecológico y antisanitario, como son el keroseno, DDT, BHC, PCP, gasóleo con DDT, barniz, naftalina, formalina, fosfatos, etc., son muy utilizadas desafortunadamente, en especial con la artesanía y fabricación de muebles.

3.1.4.- HERRAMIENTAS Y PREPARACIÓN

La Guadua se puede trabajar con las herramientas más simples como por ejemplo el machete, la sierra y el hacha. El desgaste es mucho mayor que el de la madera debido a la dureza de las paredes externas.

Normalmente la guadua se puede comparar con el roble o el arce debido a su peso específico (790 kg /m²) y a su dureza (dureza de BRINELL 4,0), por eso se necesitan herramientas agudas y afiladas para la ejecución de uniones de alta calidad.

Cortado y tallado:

En caso de tener una guadua verde, esta se puede cortar con el machete; cuando se encuentra seca, es recomendable usar una sierra. Ornamentos y muescas se graban o tallan con el cuchillo.



Aserrado:

Debido a la dureza del material, las sierras más convenientes son las de tungsteno, el acero de carbono se puede utilizar, pero su desgaste es más alto. Al aserrar los tallos en ángulo recto al eje, la dirección del corte debe de ser considerado, ya que la superficie se puede rasgar

Rajado:

Por el ajuste axial de la fibra en el tallo, esta se deja rajar rápidamente con una cuña. En Asia se parte el tallo con un anillo de cuchillos en 8 -12 latas de 1-3 cm para la producción de láminas.

Ruptura:

Romper la Guadua, hace dificultosa su utilización en construcción debido a que la fractura ocasiona la deshilación. Las fibras quebradas de borde son, debido a la capa de silicio, agudas y conducen a lesiones muy fácilmente. Se rompe canas de guadua para usar las esteras por muros.

Taladrado:

Se utilizan taladros para piedra o metal. Para atornillar y empernar, se recomienda abrir el diámetro del hueco unos 0,5 milímetros más grande.

Deformación en frío:

La Guadua se deja doblar muy bien por su alta elasticidad. Con grandes diámetros y paredes gruesas el bastón de la Guadua se debe preformar directamente después de la cosecha, mientras se seca. Si se deja crecer el vástago del bambú en una caja, entonces recibe una deformación creando una sección rectangular. Los tallos de la Guadua que han crecido convexos, se separan después de la cosecha y se utilizan directamente para unidades curvas en la construcción.

Deformación térmica:

Si se calienta un objeto de Guadua con una hornilla hasta 150° C, esta se torna más elástica (termoplástico) y guarda su nueva forma cuando se enfría.

3.1.5 - USO DE LA GUADUA

Rebrote: se puede usar como alimento humano y también se puede aprovechar este tiempo para formaletearla e inducirle formas distintas en su sección.

Guadua Joven ó viche: Debido a la baja dureza que tiene el tallo, su uso se limita a la elaboración de canastas, paneles tejidos y esterilla.

Guadua madura ó sazonada: Uso en la construcción, fabricación de baldosas laminadas y tablillas para entepiso laminado.

Cepa: son los cuatro metros inferiores del tallo. Se utiliza para columnas, cercos y entibados para estabilizar taludes. La menor distancia entre nudos de esta sección del tallo aumenta la resistencia a flexión.

Basa: Es el tramo del tallo entre los cuatro y ocho metros. Se usa para fabricación de esterilla que tiene múltiples usos en construcción como en casetones, paredes y formaleta. Si el tallo es de suficiente diámetro se utiliza para columnas. Es el tramo más comercia lde la guadua.

Sobrebasa: Es el tramo del tallo entre los 8 y 12 metros. Es muy utilizado en formaletas como puntal de apoyo para tablonos en vaciados de losa, vigas y columnas.

Varillón: es el tramo del tallo por encima de 16 metros. Se deja en el gradual como aporte de materia orgánica al suelo.

4.- ANTECEDENTES

En Colombia se han desarrollado varias investigaciones en torno a la determinación de las características mecánicas de la guadua. A continuación se presentan los resultados obtenidos en algunos de estos estudios para la resistencia al corte paralelo a la fibra.

4.1.- RESEÑA DE INVESTIGACIONES ANTERIORES

Resistencia última al corte paralelo a la fibra de la guadua angustifolia.

Año	Título, autores, descripción	Número de probetas	Resistencia al corte (kg/cm ²)
1978	Concreto reforzado con cables de bambú Oscar Hidalgo CIBAM Universidad Nacional de Colombia Guadua angustifolia Castilla Edad: entre 1 y 6 años Probetas en forma de escalera Dimensiones recomendadas por Motoi Otta Studies on the properties of bamboo ítem # 12	27	Mínimo: 45 Máximo: 144 Promedio: 93
1984	Vivienda típica prefabricada en concreto reforzado con bambú JAIMES, Miguel y TORRES CHACÓN, Gilberto Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería	-	57,8
1992	Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua (Guadua angustifolia Kunth) GONZÁLES, Eugenia y DÍAZ, Jhon Fernando	-	Mínimo: 21 Máximo: 69

	<p>Universidad nacional de Colombia, Sede Medellín</p> <p>Guadua angustifolia castilla y macana de los guaduales de los departamentos de Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Antioquia.</p>		
-	<p>Ensayos convenio AIS – FOREC</p> <p>Laboratorio de recursos forestales de la Universidad Nacional, Sede Medellín</p>	30	<p>Mínimo: 43,1</p> <p>Máximo:113,3</p> <p>Promedio:68,7</p>
1999	<p>Guadua angustifolia Kunth (ahumado) Zona cafetera Pereira Colombia</p> <p>Instituto FMPH Dr. Aicher Stuttgart/Alemania</p> <p>Cortante</p>		<p>43</p> <p>Esfuerzo admisible:11</p>
2000	<p>Comportamiento sismo – resistente de estructuras en bahareque</p> <p>SILVIA V, Mario Felipe y LÓPEZ M, Luis Felipe</p> <p>Universidad Nacional de Colombia, Manizales</p> <p>La metodología se desarrollo de acuerdo a:</p> <p>Inbar. Estándar For Determination Of Physical And Mechanical Properties Of Bamboo</p>		<p>Mínimo: 43</p> <p>Máximo: 69</p>
2000	<p>Evaluación de uniones a tracción en guadua</p> <p>CLAVIJO, S y TRUJILLO, D</p> <p>Universidad Nacional de Colombia, Manizales</p> <p>La metodología se desarrollo colocando un tornillo en latas de guadua a una distancia del extremo. Posteriormente, se aplicó una fuerza en sentido paralelo a las fibras longitudinales</p>		<p>Promedio: 42</p>
2002	<p>Comportamiento de la guadua angustifolia</p>		<p>Promedio: 47</p>

	sometida a flexión SANCHEZ, Jorge y PRIETO, Edwin Universidad Nacional de Colombia		
2004	Procedimientos de ensayo para la determinación de las propiedades físico mecánicas de la guadua CASTRILLON Brigitte y MALAVER Diego Guaduas provenientes de la zona cafetera Guadua angustifolia, macana Probetas sin nudo y con nudo Altura = 2*D	14	Mínimo: 57,7 Máximo:92,9 Promedio:81

CORTE PARALELO A LA FIBRA LOPEZ - TRUJILLO

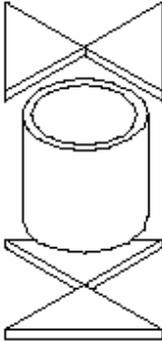
Dentro del convenio AIS – FOREC, se realizaron en el laboratorio de recursos forestales de la Universidad Nacional, sede Medellín, ensayos de tracción, flexión, compresión paralela a la fibra y corte paralelo a la fibra, siguiendo la propuesta de normas internacionales para ensayos de bambú “INBAR STANDARD FOR DETERMINATION AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO”.

El estudio presenta las siguientes consideraciones y resultados:

El esfuerzo cortante medio τ_m , se define como: $\tau_m = V/A$

Cuando el esfuerzo cortante es generado por acción de fuerzas directas que tratan de cortar el material, se trata de cortante directo o simple; el esfuerzo cortante se presenta también de manera indirecta en miembros que trabajan a tracción, torsión y flexión. La distribución de esfuerzos cortantes sobre una sección, se sabe que es mayor en el centro y se hace nula en los extremos.

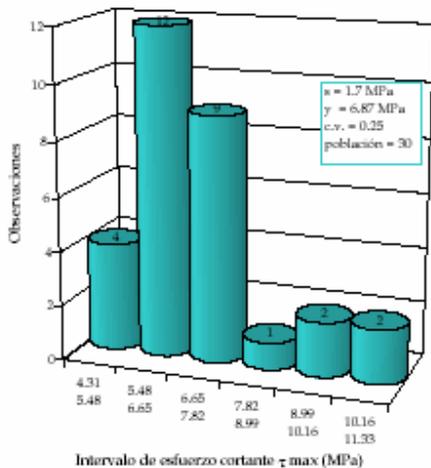
Pruebas de laboratorio.



Las pruebas de laboratorio que se detallan a continuación, se realizaron con el objeto de determinar la resistencia máxima de la guadua al esfuerzo cortante y con base en la propuesta de normativa para ensayos de bambúes, INBAR STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO.

Figura 1. Ensayo de corte

En la gráfica 1, se muestra la distribución de las resistencias al corte de las 30 probetas. El comportamiento es dominado por dos intervalos donde se concentran el 70% del total de las muestras. La media es 6.87 MPa y se localiza en el segundo intervalo más importante. La desviación estándar fue de 1.7 MPa que resulta pequeña comparada con los ensayos de tracción, compresión y flexión, lo que muestra una homogeneidad en la resistencia al corte de la guadua. El coeficiente de variación resultó 0.25 que por tratarse de un material natural es aceptable.



Gráfica 1. Histograma de resistencias máximas al corte

Observaciones

Intervalo de esfuerzo cortante t max (MPa)

$s = 1.7$ MPa

$y = 6.87$ MPa

c.v. = 0.25

Población = 30

Valor de diseño por esfuerzos admisibles a esfuerzo cortante.

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

$$\text{Limite de exclusión} = 0.05 \cdot 30 = 1.5 = 1$$

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

$$\tau_u = 4.31 \text{ MPa}$$

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad. En el caso del esfuerzo cortante se utiliza:

FS = 4 * (Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad).

* incluye factor por concentración de esfuerzos = 2 = 1 / fs

$$\tau_{adm} = \tau_u \times fs =$$

$$\tau_{adm} = 0.25 \times 4.31 = 1.1 \text{ MPa}$$

En los resultados obtenidos por Prieto y Sánchez el esfuerzo admisible a cortante fue de 1.2 MPa, lo que es llamativo dado que este resultado fue determinado de forma indirecta en los ensayos de flexión. Para el diseño de elementos estructurales de guadua; se pueden utilizar los valores de esfuerzo admisible que se muestran en el cuadro 1 junto a sus respectivos esfuerzos máximos promedio obtenidos de los ensayos.

Cuadro 1. Esfuerzos máximos promedio y admisibles para guadua

Ensayo	ϕ	σ_{medio} (Mpa)	σ_{adm} (Mpa)
Tracción	0,75	53,5	26,4
Compresión	0,5	43,9	14,0
Flexión	0,48		15,0
Corte	0,25	6,9	1,1

4.2.- NORMAS VIGENTES EXISTENTES EN COLOMBIA

La gran mayoría de la población colombiana construye sus viviendas en zonas de riesgo sísmico alto e intermedio. Desafortunadamente han ocurrido terremotos que han devastado ciudades enteras, ocasionando la muerte de muchas personas y generando grandes pérdidas materiales.

El sismo que azotó el 31 de marzo de 1983 a Popayán en el departamento del Cauca, puso de manifiesto graves defectos estructurales en las construcciones nacionales. A partir de este hecho se promovió la formulación y expedición de normas sobre construcciones antisísmicas, dando como resultado la ley 400 de 1984 (CODIGO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SISMORESISTENTES), fruto de 10 años de labores de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. La norma se enfocó principalmente en las edificaciones compuestas por concreto, acero y ladrillo y no en materiales tradicionales como la madera, el bahareque y la guadua.

En la década de los 90 con la participación de asociaciones gremiales y profesionales de la construcción se logró la actualización de las normas de diseño y construcción sismorresistente dando como resultado la Norma Sismorresistente de 1998 (NSR – 98 Ley 400/97 Decreto 33/98 y Decreto 34/99), ampliándose las normas desde el título G hasta el K, donde fue incluido el tema de las maderas, este último tema, basado en el MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO de la junta del acuerdo de Cartagena.

Las normas de la AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) que describen los procedimientos de ensayos para materiales de construcción, también fueron traducidas y adaptadas, formando parte de las normas ICONTEC en la actualidad.

En el terremoto ocurrido en el eje cafetero el 25 de enero de 1999, las construcciones realizadas en bahareque encementada de madera y guadua, y las construcciones en guadua soportaron la onda de energía sísmica con buen desempeño. Posterior a este acontecimiento se intensificaron las investigaciones sobre guadua en todo el país.

En el año 2001 la investigación "*Comportamiento de elementos y ensambles contruidos con bahareque de madera y guadua*" sirvió como base para la redacción del MANUAL DE CONSTRUCCIÓN SISMORESISTENTE DE VIVIENDAS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO (AIS), el cual fue incluido en el capitulo E7 de la NSR-98 (decreto 52 de 2002). El manual se presentó en Ravello (Italia) y fue recibido con mucho interés por considerarlo una revolución, técnicamente rigurosa, de una cultura sísmica local.

4.3.- CENTROS DE INVESTIGACION

Existen centros nacionales e internacionales de reconocida importancia que trabajan sobre el tema bambú- guadua. En Colombia existen las siguientes entidades ínter – administrativas que manejan el tema:

1. Ministerio del medio ambiente
2. Corporación autónoma regional de Caldas (CORPOCALDAS)
3. Corporación autónoma regional del Quindío (CRQ)
4. Corporación autónoma regional de Risaralda (CARDER)
5. Corporación autónoma regional del Tolima (CORTOLIMA)
6. Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC)
7. Corporaciones autónomas regionales de la frontera nororiental (CORPONOR)

Estas instituciones han realizado acercamientos para unificar criterios técnicos para el manejo silvicultural de la guadua publicando así, la NORMA UNIFICADA EN GUADUA (Manejo, aprovechamiento y establecimiento de Guadua) 2002; además la Corporación Autónoma del Quindío (CRQ), cuenta con el centro nacional para el estudio del Bambú-Guadua.

Las siguientes Universidades i organizaciones han investigado sobre la guadua:

1. Universidad Nacional de Colombia
2. Universidad Industrial de Santander UIS
3. Pontificia Universidad Javeriana
4. Universidad Distrital Francisco José de Caldas
5. Universidad del Quindío
6. Universidad de los Andes
7. Centro de investigaciones del bambú CIBAM
8. FOREC (Fondo para la reconstrucción de la zona cafetera)
9. AIS (Asociación de Ingeniería sísmica)
10. SENA
11. Comité colombiano para la normalización del bambú – guadua CCNG
12. Sociedad Colombiana del Bambú

Internacionalmente se encuentra la Red Internacional del Bambú (The international network on bamboo and rattan, INBAR), entidad que publicó las normas INBAR. ESTÁNDAR FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO.

5.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

5.1.- MATERIAL UTILIZADO

Para la realización de esta investigación, se tuvo en cuenta que, la guadua Angustifolia variedades Angustifolia y Bicolor, son las más utilizadas en la zona Andina en las construcciones que se han llevado a cabo con este material, ya que presenta características y propiedades mas adecuadas desde el punto de vista estructural. Por lo cual se buscó que la edad de la guadua extraída estuviera entre los tres y seis años de edad, que es cuando la guadua presenta su mayor resistencia.

La guadua empleada, es originaria de Armenia (Quindio), Tierradentro (Cauca) y Sylvania (Cundinamarca), ya que la guadua de estas zonas del país presentan una mejor calidad por sus condiciones climatológicas y por su suelo, además los cultivos son abundantes en estas zonas.

La guadua de Armenia fue comprada en un depósito que funciona al sur de Bogotá en el municipio de Soacha. La Guadua se cultivó y cosecho a una altura de 1483 m.s.n.m con una temperatura media de 20 °C.

La guadua de Tierradentro fue sembrada y cosechada en el corregimiento de pedregal, perteneciente al municipio de Inzá Cauca, en la finca del Instituto Técnico Agrícola "Luis Nelson Cuellar". Colaboraron en el corte y preparación de la guadua los estudiantes del grado noveno bajo la orientación del profesor Alvaro Pantoja. La guadua se cultivó a 1750 m.s.n.m. en un terreno cenagoso arcilloso de poca humedad relativa. La Guadua es del tipo Angustifolia variedad pintada o

bicolor. El corte se llevo acabo en la tarde del 10 de julio de 2004 en luna menguante.

La Guadua proveniente de Silvania se compro en un depósito localizado en la cabecera municipal de este municipio. Se cultivó y cosechó a una altura sobre el nivel del mar de 1500 m, con una temperatura media 20 °C.

El corte de la guadua se efectuó según las tradiciones y recomendaciones de los campesinos oriundos de las regiones de origen, y se llevo a cabo por parte de los empleados de los depósitos, según los cuales se realizó el corte de los tallos sobre el segundo o tercer nudo, es decir a una altura aproximada de 1 metro por encima del suelo. Una vez cortados los tallos se aplica el procedimiento de secado por un tiempo entre cuatro a ocho semanas, para luego ser transportados. Los tallos embarcados fueron cortados en tramos de 3 metros para facilitar el transporte hasta Bogotá. Posteriormente fueron transportados y almacenados en el patio del Instituto de Ensayos e Investigaciones (IEI) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, protegiéndolas de la intemperie.

5.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS PROBETAS

En total se cortaron 368 probetas, para cada fuente se cortaron mínimo ciento veinte probetas de ensayo, con una longitud aproximada de dos veces su diámetro.

Las guaduas de la primera fuente (Armenia) se numeraron desde 1' hasta 10', cada una de ellas de una longitud de 6m. Debido a grietas y daños en los tallos se desecharon las guaduas 1',2',3' y 6', ya que la cantidad de posibles probetas utilizables no se consideró representativa. Las probetas de cada palo recibieron una nomenclatura de menor a mayor diámetro de acuerdo al abecedario. Por

ejemplo: 4'A (Sobrebasa-menor diámetro) hasta 4'Z. (Cepa-mayor diámetro), en total se obtuvieron 127 probetas útiles para ensayar, de las cuales 25 son cepas, 72 basas y 30 sobrebasas. En cada tallo el primer metro se tomó como cepa, los siguientes cuatro metros como basa y el último metro como sobrebasa.

Para la fuente Tierradentro las guaduas se numeraron desde T1' hasta T9', cada una de ellas de una longitud de 5m. Debido a grietas y daños en los tallos se desecharon las guaduas T1' y T8', ya que la cantidad de posibles probetas utilizables no se consideró representativa del tallo. Las probetas recibieron una nomenclatura de acuerdo al número del palo y de mayor a menor diámetro de acuerdo al abecedario. Por ejemplo: T2'A (Cepa-mayor diámetro) hasta T2'P (Sobrebasa-menor diámetro), en total se obtuvieron 120 probetas útiles para ensayar, de las cuales 24 son cepas, 68 basas y 28 sobrebasas. En cada tallo el primer metro se tomó como cepa, los siguientes tres metros como basa y el último metro como sobrebasa.

En la fuente Sylvania las guaduas se numeraron desde G1 hasta G12, cada una de ellas de una longitud de 2.5m. En este caso no se presentaron grietas y daños considerables en los tallos como para desechar alguna de las guaduas. Las probetas recibieron una nomenclatura de acuerdo al número del palo, teniendo en cuenta que un tallo estaba compuesto por 2 guaduas de 2.5m (por facilidad de transporte), los 6 pares de tallos se numeraron de mayor a menor diámetro de acuerdo al abecedario. Por ejemplo: G1A (Cepa-mayor diámetro) hasta G8G (Sobrebasa-menor diámetro), en total se obtuvieron 121 probetas útiles para ensayar, de las cuales 22 son cepas, 75 basas y 24 sobrebasas. En cada tallo el primer metro se tomó como cepa, los siguientes tres metros como basa y el último metro como sobrebasa.

En el corte de todas las probetas se trató de lograr un perfecto paralelismo entre las dos bases de la probeta teniéndose cuidado de que fueran perpendiculares a su eje longitudinal.

Para todas las probetas se tomaron los siguientes datos:

Altura: Se tomaron las medidas con un flexómetro, el cual arroja un margen de error de 0.1 cm. Se realizaron tres medidas cada 120°.

Diámetro Externo: Se tomaron tres medidas a 120° una con respecto a la otra y en ambos extremos de la probeta. Se utilizó un calibrador “pie de rey” marca Stainless que da una aproximación en la lectura de 0.01 cm.

Espesor de la Pared: Este dato se obtuvo midiendo en ambas bases con un calibrador “pie de rey” marca Stainless. Se tomaron 3 medidas en ambos extremos de la probeta.

5.3.- MÁQUINAS Y EQUIPOS UTILIZADOS

La epidermis de la guadua, se caracteriza por su dureza debido a la gran cantidad de sílice que contiene; además, está cubierta por una capa cerosa que la impermeabiliza, así que para realizar los cortes se requiere de una herramienta de filo fino y apropiado.



Para realizar los cortes de todas las probetas se utilizó una Acolilladora marca PRO-TECH, con la cual se realizaron los diferentes cortes en la guadua.

Para poder realizar los ensayos, fue necesario disponer de una máquina del Laboratorio del Instituto de Ensayos e Investigación de la Universidad Nacional. Sus principales características son:

- **Máquina de ensayos marca SERVINTEGRAL LTDA**

Capacidad máxima de carga de 200 Toneladas.

- **Horno**

Horno controlado termostáticamente, con corriente de aire para evitar la calcinación de las muestras. El horno mantiene uniforme la temperatura en la cámara de secado.

5.4.- DETERMINACIÓN DE MODELOS DE ENSAYOS

5.4.1.- ENSAYO DE HUMEDAD

La humedad se ha entendido como la relación entre la masa de agua y la masa de sólidos presentes en un material. El contenido de humedad es una propiedad física muy importante porque las propiedades mecánicas de la guadua dependen de esta propiedad.

El ensayo para determinar el contenido de humedad de la guadua, se realizó una vez se terminaban los ensayos con las diferentes probetas, de las cuales se extrajo una muestra. La muestra correspondiente fue pesada para obtener el peso húmedo, empleando una balanza con una incertidumbre de ± 0.01 gramos, posteriormente fue llevada al horno y sometida a una temperatura de 110° C por un tiempo de 24 horas, con lo cual se lograba que el peso de la muestra fuera constante, lo que se denomina peso seco.

El procedimiento se siguió según las recomendaciones del “Laboratory Manual On Testing Methods For Determination of Physical And Mechanical Properties Of Bamboo” realizadas por el INBAR.

Las normas INBAR para la realización del ensayo de contenido de humedad no es clara respecto a la humedad relativa (media) del ambiente en el cual se deben preservar y ensayar los especímenes. Los materiales deben mantenerse en lugares libres de humedad y protegidos de la luz solar directa.

La humedad relativa (media) y la temperatura del ambiente no es una constante ni universal ni local, que está en función de la presión atmosférica, el brillo solar, la evaporación y otras variables climáticas que influyen en los resultados de humedad haciendo necesario crear ambientes controlados para estandarizar este ensayo

5.4.2.- ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA

Para el desarrollo de este ensayo se siguió el procedimiento diseñado por la norma INBAR “Determination of physical and mechanical properties of bamboo”.

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

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

6.- PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS APLICADOS

6.1.- CONTENIDO DE HUMEDAD NORMA INBAR

Objeto

Este método cubre la determinación en el laboratorio del contenido de humedad en probetas de guadua

El contenido de humedad del material se define como la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de agua libre y la masa de las partículas sólidas de material.

Resumen del método

Conocer el peso del material cuando está húmedo (espécimen reprueba) y el peso de la muestra seca al horno durante 24 horas a 110°C aproximadamente. El contenido de humedad corresponde a un porcentaje del peso seco al horno.

Uso y significado

El contenido de humedad es una de las propiedades índices más significativas, que se emplea para establecer una correlación entre el comportamiento de la guadua y sus propiedades mecánicas.

Equipo

Horno, controlado termostáticamente, preferiblemente del tipo de corriente de aire y que mantenga una temperatura uniforme en toda la cámara de secado.

Balanzas, con una división de escala de $\pm 0,2$ g para muestras que tengan un peso de 500 g o menos.

Muestras

Mantener las muestras en un lugar resguardado de la luz solar y del agua

La determinación del contenido de humedad, deberá hacerse, tan pronto como sea posible, después de hacerse los ensayos, si es el caso.

Espécimen de ensayo

Se toman las probetas ensayadas (cuando su longitud sea menor de 0,3m) ó un segmento del culmo (cuando sea posible se cortarán cilindros de longitud igual a 7 cm.) que contenga parte del nudo y parte de las paredes del material.

Procedimiento

Después que el material se haya secado a peso constante (24 horas a 110°C), retirar la probeta del horno, permitir que el material disipe la energía calórica hasta que pueda ser manipulada sin riesgo, evitando que absorba humedad del ambiente y pésese el material.

Determinese el peso de la muestra seca al horno, usando la misma balanza que usó para determinar el peso húmedo.

Cálculos

Calcúlese el contenido de agua de la muestra así:

$$CH = ((p1-p2)/(p2)) \times 100$$

Donde:

CH = Contenido de agua %

P1= peso del espécimen húmedo, g

P2= peso del espécimen seco, g

Informe

El informe debe incluir lo siguiente:

- Identificación de la muestra
- El contenido de humedad del espécimen, aproximado al 0,1% ó 1%
- Indicación del método de secado si es diferente al de 24 horas en el horno a 110°C

6.2.- ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA NORMA INBAR

Objetivo

Este ensayo permite determinar la resistencia al corte de especímenes de guadua

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros a una velocidad de carga prescrita hasta que presente la falla. La resistencia al corte del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo entre el área de la sección longitudinal del material.

Uso y significado

Los resultados de este ensayo pueden usarse como dato de resistencia última al corte de guadua para el diseño de estructuras.

Aparatos

Un calibrador con nonio capaz de medir las dimensiones físicas de la probeta con aproximación de 0,1 mm.

Máquina de Ensayo. La máquina de ensayo deberá tener una capacidad de carga de 20 toneladas y debe reunir las condiciones de velocidad.

Velocidad de carga. Aplíquese la carga continuamente sin golpes bruscos. Para las máquinas de ensayo del tipo tornillo, la cabeza móvil debe avanzar a una velocidad de 1,3 mm/min (0,05 pulg/min) cuando la máquina esta operando sin transmitir carga. Para las máquinas hidráulicamente operadas la carga debe aplicarse a una velocidad correspondiente a una tasa de aplicación de carga comprendida en el rango de 0,14 a 0,34 MPa/S (20 a 50 Psi/s). La velocidad escogida se debe mantener al menos durante la segunda mitad del ciclo de ensayo, para la fase de carga prevista.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga prevista, se permite una velocidad de carga mayor.

Aplíquese la carga hasta que la muestra falle y regístrese la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo. Anótese el tipo de falla y la apariencia de la misma.

La máquina debe operar mecánicamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques.

División de escala. – la división de escala de la máquina de ensayo, determinada con un elemento de calibración elástico, debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. El porcentaje de error de las cargas dentro del rango propuesto para la máquina, no excederá del $\pm 1.0\%$ de la carga indicada.
2. los planos de las caras extremas serán llanos y paralelos. No deben diferir los planos horizontales en más de 3°

La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas, uno de los cuales es un bloque con rótula el cual descansa sobre la superficie superior del dispositivo de ensayo para obtener una distribución

de carga, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará la otra parte del dispositivo de ensayo.

El bloque inferior de carga debe cumplir los siguientes requisitos:

Las superficies superiores e inferiores deben ser paralelas (tolerancia de 3°) una a la otra. El bloque debe poder asegurarse a la platina de la máquina de ensayo.

El bloque de carga inferior debe tener al menos 25 mm (1") de espesor cuando sea nuevo.

El dispositivo de ensayo debe cumplir los siguientes requisitos:

El centro del dispositivo debe coincidir con el de la superficie de la cara de carga dentro de una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la rótula

El dispositivo de ensayo debe ser diseñado de tal forma que el acero en el área de contacto no sufra deformaciones permanentes debido al uso.

Las superficies de la rótula deben mantenerse limpias y lubricadas con aceite de mineral, convencional. Después de entrar en contacto con el dispositivo y de aplicar una pequeña carga inicial, debe evitarse cualquier movimiento adicional del bloque con rótula.

Indicador de carga. La escala graduada del dial debe ser tal, que permita leer con una división de escala del 1% de la carga total de la escala. La escala debe tener una línea y un número que indique el cero (0). El puntero debe tener una longitud tal, que alcance las marcas indicadoras. El espesor del extremo del puntero no debe exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial debe estar equipado con un dispositivo de ajuste al cero, accesible desde afuera, y con un indicador apropiado para que en todo momento y hasta cuando sea

reiniciado, indique con una exactitud del 1%, la carga máxima aplicada al espécimen.

Si la máquina de ensayos indica la carga en forma digital, el número debe ser suficientemente grande para que sea legible, con un incremento numérico igual o menor al 0,05% de la carga total de la escala y dentro del 1,0% de la carga indicada en cualquier nivel dentro del rango de valores de carga dados.

Muestras

Preparación de especímenes de la prueba. Se tomarán los especímenes de la parte inferior, parte media y parte superior de cada culmo.

Estos especímenes se marcarán con las letras C, B y S respectivamente y no deben tener defectos, como grietas por secado, perforaciones por ataque biológico, hongos.

La prueba de corte paralelo a la fibra se hará con cilindros sin y con nudo en su altura media, y se tomará especímenes de longitud igual a 2 veces el diámetro exterior promedio.

Las probetas se deben limpiar de líquenes, musgos y sólidos adheridos al material, sin disminuir la capa exterior de la guadua.

Los planos de las caras extremas serán llanos y paralelos.

Se deben eliminar las probetas que desarrollen grietas en el proceso de corte.

Debe prevenirse la pérdida de humedad antes de realizar el ensayo.

El diámetro usado para calcular el área de la sección transversal de la muestra debe determinarse con una división de escala de 0,1 mm promediando tres diámetros medidos en ángulo de 120°.

La longitud debe medirse con una aproximación de 0,1 mm.

Procedimiento

Colocación de dispositivos de ensayo. Antes de colocar la muestra en la máquina se debe colocar la parte inferior en la rótula de la máquina, teniendo en cuenta que debe quedar centrada. Se procede a colocar la probeta y encima de esta la parte faltante del dispositivo.

Se medirán cargas últimas para cada una de las probetas reensayar.

Colocación de la muestra. Cuidar que el eje del espécimen quede alineado con el centro del dispositivo de ensayo. El bloque con rótula debe rotarse inmediatamente antes de proceder al ensayo, para asegurar la libertad de movimiento requerida.

La carga se aplicará continuamente durante la prueba para encausar la cabeza móvil de la máquina, para viajar a una velocidad constante de 0,01 mm por segundo.

Lecturas de carga. Sólo se leerán y anotarán cargas últimas y la forma en que falla.

Toma de muestras para determinación del contenido de humedad.

Cálculos y resultados

El esfuerzo máximo a corte paralelo a la fibra se determinará:

$$\tau_{\text{últ}} = \frac{F_{\text{últ}}}{\sum(t \times L)} \text{ Mpa}$$

Donde $\tau_{\text{últ}}$ = Esfuerzo a corte, con una aproximación de 0,1 MPa

$F_{\text{últ}}$ = Carga máxima a la cual el espécimen falla, en N.

$\sum(t \times L)$ = Es la suma de los cuatros productos de t y L.

t = Espesor promedio de la probeta (cm)

L = Longitud de la probeta (cm)

El informe debe incluir:

Contenido de humedad

Número de identificación

Diámetro y longitud (mm o mpulgada)

Área de la sección transversal (cm² ó pulgada²)

Carga máxima (KN).

Edad del espécimen

Defectos en el espécimen.

7.- DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA

7.1.-EQUIPOS

Máquina utilizada para realizar los ensayos de compresión paralela a la fibra. Equipo de marca SERVINTEGRAL Ltda. Con capacidad máxima de carga de 200 toneladas. Se encuentra en el laboratorio de Ensayos del IEI.



Acolilladora marca PRO - TECH utilizada para cortar las probetas de guadua



Elementos de seguridad para el corte de los tallos de guadua



7.2.- PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

Selección de los tallos de guadua a utilizar y marcación de las probetas que posteriormente se cortaron



Marcación guadua variedad *Angustifolia* – Bicolor de la fuente Tierradentro



Corte de las probetas de guadua utilizando la acolilladora



Herramientas utilizadas en la medición de la longitud, diámetro y espesor de las probetas que se fallaron. Flexometro, calibrador y lápiz.



Medición de la longitud, diámetro y espesor de las probetas de la fuente Armenia. Se tomaron 3 medidas de la longitud, 3 del diámetro superior e inferior separados

120 grados una medida de la otra y se tomaron 3 espesores en la parte superior e inferior.



Medición de la longitud, diámetro y espesor de las probetas de la fuente Tierradentro. Se tomaron 3 medidas de la longitud, 3 del diámetro superior e inferior separados 120 grados una medida de la otra y se tomaron 3 espesores en la parte superior e inferior.



7.3.- MONTAJE DE ENSAYOS

7.3.1.- ENSAYO DE HUMEDAD

7.3.2.- ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE PARALELO A LA FIBRA

Dispositivo de ensayo. Placas de hierro soportadas por varillas con diámetro de 3/8"



Montaje en la máquina SERVINTEGRAL. Falla de las probetas. Siguiendo el procedimiento de la norma INBAR, el dispositivo se apoya sobre una rotula para garantizar la distribución uniforme de la carga aplicada.



7.4.- FALLAS

8.- RESULTADOS

8.1.- DATOS INICIALES DE LAS PROBETAS

8.2.- RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS

8.3.- ANALISIS DE RESULTADOS

LÍMITE DE EXCLUSIÓN

En la metodología propuesta en el Manual de Maderas para el Grupo Andino¹, se asume el valor del ensayo correspondiente al límite de exclusión del 5 % ó $0.05N$ como dato representativo para cada tipo de probeta; donde N es el número total de probetas ensayadas, las cuales se ordenan de forma ascendente. De esta forma se espera que de toda la población existente de guadua solamente el 5% tenga una resistencia menor a este valor.

Para las tres fuentes se hallaron los siguientes resultados teniendo en cuenta el límite de exclusión. Tomando la totalidad de los datos se tiene:

Armenia: $52,04 \text{ kg/cm}^2$

Tierradentro: $39,21 \text{ kg/cm}^2$

Silvana: $48,64 \text{ kg/cm}^2$

Considerando únicamente los resultados en las cepas, basas, y sobrebasas:

FUENTE	CEPA	BASA	SOBREBASA
--------	------	------	-----------

¹ JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. Op. Cit. P. 7-6.

	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
Armenia	58,33	52,89	45,00
Tierradentro	38,04	44,08	38,77
Silvania	53,35	48,08	48,61

La guadua de Armenia presenta los valores más altos en la cepa y la basa que son los segmentos de la guadua más utilizados en la construcción.

Considerando los 368 valores obtenidos en los ensayos, sin discriminar por fuentes, se tiene que el valor de la resistencia al corte en el límite de exclusión es igual a 46,93 kg/cm². Este valor se podría tomar como el recomendado por el presente estudio para el diseño de estructuras en guadua.

Teniendo en cuenta que la edad de la guadua de Tierradentro es de 3 años y esta presenta un contenido de humedad mayor con relación a las otras fuentes, se puede tomar el valor en el límite de exclusión tomando únicamente los resultados de las probetas de las fuentes de Armenia y Silvania. Resistencia última: 50.6 Kg/cm²

Haciendo una relación entre la humedad y la resistencia al corte en cada una de las fuentes se observa que estos parámetros no tienen una relación constante o proporcional. El hecho de que la guadua tenga mayor o menor humedad no garantiza que haya mayores resultados en la resistencia última al corte.

En la guadua de Armenia y Silvania se ensayaron algunas probetas que presentaron grietas internas que no se observaron o detectaron en el momento de marcar las guaduas para posteriormente cortarlas.

En el caso de Armenia las probetas con grietas arrojaron resultados menores comparándolas con las que no tenían grietas. En Silvania ocurrió lo contrario, las probetas con grietas dieron resultados mayores.

Esto indica que las grietas no inciden en el valor de la resistencia al corte, siempre y cuando la carga no se aplique directamente en el área donde se ha formado la grieta.

Resistencia Promedio probetas con y sin grietas internas

FUENTE	CON GRIETA (kg/cm ²)	SIN GRIETA (kg/cm ²)
Armenia	70,82	73,86
Silvania	89,99	67,84

En el momento de realizar los ensayos y teniendo en cuenta las cargas últimas de falla se observa que los valores son iguales ya sea con grieta o sin grieta.

En promedio los valores de resistencia al corte para probetas con nudo fue mayor únicamente para la fuente Armenia, en Tierradentro y Silvania el promedio fue menor. Esto significa que no hay una diferencia marcada en los ensayos con probetas con o nudo o sin nudo. Hay que tener en cuenta que las probetas con nudo no se rajaban completamente como las otras, además el número de probetas con nudos es menor que las sin nudo.

Resistencia Promedio probetas con y sin nudo

FUENTE	CON NUDO (kg/cm ²)	SIN NUDO (kg/cm ²)
Armenia	76,53	72,26
Tierradentro	59,32	68,51
Silvania	71,53	74,73

9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

SDFSDWE

10.- BIBLIOGRAFIA

WEWE

11.- ANEXOS

Anexo No. 1 - ISO/DIS 22157 DETERMINACION DE PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL BAMBU

CONTENIDO DE HUMEDAD

Alcance y campo de aplicación

Esta cláusula especifica un método para determinar el contenido de humedad del bambú para los ensayos físicos y mecánicos.

Principio

Determinación, evaluando la pérdida de masa de la probeta de ensayo, secándola hasta alcanzar la masa constante. Se calcula la pérdida de masa, como el porcentaje de la masa de la probeta de ensayo después de secar.

Aparato

- Calibrado con una exactitud de 0,01 g.
- El equipo para secar el bambú a una condición seca absoluta, por ejemplo un horno eléctrico.
- El equipo para asegurar la retención de humedad en las probetas de ensayo, por ejemplo los frascos con los cuellos de vaso molidos, y tapones.

Preparación de las probetas de ensayo

Las probetas para determinar el contenido de humedad se preparan inmediatamente después de cada ensayo mecánico. El número de probetas del ensayo debe ser igual al número de probetas para los ensayos físicos o mecánicos. La forma es como la de un prisma, aproximadamente 25 mm de ancho, 25 mm de alto y tan espeso como el espesor de la pared. Las probetas del

ensayo se toman próximas al lugar de la falla, y se guardan bajo condiciones que aseguren que la humedad permanezca inalterada.

Procedimiento

- Las probetas del ensayo se pesan con una exactitud de 0,01 g, después se secan en un horno a una temperatura de 103 ± 2 °C.
- Después de 24 horas la masa se registra a intervalos regulares no menores de 2 horas. Se tendrá cuidado para prevenir cualquier cambio en la humedad al sacar la probeta del horno y al determinar el peso.
- Se considera que el secado está completo cuando la diferencia entre las determinaciones sucesivas del peso no excede 0,01 g.

Cálculo y expresión de resultados

El contenido de humedad CH de cada probeta del ensayo se calcula como la pérdida de la masa, expresada como un porcentaje de la masa seca en el horno, según la siguiente fórmula:

$$CH = \{(m - m_0) / m_0\} * 100$$

Donde : m: es la masa de la probeta antes de secar,

m₀: es la masa de la probeta después de secar,

Cada uno con una exactitud de 0,01 g.

La CH se calcula con una exactitud de una décima del porcentaje. Esta CH se toma como un todo representativo para la CH de las probetas falladas. La media aritmética de los resultados obtenidos de las probetas de ensayo individuales se informa como el valor medio del contenido de humedad de las probetas de ensayo

Informe del ensayo

Los resultados se mencionan en el informe del ensayo **según 5.7**

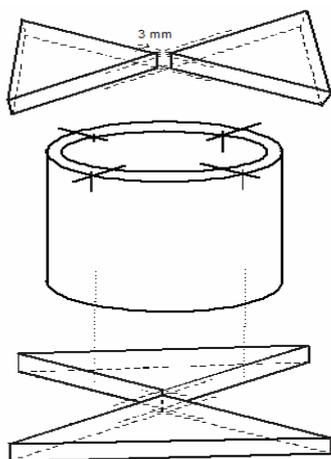
ENSAYO DE CORTE PARALELO A LA FIBRA

Alcance y campo de aplicación

Esta cláusula especifica un método para los ensayos de corte en los especímenes del culmo de bambú, paralelo a las fibras.

Principio

La determinación del último esfuerzo de corte de los especímenes del culmo.



Aparato

Las pruebas se llevan a cabo en una máquina de compresión. El espécimen se apoyará en la parte más baja por encima de dos cuartos, opuestos entre si; y cargado en la parte superior por encima de los dos cuartos que no se apoyan; vea Figura 4. Con esta manera de apoyar y cargar se obtienen los resultados de corte del espécimen en cuatro áreas.

Ensayo de corte. Dimensiones en mm.

Preparación de las probetas de ensayo

Se toman los especímenes de la parte inferior, media y parte superior de cada culmo. Estos especímenes se marcan respectivamente con las letras B, M y T.

Las pruebas de corte paralelo a fibra se hará en los especímenes, 50 por ciento con nudo y 50 por ciento sin nudo, y se toma la longitud del espécimen igual al diámetro. Estas limitaciones son válidas en el caso de ensayos para propósitos comerciales; en el caso de investigación científica es libre determinarlo de otro modo.

La cara plana del espécimen estará en los ángulos rectos de la longitud del espécimen; los planos serán lisos.

El espesor de la pared t y la altura L del espécimen se toman en cuatro áreas de corte.

Procedimiento

El espécimen se pondrá para que el centro de la cabeza movable este verticalmente opuesto al centro de la sección en cruz del espécimen. El espécimen también se centrará con respecto al apoyo y los cuartos cargantes. Una carga pequeña de no más de 1 el kN se aplica inicialmente para poner el espécimen.

La carga se aplica continuamente durante el ensayo para que la cabeza movable provoque que la máquina de ensayo trabaje a una velocidad constante de 0,01 mm por segundo.

Se toma la última lectura de la carga máxima a la cual el espécimen falla, y se toma el número de áreas que fallan.

Cálculo y expresión de resultados

El último esfuerzo de cortante se calcula según la siguiente fórmula:

$$\tau_{ult} = F_{ult} / \sum(t \times L) \text{ en MPa}$$

Donde :

τ_{ult} : es el último esfuerzo de corte, redondeado a los 0,1 MPa más cercanos

F_{ult} : es la carga máxima a que el espécimen falla, en N,

$\sum(t \times L)$ es la suma de los cuatro productos de t y L .

Informe del ensayo

El informe de la prueba incluirá:

- El nombre y dirección del laboratorio, la fecha, el nombre del investigador responsable,
- Una referencia a este documento, y a las normas nacionales aplicables,
- Detalles de los especímenes de la prueba, como mencionado en 5.3,
- La temperatura y humedad de aire en el laboratorio,
- Los equipos que se usaron, y cualquier otra información que puede influir en el uso de los resultados de la prueba,
- Los resultados de la prueba, incluyendo, los valores de humedad y la masa por volumen, las dimensiones reales, módulo y/o el valor de la fuerza, modo de falla, y cualquier otra información que puede influir en el uso de los resultados de la prueba, (por ejemplo, la posición a lo largo del culmo),
- Detalles sobre el tratamiento estadístico de los resultados de la prueba, incluso los métodos usados y los resultados obtenidos; la exactitud de un valor malo será la mitad la desviación normal, y la exactitud de una desviación normal será la mitad su propia desviación normal.
- Datos sobre el ajuste a un 12 por ciento de contenido de humedad, si es aplicable.

Anexo No. 2 - FORMATOS PARA ENSAYOS

**FORMATO N°1
ENSAYO DE HUMEDAD
CONTENIDO DE HUMEDAD**

#	Especimen	P1(g)	P2(g)	CH (%)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

$CH = (P1 - P2) * 100 / P2$

P1: Peso de la muestra en estado natural

P2: Peso de la muestra seca al horno durante 24 horas a una temperatura de \pm 100 °C

Anexo No. 3 – PLANOS DE LOS DISPOSITIVOS DE ENSAYO

Anexo No. 4 – GENERALIDADES SOBRE LOS BAMBÚES Y LA GUADUA

VENTAJAS COMPARATIVAS DE LA GUADUA

Los bambúes en general y la *Guadua angustifolia* en particular, tienen una serie de ventajas comparativas con respecto a otros recursos.

Rápido Crecimiento

Comparado con un árbol, las Guaduas son de rápido crecimiento, y de mayor productividad. Generalmente entre los 3 y 5 años la Guadua esta lista para ser utilizada y si se maneja adecuadamente, una vez establecido, la Guadua puede ser productiva infinitamente. Generalmente, el ciclo de crecimiento de un bambú es 1/3 parte del ciclo de un árbol de rápido crecimiento, y su productividad por hectárea son dos veces la del árbol (Jiafu, 2000)

Calidad de Fibra

La *Guadua angustifolia* tiene fibras naturales muy fuertes que la colocan entre las 20 mejores especies de bambúes del mundo.

Material de Construcción

El costo de construir con guadua resulta muy por debajo del costo de construir con materiales convencionales, hasta un 45% menos, (Mejía, 2000) de allí que este recurso se convierta en una alternativa real para ayudar a solucionar de una manera eco-constructiva los serios problemas de déficit de vivienda que afectan a la mayoría de nuestras regiones.

Usos Múltiples

La guadua presenta un sin número de aplicaciones en la vida diaria de los pobladores rurales, desde utensilios para el hogar, hasta infraestructuras agropecuarias, como servir de trincho, en el riego de las suertes de caña del Valle del Cauca.

DISTRIBUCIÓN Y EXTENSIÓN

La especie *Guadua angustifolia*, se le ve crecer desde Panamá hasta el Ecuador y Perú. Se ubica principalmente en la región Andina de Colombia, Ecuador y Venezuela, prefiriendo los valles interandinos como el del Río Cauca y las zonas costeras del Ecuador como en Guayaquil.

Según Patiño, V.M existen informes que datan del siglo XVI en los cuales consta que en aquella época habían grandes guaduales entre Panamá y Guayaquil, siendo los de mayor extensión y densidad los del Valle del Cauca.

Desafortunadamente, por la colonización de tierras para la agricultura y la ganadería, la mayor parte de los guaduales fueron desapareciendo, calculándose que hoy en día en el Valle del cauca, tan solo quedan unas 8.000 has de guaduales naturales y 1.500 has plantadas.

ASPECTOS ECOLÓGICOS

La guadua presenta una alta distribución geográfica debido a su gran adaptabilidad a diferentes condiciones de clima y suelos. Climáticamente la guadua crece bien en climas cálidos y templados, con adecuada y buena distribución de lluvias; buena humedad relativa y buen brillo solar.

Edáficamente, la guadua crece en suelos de moderada pendiente, con suelos franco arenosos o franco limosos, fértiles y con buen drenaje. En el valle del cauca corresponden a suelos de diabasa y/o de ceniza volcánica.

Poblacionalmente, la calidad de un gradual está en función de su densidad (tallos/ha), grado de madurez (renuevos, tallos juveniles, maduros o secos) y porte (diámetro y altura). Un gradual promedio presenta entre 3.000 a 6.000 tallos/ha; un 40% son tallos juveniles y renuevos y un 60% son tallos maduros (hechos) y secos.

Los tallos maduros o hechos constituyen la población comercial del guadual. Se distinguen en el campo por su coloración, siendo verdes al principio y grisáceos cuando están maduros o amarillos si se están secando. Un tallo puede tener hasta once (11) años de vida pero el guadual como comunidad vegetal puede ser eterno, si se le sabe cuidar. El guadual es a la vez un gran nicho ecológico por la abundante flora y fauna que existe a su interior.

PROPAGACIÓN

Reproducción sexual o por semilla

Este método no es fácil ni práctico debido a que la fructificación de la guadua es esporádica, la mayoría de las semillas es vana y de bajo vigor.

Propagación asexual o vegetativa

Consiste en la propagación a partir de partes vegetativas de la planta como ramas, yemas, tallos y rizomas. Los sistemas más utilizados son :

Chusquines

Son los brotes que salen del rizoma o caimán y que se observan en forma de retoño, está formado por el tallo, hojas, ramas y raíz. Cada retoño puede producir de 7 a 10 nuevas plantas en 4 meses. Es el método de propagación recomendado con éxito por su alto índice de supervivencia y desarrollo.

Sección del tallo

Se toman partes de culmo que posean dos o más nudos y se siembran en forma horizontal o vertical. Los resultados con este sistema son de 50% al 80% de prendimiento.

Sección de tallo con agua

A partir de culmos de 8 cm. De diámetro se cortan secciones incluyendo tres nudos y dos entre nudos; se hacen perforaciones pequeñas en los entre nudos y se llenan con agua, posteriormente se siembran en forma horizontal con los orificios hacia arriba.

Por riendas

Se utiliza material con ramas jóvenes, se cortan trozos de 15 cm de longitud que posean una o varias yemas, se siembran en bolsa logrando dejar la yema en el centro para obtener un buen prendimiento.

- Bancos de propagación: El área seleccionada en vivero para la siembra y reproducción de los chusquines se denomina “ Banco de Propagación”.
- El chusquín con un solo tallo sembrado en el banco tiene un estado de adaptación radical de 15 a 20 días,
- Al mes de sembrado, el Chusquín original ya ha generado nuevos brotes con crecimiento radial, debido a la activación de yemas. El proceso es continuo y repetitivo.
- En general de un primer Chusquín con condiciones de riego y manejo adecuado, a los tres meses se han generado en promedio 9 nuevos brotes o Chusquines con la capacidad de ser iniciadores de nuevos procesos de producción de brotes o hijos.
- Transporte en húmedo y en el menor tiempo los chusquines con su pan de tierra a las áreas de crecimiento del vivero para su propagación en bolsas o al sitio de siembra, si se va a sembrar a raíz desnuda

EL CULTIVO DE LA GUADUA

La siembra de la guadua por el hombre, se denomina cultivo, plantación o reforestación. La guadua es una especie que se puede cultivar con facilidad ya sea para fines de producción comercial o para protección y ornamentación. Tan solo se requiere tener en cuenta algunos principios básicos sobre los sitios a plantar y sobre las técnicas para su establecimiento y manejo.

Los sitios a seleccionar para la siembra de la guadua deben presentar condiciones de clima y suelos similares a las áreas donde se les ve crecer naturalmente, es decir climas cálidos y templados, con suelos francos medianamente profundos y bien drenados. A fin de no competir con áreas para agricultura, los cultivos deben ubicarse en áreas anexas a nacimientos y corrientes de agua, áreas con suelos inestables o donde los cultivos limpios o la ganadería no son ecológicamente recomendables por sus posibles daños al suelo.

Antes de plantar, se debe planificar la siembra y manejo del guadua, de lo contrario se corre el riesgo de perder el fruto de meses de trabajo: En la planificación se determina: insumos, mano de obra, labores y responsables, cronograma de actividades y presupuesto.

Por lo general se siembra a una distancia de 4 x 4 metros (400 tallos/ha) pero últimas experiencias aconsejan sembrar a mayor distancias: 5x5 o 6x6 mts. Pudiéndose intercalar cultivos anuales (fríjol, maíz, etc) entre las calles para aprovechar su espacio amplio y controlar malezas.

Se requiere de una buena preparación del terreno (ideal si se pudiera mecanizar): de un buen abonamiento orgánico (NPK), con Micorrizas seleccionadas y en lo posible con aplicación de reguladores de humedad (gel hidratantes).

Durante los dos primeros años se deben controlar las malezas, y plagas como la hormiga arriera; igualmente el ingreso de animales y los incendios.

En buenos sitios la guadua sembrada tarda entre 4 a 6 años para lograr su fisonomía de bosque y para producir sus primeros tallos comerciales, llegando a los 8 años a su plena producción comercial, asimilable a un gradual natural: estimada en 700 – 1.000 tallos comerciales/ha/año.

RÉGIMEN DE APROVECHAMIENTO.

La propiedad de autoregenerarse que poseen los guaduales, permite que se sustituya de manera natural los tallos que se entresacan. Sin embargo este aumento de población por autoregeneración, trae como consecuencia la competencia entre individuos por suelos y humedad para satisfacer las necesidades fundamentales para su supervivencia, por lo que desde el punto de vista ecológico, deben entresacarse individuos a fin de regular el espacio "vital", de los que deben quedar en pie.

Así, para el objetivo económico del aprovechamiento comercial de sus maderas y para el objetivo biológico de regular la competencia que favorezca el crecimiento y vigor de las guaduas (Gradual ideal); los Guaduales deben entresacarse cada determinado periodo de tiempo a una intensidad óptima, lo que constituye el **régimen** de aprovechamiento.

Gradual "ideal": Un Gradual "ideal" se puede considerar como aquel donde su regeneración natural es abundante, donde hay más guaduas juveniles que maduras y en lo posible ninguna Guadua seca. El estado "ideal" de un Gradual se puede lograr a través de aprovechamientos o entresacas sucesivas y periódicas.

Al principio un Guadual manejado técnicamente, caso del Valle del Cauca en Colombia, presenta una situación invertida al estado ideal, es decir más guaduas maduras y secas (70%) con respecto a las juveniles. Por lo general su fisionomía es desalentadora, con muchos tallos caídos, torcidos, partidos, formando congestión y dificultando el andar por el Guadual, hasta el punto que parece una “**empalizada**”.

A medida que se va entresacando el Guadual (varias entresacas), se va invirtiendo su composición de madurez, de muy maduras a juveniles. Van desapareciendo las guaduas secas, caídas y partidas y el Guadual se va tornando verde (ausencia de guaduas secas) y sus tallos derechos y equidistantes permitirán el paso por el Guadual.

El mejor **régimen de aprovechamiento** de Guadales (naturales o plantados) es aquel que se realiza con intensidades de aclareo o entresaca del 50% de los tallos, sobre la población de guaduas comerciales (madura, muy madura y seca), en períodos de 18 a 24 meses, para un mismo Guadual.

Este régimen permite la sostenibilidad del Guadual en aprovechamientos sucesivos, al propiciar una mayor regeneración del bosque y por ende su reposición. También, favorece la sanidad y vigor del Guadual al regular la densidad, evitando la acumulación de tallos sobremaduros, secos o degradados, y al obtener una mejor distribución del espacio vital de los tallos a quedar “en pie” post-aprovechamiento. Con esta regulación de la densidad también se favorece el desarrollo del diámetro promedio del guadual.

ASPECTOS LEGALES

Las Corporaciones Autónomas Regionales del eje cafetero (incluida la CVC), han elaborado La “Norma Unificada de la Guadua”, vigente a partir de Enero del 2002, la cual reglamenta el aprovechamiento de la guadua, buscando su sostenibilidad.

De acuerdo con la norma, todo guadual natural o plantado que se pretenda aprovechar se registrara en la correspondiente CAR, mediante el cumplimiento de los requisitos enunciados en el Anexo: Norma Unificada de la Guadua (Artículo 40).

Igualmente, todo interesado en aprovechar guaduales naturales, deberá contar con el aval y permiso o autorización de la CAR y para ello deberá someter o condiciones de la Corporación un Estudio Técnico (para aprovechamiento entre 20-200m³) ó un plan de manejo y aprovechamiento forestal (para volúmenes mayores a 200m³); elaborado por ingenieros o firma especializada, sobre la base del inventario forestal.(Capitulo IV).

Este estudio se hace por una vez para el guadual y solo requiere de actualización periódica, para mantenerlo vigente. En este estudio o plan de manejo se debe tener en cuenta, que el aprovechamiento de los guaduales se debe efectuar por el sistema de entre saca selectiva de los individuos secos, secos partidos, maduros y sobre maduros, con intensidades del 25% al 50% de la población comercial (Artículo 9°).

El estudio técnico o plan de manejo, debe por lo tanto definir el régimen de aprovechamiento del guadual, es decir la intensidad y periodicidad con que se intervendrá el guadual, para garantizar su sostenibilidad Ambiental y su rendimiento económico (Artículo 3°).

Una de las ventajas o beneficios para el propietario, por buen manejo de su guadua, al cabo de tres actualizaciones, es poder lograr que se le declare como “Guadua Natural de Manejo Sostenible” y así poderlo manejar como una plantación de Guadua, sin tener que pagar tasas de aprovechamiento, solo el valor de los salvoconductos, para la movilización de los productos forestales (Capítulo V).

ASPECTOS ECONÓMICOS

Económicamente, este régimen permite ingresos periódicos para el propietario del Guadua, que para el caso de un Guadua "tipo" (1.400 tallos comerciales/ha cada 18 meses), equivalen aproximadamente a US\$ 680/ha/año; ingresos que hacen económicamente rentable el manejo del Guadua, en especial si es natural, si se tiene en cuenta que no requiere de mayor inversión, tan solo para abonos y control. Para el caso de guaduales plantados, se requiere tan solo de una inversión inicial para su establecimiento y mantenimiento, estimada en US\$ 1.200. Una vez que crezca el guadua plantado, se podrá asimilar en su composición, desarrollo y manejo a un guadua natural.

El precio de una guadua en pie

Es alrededor de \$1200 pesos pagado al propietario (sumando \$600.000 por ha/a) ya puesto en obra se cuentan con mínimo dos piezas a \$ 2500, que suman entre \$5000 y \$7000 pesos. El margen de ganancia queda en manos de los “guadueros”, pero no es un dinero fácil.

Casi toda la producción es tradicionalmente entregada a los sectores de la construcción y agricultura, ambas en crisis. El uso de los tallos es principalmente “desechable”, no hay mayores requerimientos a calidad y preservación. No hay mayor tradición en diversificación de los productos. La adaptación de este sector a una producción como se necesita para la industrialización de la guadua será difícil,

pero el puede acostumbrarse de comprar los tallos de segunda calidad y las copas, que poco sirven en el proceso.

La producción seleccionada de guadua rolliza inmunizada para construcción “esqueleto” permite cobrar hasta \$ 2000 pesos por metro lineal. Así una guadua “cepa” de 6m vale fácilmente 12.000, para guadua de 9 metros se pagan \$ 24.000 para tallos muy seleccionadas de 12 metros hasta \$36.000 por unidad.

La Producción de “latas” aumenta el precio del tallo bajo de 6 metros de \$2500 a 24 latas de 1,5m a \$300 por unidad, entonces \$ 7200 pesos, casi el triple. Esta suma por las 500 guadua ha/a y adicionalmente los otros 500 tubos de “sobrebasa” y la “copa” son un ingreso atractivo que deja convencer cualquier ganadero, cañero y cafetero que en este momento difícilmente ganan un millón por hectárea /año.

En este momento hay artesanos que pagan hasta 600 pesos por lata, porque no hay suficiente oferta, - buen tiempo para inversionistas.

Anexo No. 5 – INFORMACION GENERAL FUENTES DE MATERIAL

ORIGEN N°1 ARMENIA QUINDIO

Armenia tiene un área de 11.714 hectáreas (2.800 en el perímetro urbano), aunque es latente la existencia de una sociedad rural, el 97.5% de sus gente vive en la urbe, que cuenta con 294 barrios y conjuntos residenciales. Se encuentra a 1483 m.s.n.m con una temperatura media de 20 °C.

Armenia se encuentra localizada a los 4° 32 minutos de latitud norte y 75° 41 minutos de longitud al oeste del meridiano de Greenwich.

Limita al norte con los municipios de Circasia y parte de Montenegro; al oriente con los municipios de Salento, Calarcá y el Río Quindío; al sur con el Río Quindío y parte del municipio de Calarcá; al occidente con La Tebaida y parte de Montenegro.

La economía del municipio gira en torno al cultivo y comercialización del café. A esta actividad le siguen la prestación de servicios, las actividades agropecuarias y la industria. Fuera del café se cultiva plátano, yuca, caña panelera, sorgo, papa, maíz y hortalizas. La ganadería se ha consolidado durante las últimas décadas al igual que la apicultura. La industria esta desarrollada en el sector alimenticio, las confecciones, productos de aseo y productos de cuero.

La mayor parte del territorio presenta una topografía quebrada y montañosa, perteneciente a las vertientes altas de la cordillera Central.

ORIGEN N°2 TIERRADENTRO CAUCA

El Municipio de Inzá se localiza al oriente del Departamento del Cauca y corresponde a la Provincia de Silvia de acuerdo con la división territorial que reposa en la Asamblea Departamental. Junto con el Municipio de Páez, conforma la región conocida como Tierradentro. Pertenece a la Quinta Categoría y se encuentra registrado en el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) con el Código No. 355.

Comprende un área de 87,581.21 hectáreas que se extienden desde los 1.100 m.s.n.m en las veredas Birmania-Juntas y Puerto Valencia (sur oriente municipal) hasta los 3.600 m.s.n.m. en límites con el vecino Municipio de Totoró (extremo oeste municipal).

El ecosistema de bosque alto andino y páramo (piso bioclimático de sub-páramo) constituye la fortaleza más significativa para el territorio, caracterizado por la presencia de hermosas lagunas, así como el nacimiento de los más importantes ríos y numerosas corrientes menores que surcan la región; variados y bellos paisajes de formación montañosa de la Cordillera Central conforman las zonas de vida de bosque andino y sub-andino; sus tierras se distribuyen en los pisos térmicos templado, frío y muy frío favoreciendo el desarrollo de sistemas productivos; además, su diversidad sociocultural y la declaratoria de Patrimonio Histórico de la Humanidad, hacen del Municipio de Inzá, una tierra "amable, hospitalaria que conserva aún su cultura ancestral" .

Su Cabecera municipal que lleva el mismo nombre del ente territorial, está localizada a los 02°33'24" de latitud norte y a 76°04'00" de longitud oeste, a una altura entre 1.800 y 1.900 m.s.m. La precipitación promedio anual municipal es de 1.858,2 mm.

El área urbana de Inzá dista a 91 kilómetros de la ciudad de Popayán capital del Departamento del Cauca, y a 30 kilómetros de La Plata (Huila) centro comercial importante para la región del oriente Caucano. La vía principal del orden nacional Popayán - Crucero Totoró - Guadualejo - La Plata, atraviesa el territorio de occidente a oriente y de oriente a sur oriente, permitiendo el desplazamiento de la comunidad hacia el centro del Departamento del Cauca y hacia el Departamento del Huila (La Plata - Neiva).

La población rural del Municipio en su mayoría, se distribuye en la zona de piso térmico templado, propiciando la concentración de asentamientos humanos mediante la formación de caseríos, tres (3) de los cuales han desarrollado características urbanas similares a las de la cabecera municipal alcanzando mayor concentración de la población, por tal razón para este estudio, se denominan como Centros Poblados y corresponden a El Pedregal, Turminá y San Andrés.

Clima del Municipio de Inzá

Templado (T).

Piso térmico que se ubica al extremo oriental en límites con el Municipio de Páez, en alturas comprendidas entre 1100 y 2000 m.s.n.m., y una temperatura que varía entre 18°C (área de influencia de los Ríos Ullucos y Negro) y 23°C (parte baja del área de influencia de la Quebrada de Topa); ocupa un área de 15.910,66 hectáreas equivalentes al 18.17% del total municipal, influenciando la mayor parte de las veredas que se localizan en la parte baja de las Zonas de Pedregal, Turminá y Centro e igualmente parte baja de los Resguardos de San Andrés y Santa Rosa hacia la convergencia de la Quebrada de Topa con el Río Páez, el Río Negro con el Río Ullucos, la Quebrada San Andrés con el Río Ullucos y éste último con el Páez.

Frío (F).

Es el piso Térmico de mayor extensión, con un área de 39.078,64 hectáreas que representan el 44.61 % del territorio municipal, en alturas comprendidas entre 2000 a 3000 m.s.n.m.; temperatura que fluctúa entre 12 y 18°C; se distribuye en toda la franja central del Municipio en dirección sur - norte.

Muy Frío (MF).

Se distribuye entre los 3000 y 3400 m.s.n.m. con un área de 32.000,48 hectáreas equivalentes al 36.54% del total municipal siendo el segundo en extensión. La temperatura fluctúa entre 8 y 12°C; pertenece a las zonas de vida de bosque andina, alto andina y subpáramo.

Paramuno Bajo (PB).

Se extiende entre los 3400 y 3600 m.s.n.m.; con 591.42 hectáreas equivalentes al 0.68% del área municipal. La temperatura oscila entre 4 y 8°C. Por sus características climáticas y ecológicas constituye un área de conservación estricta por su alta significancia ambiental, pues tienen allí origen numerosos arroyos, quebradas y ríos que riegan el territorio municipal.

ORIGEN N°3 SILVANIA CUNDINAMARCA

Silvana, Municipio del departamento de Cundinamarca, su cabecera esta localizada a los 04°24'29" de latitud norte y 74°23'26" de longitud oeste. Altura sobre el nivel del mar 1500 m, temperatura media 20 °C, precipitación media anual 1955 mm. Distancia a Bogota de 46 Km. El área municipal es de 165 Km² y limita por el norte con granada, por el este con Sibate y Fusagasuga, por el sur con Fusagasuga y Tibacuy y por el oeste con Viota.

En el territorio predomina el relieve montañoso, destacándose entre los accidentes orográficos las cuchillas de la Roblera, los indios y san Luis, la cordillera de Subia, el cerro de la nariz, el alto de la anganilla, la toma el pedron y la depresión de los Olivos, lo bañan los ríos barro Blanco y Subia, además de varias corrientes menores. Sus tierras corresponden a los pisos térmicos templado y frío.

Los territorios de la provincia del Sumapaz, entre ellos el territorio Silvanense, fueron ocupados por pueblos muisca y panche, sin encontrarse evidencia contundente que verifique cual de estos pueblos fue más dominante en la región. Sin embargo y a manera general se estima que los muisca se encontraban en las partes altas y productivas de la región y los panche en zonas más bajas y con incidencia militar.

La actividad económica principal es la agricultura y pecuaria expresada para 1997 en un 18.7% de la superficie del municipio con uso agrícola y un 39.6% en explotación pecuaria (pastos), a diferencia del departamento, el café, la mora y el tomate de árbol son sus principales productos; según evaluación del uso actual del suelo, la superficie en uso agrícola es de 25.6% del total municipal, con una tasa de crecimiento de 36.9% con relación a 1997, el uso pecuario obtiene una superficie de 45.4% con una tasa de crecimiento de 14.7% con lo cual se deduce una ampliación de la frontera agrícola en más de 2000 hectáreas, los principales

productos con cierto crecimiento siguen siendo en importancia el café, la mora y el tomate de árbol.

La fuente de información de las operaciones económicas en el ámbito municipal esta centrado en el sector primario, mientras que en el sector secundario y terciario adolecen de las más importantes lagunas de información; lo anterior es plenamente justificable en el sentido que casi la totalidad de operaciones económicas están relacionadas con la actividad agrícola y pecuaria, sin llegar a una transformación de materias primas o de alguna actividad agroindustrial.

En el municipio las zonas de interés hidrogeológico se encuentran en la cuchilla de san Miguel y la cuchilla de Peñas Blancas, siendo esta última la más importante para el municipio, ya que el buzamiento de estas deformaciones geológicas es hacia la parte central del área municipal; desde la cota 2200 m. hasta la cresta de la cuchilla Peñas Blancas aflora la formación Guadalupe, compuesta por arenisca tierna y arenisca dura, encontrándose esta sobre la formación Guaduas, caracterizada por gradas rojas y areniscas en el superior y en el medio por arcillas esquistosas grises.