



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**Determinación de las características físicas y propiedades
mecánicas de cuatro especies de madera del Petén**

**Claudia Lorena Rivas Boch
Juan Carlos Joachin Bautista**

Asesorado por

Ing. Francisco Javier Quiñónez De La Cruz
Dr. Ing. Edgar Virgilio Ayala Zapata

Guatemala, febrero de 2006.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES
MECÁNICAS DE CUATRO ESPECIES DE MADERA DEL PETEN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

**CLAUDIA LORENA RIVAS BOCH
JUAN CARLOS JOACHIN BAUTISTA**

ASESORADO POR

**ING. FRANCISCO JAVIER QUIÑÓNEZ DE LA CRUZ
DR. ING. EDGAR VIRGILIO AYALA ZAPATA**

**AL CONFERÍRSELES EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

Guatemala , febrero de 2006.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Julio Arreaga Solares
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Melini Salguero
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Beber
EXAMINADOR	Ing. Miguel Angel Davila
EXAMINADOR	Ing. Carlos Hermosilla
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se presenta a su consideración el trabajo de graduación titulado:

Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de cuatro especies de madera del Petén,

tema que nos fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 19 de octubre de 2 004.

Claudia Lorena Rivas Boch

Juan Carlos Joachin Bautista



Guatemala, 28 de noviembre de 2 005

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Escobar Álvarez:


Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE CUATRO ESPECIES DE MADERA DEL PETÉN**, elaborado por los estudiantes universitarios **Claudia Lorena Rivas Boch** y **Juan Carlos Joaquín Bautista**, quienes contaron con la asesoría del Doctor Ingeniero Virgilio Ayala Zapata y del suscrito.

Considero que el trabajo desarrollado por los estudiantes **Rivas Boch** y **Joaquín Bautista**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Colegiado No. 1941
Asesor y Coordinador Área de Materiales



Guatemala, 16 de noviembre de 2005.

Ingeniero
Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
Coordinador del Área de Materiales
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Respetable Ingeniero Quiñónez

Por medio de la presente le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE CUATRO ESPECIES DE MADERA DEL PETÉN. El cual fue presentado por los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil Claudia Lorena Rivas Boch y Juan Carlos Joachin Bautista. El trabajo aporta importantes resultados en lo que se refiere al tema de la madera, por lo que recomiendo la aprobación del contenido.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresarle mis muestras de estima y consideración.

Atentamente,

Dr. Ing. Virgilio Ayala Zapata
No. de colegiado 1524
ASESOR



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Guatemala,
19 de octubre de 2004

Ingeniero
Francisco Javier Quiñón de la Cruz
Coordinador del Área de Materiales
Facultad de Ingeniería
Guatemala

Respetado Ingeniero.

Por medio de la presente comunico a usted, que la Facultad de Ingeniería a través de la Escuela de Ingeniería Civil ha aprobado el tema para de trabajo de graduación titulado **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE CUATRO ESPECIES DE MADERA DEL PETÉN**, de los estudiantes universitarios Claudia Lorena Rivas Boch y Juan Carlos Joaquín Bautista y como Asesor al Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz y Dr. Virgilio Ayala.


Así mismo se le recuerda que el trabajo de graduación deberá ser estructurado conforme a lo indicado en el Reglamento de Trabajos de Graduación de la Facultad de Ingeniería, presentado según se señala en las especificaciones para la elaboración del informe final y se recomienda que el contenido esté comprendido entre 40 y 80 hojas, con énfasis en el aporte del estudiante en el tema desarrollado.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑADA A TODOS


Ing. Carlos Salvador Gordillo García
~~Director Escuela Ingeniería Civil~~



Asesor
Interesado 

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Edgar Virgilio Ayala Zapata y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles y Asesor, Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación de los estudiantes Claudia Lorena Rivas Boch y Juan Carlos Joachin Bautista, DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE CUATRO ESPECIES DE MADERA DEL PETÉN, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'Oswaldo', written over a horizontal line.

~~Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez~~

Guatemala, febrero 2006.

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 025-2006.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE CUATRO ESPECIES DE MADERA DEL PETÉN**, presentado por los estudiantes universitarios **Claudia Lorena Rivas Boch y Juan Carlos Joachin Bautista** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Reginos
DECANO



Guatemala, febrero 16 de 2,006

/gdech

AGRADECIMIENTO

- A todas las personas que de una u otra forma colaboraron para que este trabajo sea una realidad y que, de forma desinteresada, brindaron su ayuda y su apoyo incondicional.
- A la Sociedad Civil para el Desarrollo Árbol Verde, por confiar en nuestra capacidad para realizar este tipo de estudio.
- Al Ingeniero Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, por su valiosa y desinteresada colaboración en la asesoría del presente trabajo de tesis.
- A la Sección de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería por la amistad, apoyo y su valiosa ayuda. En especial a Elios Rodríguez, Vinicio Tepet (Q.E.P.D.) Moisés Mejía y Don Rómulo Marroquín.
- A la Sección de Metales del Centro de Investigaciones de Ingeniería, por su ayuda y orientación en la realización de cada uno de los ensayos propuestos.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS Con infinito amor y gratitud, guía espiritual de mis mas grandes anhelos y por iluminarme por el camino correcto de la vida.

A MIS PADRES **Augusto Efraín Rivas Gómez**
Maria Cristina de Rivas
Gracias por su invaluable amor, el apoyo a lo largo de mi vida y por esperar con ansia este memorable día. Les ofrezco mi triunfo como una pequeña recompensa a sus sacrificios.

A MIS HERMANOS **Luis Augusto y Evelyn Jeannette**
Por su cariño y el deseo de compartir este día. Y sus ayuda incondicional.

A MI NOVIO **Ángel Remigio Higueros Estrada**
Con infinito amor, por la comprensión, su invaluable compañía y por hacer de mis sueños los suyos. Mil gracias por el esfuerzo compartido, el anhelo de ver culminados mis estudios y por apoyarme incondicionalmente.

A MIS ABUELITOS **Daniel Rivas Molina (Q.E.P.D)**
Maria Clara Vda. de Rivas
Florencia Rojas Vásquez
Con amor y respeto que se merecen.

EN ESPECIAL A: **Mi abuelita Maria Clara Vda. De Rivas y
mi tía Gloria Esperanza Rivas Gómez**

Por darme la fuerza necesaria para cada día ser mejor, por
compartir mis alegrías y mis tristezas, por enseñarme que
hay un mejor mañana y por ayudarme con su apoyo
incondicional a ver realizado este día .

EN GENERAL **A mis familiares**

Con sincero cariño.

A MIS AMIGOS Gracias por su amistad brindada hasta este día.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS Gracias por hacer posible este día, por llevarme a ser lo que soy y por iluminar cada uno de mis pensamientos.

A MIS PADRES **Rigoberto Carlos Joachin Sánchez**
Anabella Bautista de Joachin
Gracias por su invaluable amor, por ser un pilar importante en la formación a lo largo de mi vida.

A MIS HERMANOS **Brenda, Geovany, Ana Victoria, Eleazar y Astrid**
Por su cariño y su comprensión.

A MI ESPOSA **Maya López de Joachin**
Por el amor, la comprensión, el apoyo en la realización de este memorable día.

EN GENERAL **A mis familiares**
Con sincero cariño.

A MIS AMIGOS **David Montufar, Mario Grijalva, Otto Méndez y Claudia Rivas.**
Gracias por su amistad y ayuda desinteresada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VIII
RESUMEN.....	XII
OBJETIVOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV

1. SELECCIÓN Y RECOLECCIÓN DE ESPECIES

1.1 Descripción geográfica del lugar de extracción	1
1.1.1 Características físicas y climáticas de la unidad de manejo	1
1.1.2 Elevación	2
1.1.3 Pendiente	2
1.1.4 Recursos Hídricos.....	2
1.1.5 Geología.....	3
1.1.6 Suelos.....	3
1.1.7 Descripción de la vegetación.....	3
1.1.8 Fauna.....	5
1.1.9 Sitios arqueológicos.....	6
1.2 Ubicación geográfica.....	7
1.2.1 Localización.....	7
1.3 Mapas de ubicación de extracción de la unidad de manejo “Las Ventanas”.....	11
1.4 ¿Qué es una sociedad civil?.....	12
1.4.1 ¿Que es la sociedad civil para el desarrollo Árbol Verde?.....	13

1.4.2	Leyes en que se fundamenta legalmente el otorgamiento y manejo de una concesión.....	13
1.4.3	Periodo de adjudicación en una concesión.....	14
1.4.4	Estructura de la organización.....	14
1.5	Antecedentes de la Sociedad Civil Árbol Verde.....	16
1.5.1	Datos de interés de la unidad de manejo otorgada a la sociedad civil.....	16
1.6	Breve descripción forestal de cada especie.....	17
1.6.1	Santa Maria–Calophyllum Brasiliense Camb–.....	17
1.6.2	Manchiche –Lonchocarpus Castilloi–.....	17
1.6.3	Danto –Vatairea Lundellii–.....	18
1.6.4	Malerio Colorado–Aspidosperma Megalocarpon–.....	18
1.7	Selección y marcado de trozas.....	19
1.7.1	Corte de árboles.....	19 24
1.7.2	Identificación y selección de especies.....	25
1.7.3	Selección y numero de trozas.....	25 26
1.7.4	Marcado y aserrado.....	
1.7.5	Corte y almacenaje.....	

2. ENSAYOS MECANICOS Y FISICOS

2.1	Selección y disposición para ensayos.....	29
2.2	Descripción de ensayos.....	30
2.2.1	Flexión estática.....	30
2.2.1.1	Procedimiento de ensayo.....	32
2.2.2	Compresión paralela a la fibra.....	37
2.2.2.1	Procedimiento de ensayo.....	37

2.2.3	Compresión perpendicular a la fibra.....	42
2.2.4	Corte paralelo a la fibra.....	44
	2.2.4.1 Procedimiento de ensayo.....	44
2.2.5	Tensión paralela a la fibra.....	47
	2.2.5.1 Procedimiento de ensayo.....	49
2.2.6	Tensión perpendicular a la fibra.....	53
2.2.7	Dureza.....	56
	2.2.7.1 Procedimiento de ensayo.....	56
2.2.8	Clivaje.....	59
	2.2.8.1 Procedimiento de ensayo.....	60
2.2.9	Peso específico y contracción volumétrica.....	62
2.2.10	Contenido de humedad.....	64
2.3	Análisis estadístico y evaluación de resultados.....	66
	2.3.1. Procedimiento.....	66
	2.3.2. Esfuerzos básicos.....	67
	2.3.3. Esfuerzos permisibles de trabajo.....	68
	2.3.4. Grados estructurales.....	69

3. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1	Tablas de Resultados.....	71
	3.1.1 Resultados Físicos.....	71
	3.1.2 Resultados Mecánicos.....	72
	3.1.3 Resumen de Análisis Estadístico.....	73
	3.1.4 Esfuerzos Básicos.....	77
	3.1.5 Grados Estructurales.....	78
3.2	Análisis de Resultados.....	81
	3.2.1 Análisis de características físicas.....	82
	3.2.2 Análisis de propiedades mecánicas.....	83

3.2.1.1	Flexión Estática.....	84
3.2.1.2	Compresión paralela a fibra.....	85
3.2.1.3	Compresión perpendicular a la fibra.....	86
3.2.1.4	Corte paralelo a la fibra.....	87
3.2.1.5	Tensión paralela a la fibra.....	87
3.2.1.6	Tensión perpendicular a la fibra.....	88
3.2.1.7	Dureza.....	88
3.2.1.8	Clivaje.....	89
3.3	Resumen de características por especie.....	90
CONCLUSIONES.....		95
RECOMENDACIONES.....		97
BIBLIOGRAFÍA.....		98

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la unidad de manejo.....	9
2.	Ubicación de la unidad de manejo.....	10
3.	Ubicación de sector de extracción “A”	11
4.	Ubicación de sector de extracción “D”	12
5.	Organigrama de la sociedad civil.....	15
6.	Localización de árboles a extraer.....	19
7.	Árbol con marca para ser talado.....	21
8.	Buscando dirección de caída.....	21
9.	Limpieza de área a talar.....	22
10.	Corte de gambas.....	22
11.	Corte de cuña.....	22
12.	Corte de bisagras.....	22
13.	Apulañamiento.....	23
14.	Corte final.....	23
15.	Marcado de tronco.....	23
16.	Marcado de troza.....	23
17.	Corte de trozas.....	27
18.	Corte de trozas en barras.....	27
19.	Almacenamiento de madera.....	27
20.	Forma de obtención de barras según A.S.T.M D-143.....	28
21.	Probetas para ensayo de flexión.....	33
22.	Probeta previa a ser sometida a la aplicación de carga.....	34
23.	Momento de falla por tensión simple.....	35

24.	Probeta para ensayo de compresión paralela a la fibra.....	38
25.	Probeta sometida a la aplicación de carga.....	40
26.	Probeta para ensayo de compresión perpendicular a la fibra.....	42
27.	Sentido tangencial, compresión perpendicular a la fibra.....	43
28.	Sentido radial, compresión perpendicular a la fibra.....	43
29.	Probeta sometida a ensayo de compresión perpendicular a la fibra.....	44
30.	Probeta para ensayo de corte paralelo a la fibra.....	45
31.	Probeta sometida a la aplicación de carga, por medio de dispositivos.....	46
32.	Falla en probeta del ensayo a corte.....	46
33.	Probeta para ensayo de tensión paralela a la fibra.....	50
34.	Probeta sometida a carga por medio de mordazas.....	53
35.	Probeta para ensayo de tensión perpendicular a la fibra.....	54
36.	Probeta sujeta por medio de quijadas para la aplicación de carga.....	55
37.	Falla por tensión simple.....	55
38.	Probeta para ensayo de dureza o penetración.....	57
39.	Probeta sometida a ensayo de dureza, en sentido radial.....	58
40.	Penetración en borde de probeta.....	58
41.	Forma de obtener la muestra de contenido de humedad.....	59
42.	Probeta para ensayo de clivaje.....	60
43.	Probeta sometida a ensayo de clivaje.....	62

TABLAS

I	Especies de mayor importancia.....	4
II	Especies maderables de mayor importancia.....	4
III	Fauna en peligro de extinción reportada en el área.....	5
IV	Coordenadas geográficas de la unidad de manejo "Las Ventanas"	8
V	Cantidad real de ensayos.....	29
VI	Ensayos físicos.....	71
VII	Resultados mecánicos.....	72
VIII	Resumen de Análisis Estadístico, Santa María.....	73
IX	Resumen de Análisis Estadístico, Manchiche.....	74
X	Resumen de Análisis Estadístico, Danto.....	75
XI	Resumen de Análisis Estadístico, Malerio Colorado.....	76
XII	Esfuerzos Básicos.....	77
XIII	Grados Estructurales, Santa María.....	78
XIV	Grados Estructurales, Manchiche.....	79
XV	Grados Estructurales, Danto.....	80
XVI	Grados Estructurales, Malerio Colorado.....	81
XVII	Resumen de características, Santa María.....	90
XVIII	Resumen de características, Manchiche.....	91
XIX	Resumen de características, Danto.....	92
XX	Resumen de características, Malerio Colorado.....	93

GLOSARIO

Albura	Se encuentra en la parte externa del tronco, bajo la corteza constituida por tejidos jóvenes en periodo de crecimiento. De coloración mas clara que el duramen, mas porosa y mas ligera, con mayor riesgo a los ataques bióticos.
Agua capilar	Es la humedad interior que siempre se mantiene dentro de la madera.
Agua libre	Es el agua existente en la madera capaz de evaporarse. Contenida en madera verde.
Alisios	Vientos predominantes del Este que soplan desde las áreas de altas presiones subtropicales hacia el cinturón de las bajas presiones con dirección NE-SO.
Arbórea	Se le llama de esta manera a cualquier especie de madera.
A.S.T.M.	Sociedad Americana de Prueba de Materiales –American Society for Testing and Materiales–

Barras	Son segmentos de madera del cual se cortan las piezas para elaborar las probetas. Sus dimensiones son las de 0.06 x 0.06 x 1.20 m.
Cambium	Capa existente entre la albura y la corteza, constituye la base del crecimiento en especial del tronco.
CII	Centro de Investigaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
Contracción volumétrica	Es el achicamiento en volumen al que es capaz de deformarse la especie sometida a tal ensayo.
Clivaje	Esfuerzo necesario para hender la madera a lo largo de la fibra, ya sea en sentido radial o tangencial.
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
Densidad	Se puede definir como el grado de compactación de las fibras de la madera. Está relacionada, directamente, con el peso y resistencia. A mayor densidad, significa mayor peso y resistencia general.

Dilatación	Es el incremento de volumen de algunas especies de madera, con cierto grado de humedad, hasta antes del PSF , en adelante no cambia el volumen.
Dirección radial	Perpendicular al axial, corta el eje del árbol en el plano transversal y es normal a los anillos de crecimiento aparecidos en la sección recta.
Dirección tangencial	Localizada también en la sección transversal pero tangente a los anillos de crecimiento o, también, normal a la dirección radial.
Duramen	Madera de la parte interior del tronco. Constituido por tejidos que han llegado a su máximo desarrollo y resistencia, debido al proceso de lignificación. De coloración, a veces, más oscura que la exterior.
Gambas	Forma en que algunos árboles tienen en su tronco, es decir a la forma de estrella que tienen los troncos, dejando algunos vacíos bastante pronunciados.
Grado de Curvatura	Es una característica muy especial de ciertas especies que aceptan una fuerza de tensión y compresión para lograr hacer curvas en madera.

Hendimiento Es el proceso de introducir una esfera de acero. Aplicando carga por medio de una maquina a la probeta de madera, para establecer su capacidad de resistencia a la penetración.

P.S.F. Punto de saturación de la fibra en estado de humedad crítica, es cuando toda el agua libre se ha evaporado y el agua capilar empieza a evaporarse, aquí la humedad es constante entre un 25% a 30%.

Retracción Es la falta de equilibrio entre la humedad de la madera y el ambiente.

RESUMEN

Dentro de lo se describe, se hizo énfasis en la Sociedad Civil Árbol Verde, que tiene a su cargo cierta área destinada a la tala dirigida. Su período de concesión corresponde a 25 años la cual es supervisada por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

Se hizo una búsqueda de 5 árboles de cada especie que llenaran los requisitos para ser sometidos a estudio, según lo requiere la norma American Society for Testing and Materiales, ASTM D-143. Las trozas seleccionadas de cada árbol se marcaron sobre sus secciones transversales, para formar barras de 0.06 x 0.06 x 1.20 m que, posteriormente, fueron utilizadas en la elaboración de probetas que tuvieron dimensiones normalizadas, según el tipo de ensayo, ya fuera físico o mecánico, por la norma ASTM D-143.

Esta investigación es de tipo preliminar. Los ensayos realizados en el Centro de Investigaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CII), fueron los siguientes.

- Flexión estática
- Compresión paralela a la fibra
- Compresión perpendicular a la fibra
- Dureza
- Corte paralelo a la fibra
- Clivaje
- Tensión paralela a la fibra

- Tensión perpendicular a la fibra
- Contenido de humedad
- Peso específico y contracción volumétrica .

Con el listado de datos obtenidos de cada prueba fue necesario someterlo a un análisis estadístico, para obtener valores compactos que fueron de utilidad al evaluar las propiedades de cada especie y, así, determinar los esfuerzos básicos junto a los tres grados estructurales de madera, que son valores de resistencia del material, cuando este se encuentra en condiciones ideales, sanas y limpias.

Para maderas nacionales, se suelen emplear tres grados estructurales, los cuales son clasificadas de la siguiente manera.

Tipo A y B, maderas que serán empleadas en estructuras permanentes.

Tipo C, empleadas en estructuras o construcciones provisionales.

OBJETIVOS

- **General**

Determinar las características físicas y propiedades mecánicas de cuatro especies de madera del Petén

- **Específicos**

1. Contribuir en la formulación de información tecnológica de especies maderables de nuestro país.
2. Conocer la utilidad de la madera según su composición.
3. Determinar las principales propiedades físico-mecánicas de cuatro especies de madera.

INTRODUCCIÓN

La explotación de la madera en un país como Guatemala, tiene diversos campos que motiva al análisis de sus características y propiedades. Si se regula adecuadamente su uso y se crea conciencia dentro de la población el recurso maderero podrá ser una fuente de ingresos no solamente de una comunidad, sino del país entero. Generando, así, empleo a las poblaciones que se dediquen a la explotación, cuidado y protección de las especies de madera.

Es por tal motivo que es necesario conocer las características físicas y propiedades mecánicas de la madera, para determinar que tan factible podría ser su uso y poder pensar en la comercialización de dicho material.

Además, es importante brindar ayuda a las comunidades civiles que se encargan del cuidado de zonas boscosas a través de estudios que garanticen la calidad y capacidad de una determinada especie de madera, para comprender el comportamiento de este material y darle un uso apropiado. Ya que, las características y propiedades varían dependiendo de los aspectos climáticos y geográficos del lugar.

Se hace una breve descripción de cada uno de los temas relacionados desde la ubicación, selección y forma de corte de cada una de las especies, con el fin de darle a conocer al lector el tema en una forma breve y clara.

El desarrollo de cada una de las pruebas ya sean físicas o mecánicas, cuenta con la descripción y requisitos que la norma Sociedad Americana de Prueba de Materiales, –American Society for Testing and Materials–, A.S.T.M D-143, requiere para la realización de los mismos presentando figuras para el fácil entendimiento del mismo.

El análisis estadístico forma parte importante, ya que, el objetivo primordial es evaluar las propiedades de cada una de las especies, según los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Debido a que la madera siempre presentará algún tipo de defecto y casi nunca se lograra conseguir condiciones ideales, bajo las cuales se realizaron las pruebas, se reducen, adecuadamente, los esfuerzos básicos y se obtienen esfuerzos permisibles de trabajo que son los valores recomendados para diseño cuando se usen estos materiales.

La investigación por los altos costos que representaba para el Centro de Investigaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CII) se tuvo que reducir en un 90 %,siendo por tal motivo de carácter preliminar.

1. SELECCIÓN Y RECOLECCION DE ESPECIES

1.1 Descripción geográfica del lugar de extracción

Las condiciones geográficas que se describen a continuación corresponden al área de concesión que le fue otorgado a la Sociedad Civil Árbol Verde de donde se obtuvieron las especies madereras que fueron sometidas a estudio en el presente trabajo, se menciona ampliamente a la unidad de Manejo “Las Ventanas”, ya que dicho nombre tiene la concesión otorgada.

1.1.1 Características físicas y climáticas de la Unidad de Manejo

El clima del área de extracción es de tipo sub-tropical cálido, sin estación seca bien definida durante el año. La temperatura media varía entre 22° a 29° en condiciones normales. Los vientos predominantes son alisios que soplan de noroeste, variando la precipitación pluvial anual entre 1 200 y 1 700 mm.

La temporada de lluvia se extiende de junio hasta diciembre y parte de enero, las más intensas ocurren en junio, julio, septiembre y octubre. Se estima un total de 161 días de lluvia al año, con una evapotranspiración media anual de 798 mm, valor que representa un 58 % de total de lluvias. La humedad relativa va de 81 a 82 % en los meses de julio a enero y de 77 a 63 % de febrero a junio.

1.1.2 Elevación

Según sus hojas cartográficas, la elevación mínima que se presenta en la Unidad de Manejo alcanza los 110 m, la cual abarca una pequeña área ubicada en la parte Este. De igual manera se presenta una altitud máxima de 330 m en la parte sur-este. En cuanto al área total se observó que la altitud promedio se mantienen entre los 100 a 200 m, ocupando un 75 % del total, aproximadamente.

1.1.3 Pendiente

La topografía que se manifiesta en la Unidad de Manejo no es muy variable, predominando en un 75 % las áreas planas que van desde 0° a 5° y en menor porcentaje (20 %) terrenos con ondulaciones moderadas con inclinaciones de 5° a 25° . Esta área conforma una franja que inicia en la parte norte, hasta culminar en la parte sur-este, aproximadamente a la mitad del límite de la concesión; que es la destinada a la protección.

1.1.4 Recursos Hídricos

Se encuentra dentro de la vertiente del Mar de las Antillas en la cuenca hidrológica del río Azul. La plataforma de Yucatán y los plegamientos hacia el sur del área la conforman múltiples lagunas y cuerpos de agua, los que dan origen a las aguadas, que son utilizados por trabajadores como fuente de consumo en los periodos de extracción del área. Una de las fuentes de agua de importancia dentro del área, es la laguna ubicada al centro de la concesión, específicamente en el Campamento La Trampa. Asimismo cuenta con dos ríos, tal es el caso del Holmul y el Azul, que le sirve como limite en la parte Este.

1.1.5 Geología

La unidad de Manejo Las Ventanas, se localiza dentro de la provincia geológica plataforma sedimentaria de Yucatán, formados por sedimentos marinos de Paleoceno y aluviones de la era cuaternaria. La frontera de la plataforma se extiende de Este a Oeste, siguiendo la estructura geológica la cual incluye el lago de Petén Itza, lago Yaxhá, Sacnab y otros cuerpos de agua.

1.1.6 Suelos

Los suelos son poco profundos y bien drenados, se caracterizan por material madre de roca caliza suave, relieve plano a quebrado, con peligro de erosión muy alto, drenaje interno bueno, fertilidad natural alta, el suelo superficial es de color negro, textura arcillosa, consistencia plástica, fertilidad variable con drenaje lento. En términos generales los suelos poseen un bajo potencial de uso agrícola, siendo su capacidad de uso inminentemente forestal y para la protección de la misma.

1.1.7 Descripción de la vegetación

En el bosque se manifiesta una diversidad florística abundante, compuesta por 135 especies forestales distribuidas en 34 familias arbolarias. El bosque se clasifica como medio / alto, con alturas que van de 15 a 25 m, aunque existen algunos otros que superan éstas alturas, las cuales no son significativas. Además existe una diversidad de especies no maderables con un buen potencial para manejo.

Del total del área, existe aproximadamente un 56 % con características aptas para el manejo de productos maderables y el porcentaje restante, es ocupado por terrenos bajos y otros desprovistos de vegetación. En forma general, las especies de mayor valor de importancia encontradas en el área están indicadas en la siguiente tabla.

Tabla I. Especies de mayor importancia

Nombre Común	Nombre Técnico	Índice De Importancia (%)
Chicozapote	Manilkara Zapota	12,9
Ramón Oreja De Mico	Brosimum Costaricanum	11,8
Zapotillo Hoja Fina	Pouteria Reticulata	4,7
Yaxnic	Vitex Gaumeri	3,9
Canisté	Pouteria Campechiana	3,6
Malerio Colorado	Aspidosperma Megalocarpum	3,5
Mano De León	Dendropanax Arboreum	3,3

En lo que respecta a especies maderables comerciales, se mencionan las siguientes, ubicándolas según su índice de importancia.

Tabla II. Especies maderables de mayor importancia

Nombre Común	Nombre Técnico	Índice De Importancia (%)
Malerio Colorado	Aspidosperma Megalocarpum	3,5
Mano De León	Dendropanax Arboreum	3,3
Chacaj Colorado	Bursera Simaruba	3,2
Jobo	Spondias Mombium	2,8
Santa María	Calophyllia Brasilense	1,2
Caoba	Swietenia Macrophylla	1,1
Cansan	Terminalia Amazonia	0,8
Manchiche	Lonchocarpus Castillo	0,8
Cedro	Cedrela Odorata	0,6

1.1.8 Fauna

La diversidad de fauna dentro de la Unidad de Manejo es amplia, debido a la poca intervención que ha sufrido por parte de madereros y cazadores.

Otro de los aspectos que juega un papel importante en la abundancia de especies de animales, es la presencia de cuerpos de agua, donde los mas importantes son: el río Azul, río Holmul y la laguna conocida como la Lagunilla. Las especies que pueden encontrarse son las típicas de selvas tropicales.

En el área se presentan especies en peligro de extinción, como las que se mencionan en la siguiente tabla.

Tabla III. Fauna en peligro de extinción reportada en el área

Nombre común	Nombre técnico
Armadillo	Dasipus novemcinctus
Cabrito	Mazamaamericana
Coche De Monte	Dicotyles tajacu
Comadreja	Mustela sp
Jabalí	Tayasu pecari
Mapache	Procyon lotor
Micoleón	Potos flavus
Mono Araña	Ateles geoffroyi
Mono Aullador	Alouatta pigra
Ocelote	Leopardus pardalis
Pizote	Nasua nasua
Tepezcuintle	Aguti paca
Tigrillo	Leopardus wiedii
Venado De Cola Blanca	Odocoileus virginianus
Cojolita	Penélope purpuracens

Tabla III. Continuación

Pajuil	Crax rubra
Pavo Petenero	Agriocharis ocellata
Loro Cabeza Azul	Amazona farinosa
Guacamaya	Ara macao
Halcón	Halcón deiroleicus

Entre la zona también se encuentran: tortuga blanca, lagarto, iguana, garrobo, serpiente barba amarilla, cascabel. mano de piedra, ranas salamandras, basiliscos, cutetes , lagartijas, que dependen de un sotobosque bien formado, con una capa de hojarasca en el suelo.

1.1.8 Sitios arqueológicos

Para la protección de los sitios arqueológicos, se cuenta con un área de protección dentro de la cual hay una zonificación, definidas en áreas de protección estricta y áreas destinadas al aprovechamiento de productos no maderables. El área total destinada para la protección de sitios es de 3,600 ha.

Para la jerarquización se utilizaron diferentes criterios tales como extensión, monumentalidad de las estructuras y las características particulares de cada una de ellas. Para este fin, categorizaron cuatro rangos de sitios, de mayor o menor complejidad. Las características que incluyen cada rango se presentan a continuación:

- **Rango I:** Incluye sitios que por su tamaño y complejidad tuvo en la época prehispánica una importancia regional. Abarcan áreas de 10 km², con un numero aproximado de 80 estructuras menores de 2 metros, 40 entre 2 a 5 m. y mas de 10 entre 6 a 10 m de altura aproximadamente. Se presentan estelas, altares, caminos, esculturas o pinturas murales.
- **Rango II:** aquí se consideran los sitios que en época prehispánica tuvieron importancia regional secundaria. Pueden ser de una cantidad de 50 estructuras, con alturas menores a 2 y 5 m. Pueden tener elementos arqueológicos notables como esculturas, estelas y caminos.
- **Rango III:** Sitios que tuvieron importancia secundaria y dependieron de otros centros mayores. Se caracterizan por tener extensiones menores a 4 km². conformado por mas de 15 estructuras menores de 2 m y 10 entre 2 y 5 m, además, tiene un núcleo central de mas de 4 estructuras entre 5 y 8 m.
- **Rango IV:** Sitios con extensión de 0.5 km², dentro de las que solamente pueden haber estructuras menores a los 2 m. No presenta arquitectura o elementos arqueológicos.

1.2. Ubicación geográfica

1.2.1 Localización

La Unidad de Manejo se localiza en las hojas cartográficas (escala 1:50,000), las que pertenecen al Departamento del Petén son las siguientes.

Xultún	No. 2368 IV
Río Azul	No. 2368 III
Nakum	No. 2367 Iv

La unidad de manejo Las Ventanas, que pertenece a la Sociedad Civil para el Desarrollo Árbol Verde, tiene una extensión de 64 973,37 hectáreas, ubicada en la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, departamento del Petén (ver figura No 1), sus colindancias son las siguientes.

NORTE	Corredor Biológico
ESTE	Unidad de Manejo Chosquitán y la ZUM
SUR	Triángulo Yaxhá-Nakún-Naranjo
OESTE	Corredor Biológico

Las coordenadas geográficas de los límites de la Unidad de Manejo, Las Ventanas, que pertenece a la Sociedad Civil para el Desarrollo Árbol Verde respecto a sus colindancias son las siguientes.

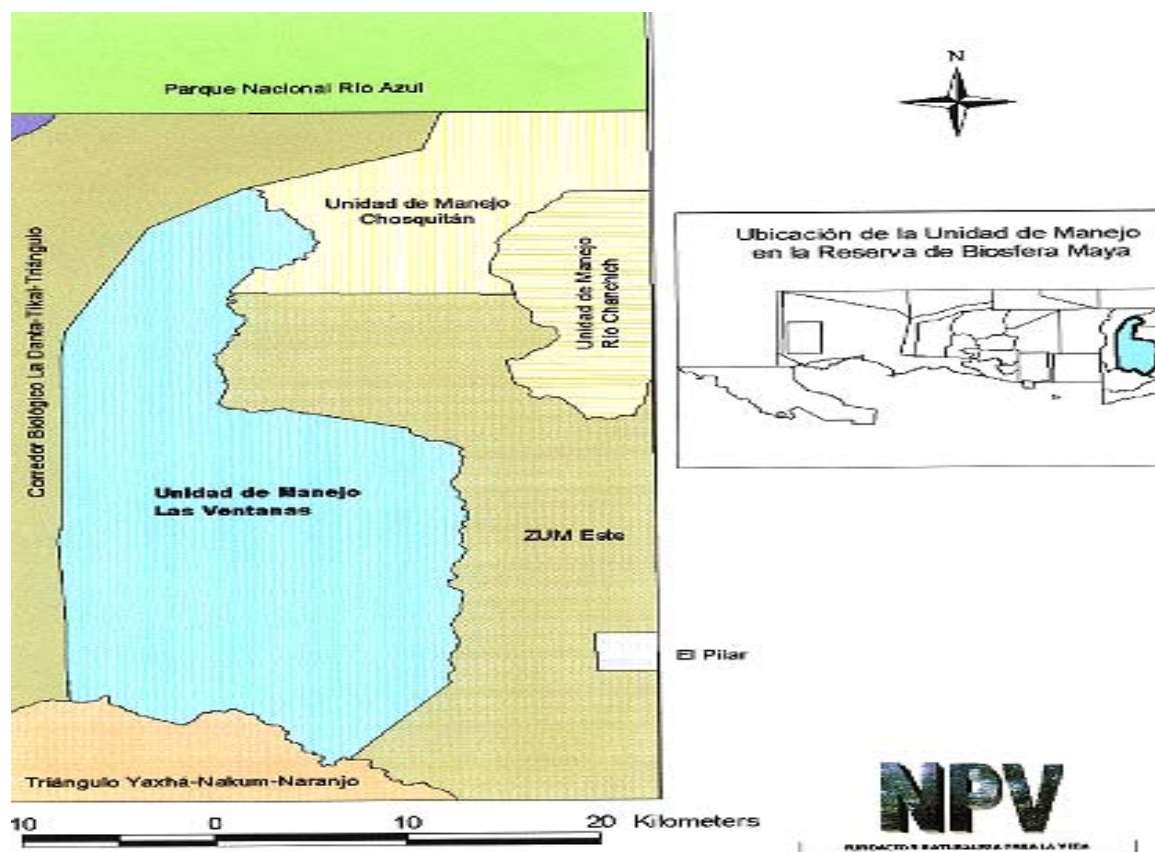
Tabla IV. Coordenadas geográficas de la unidad de manejo "LAS VENTANAS"

Pto.	Descripción	Coordenadas Geográficas	
		Latitud Norte	Longitud Oeste
1	Río azul en las coordenadas	17° 36' 33,32"	89° 20' 40,68"
2	Sobre el río, al sur, hasta el cruce de afluentes, en las Coordenadas.	17° 26' 34,80"	89° 21' 28,61"
3	Sobre el mismo río hasta el nacimiento de un afluente, en coordenadas.	17° 26' 06,49"	89° 19' 00,90"
4	En línea recta hasta el nacimiento de un afluente del río Holmul, en coordenadas.	17° 25' 23,23"	89° 16' 08,01"
5	Sobre el río, al sur, hasta las coordenadas	17° 18' 18,90"	89° 15' 02,75"
6	Sobre un trocopás, al sur, en las coordenadas	17° 13' 36,46"	89° 15' 00,11"

Tabla IV. Continuación

7	En línea recta al sur-oeste, hasta el río, en las coordenadas	17° 10' 02,67"	89° 17' 54,16"
8	Sobre el río, al nor-oeste, en las coordenadas	17° 11' 39,20"	89° 22' 31,95"
9	En línea recta al nor-oeste, hasta las coordenadas	17° 12' 09,48"	89° 23' 50,26"
10	Sobre un cauce de arroyo hasta cruzar con un trocopás, en las coordenadas	17° 13' 04,26"	89° 24' 39,72"
11	Sobre ese trocopás hasta el limite Este del corredor biológico, en las coordenadas	17° 12' 47,91"	89° 25' 43,13"
12	Sobre el limite Este del corredor biológico, subiendo al norte, hasta las coordenadas	17° 29' 56,22"	89° 25' 45,34"
13	Sobre el mismo limite, al nor-este hasta las coordenadas	17° 34' 45,22"	89° 23' 23,52"
1	Sobre el mismo limite hasta cerrar el polígono en el punto 1, en las coordenadas	17° 36' 33,32"	89° 20' 40,68"

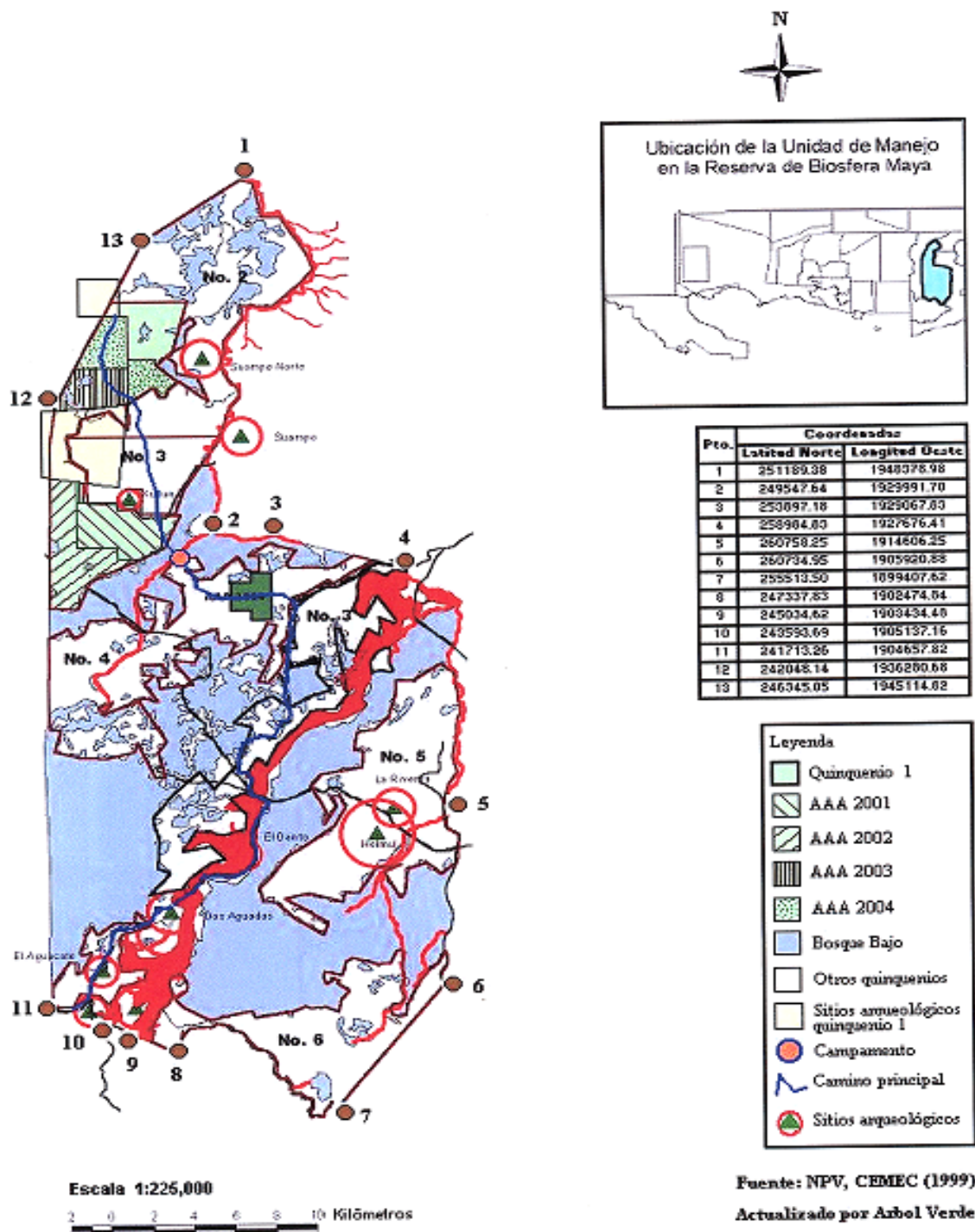
Figura 1. Ubicación de la unidad de manejo “LAS VENTANAS”



Fuente: NPV, CEMEC (1 999)

Actualizado por Árbol Verde

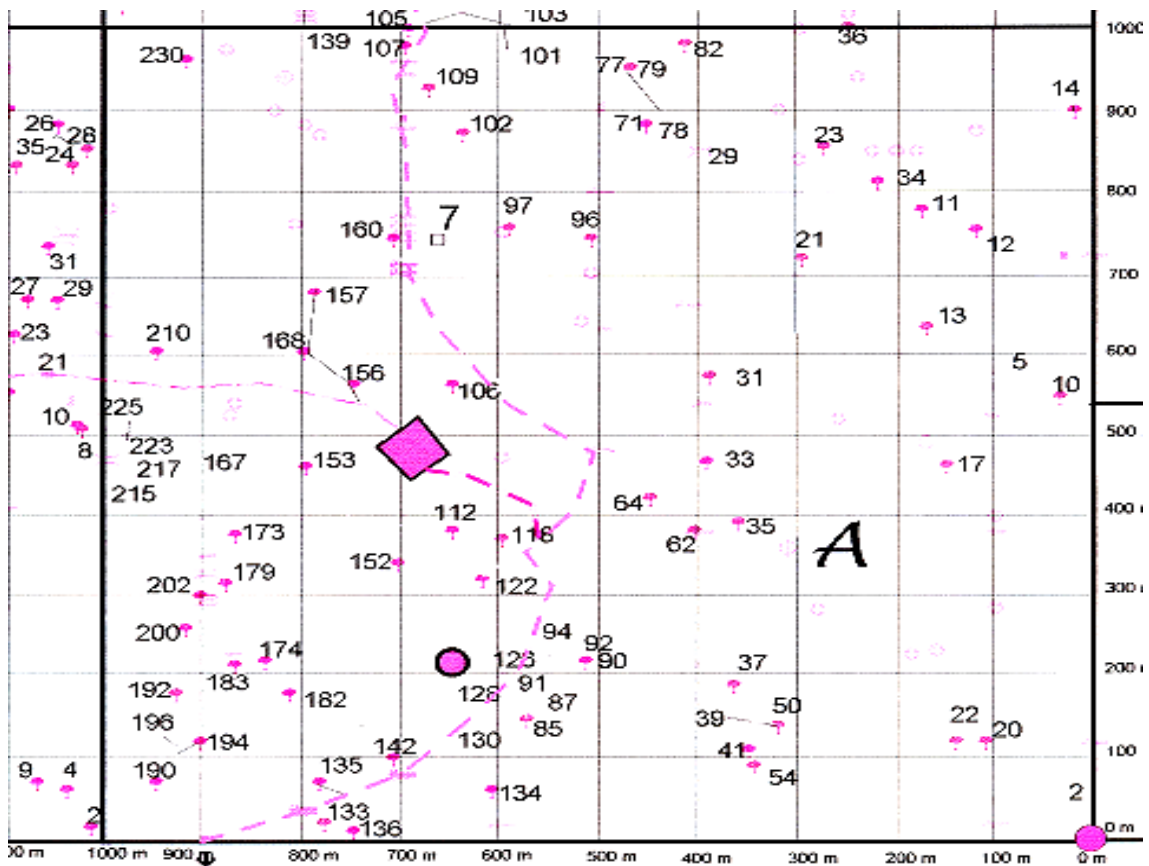
Figura 2. Ubicación de la unidad de manejo “LAS VENTANAS en la RBM



1.3. Mapas de ubicación de extracción de la unidad de manejo “Las Ventanas”

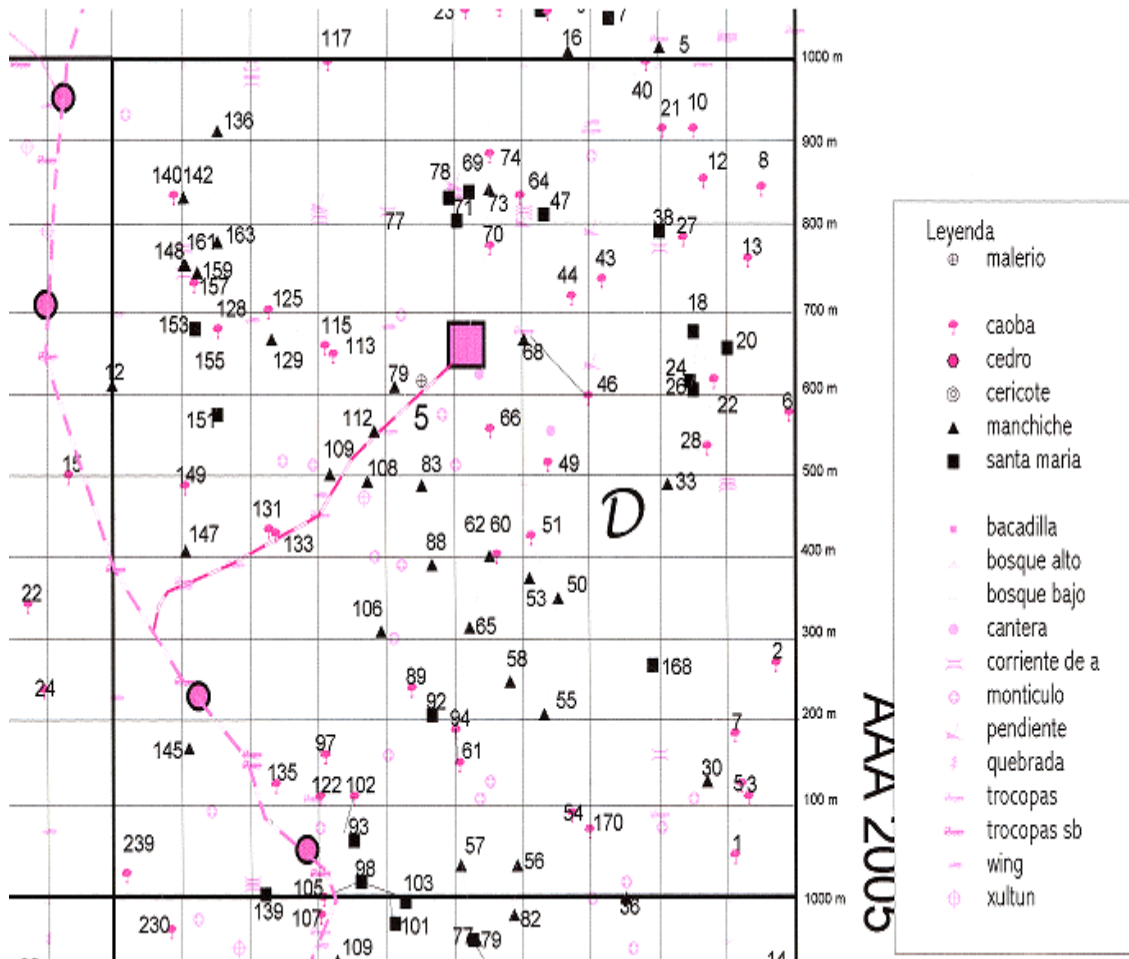
Estos mapas representan el área destinada a corte del año 2 004, en el cual fueron localizadas las especies que serian utilizadas en este trabajo. Árbol Verde censa anualmente las áreas destinadas a corte, no solo para tener un buen control sino para facilitar su búsqueda en el tiempo destinado a la tala. (ver sección 1.7.1)

Figura 3. Ubicación de sector de extracción “A”



Fuente: Árbol Verde (2 004)

Figura 4. Ubicación de sector de extracción “D”



Fuente: Árbol Verde (2 004)

1.4. ¿Qué es una sociedad civil?

Dentro de lo que se describe a continuación se hace énfasis en lo que se refiere a la Sociedad Civil Árbol Verde, ya que dentro de la Reserva de la Biosfera Maya existen mas Sociedades Civiles.

1.4.1 ¿Qué es la Sociedad Civil para el Desarrollo Árbol Verde?

Se concibe como una Empresa Comunitaria que en sus estatutos plantea como objetivo general:

El mejoramiento de las condiciones de vida de sus socios y de las comunidades a las que pertenecen, por medio del desarrollo de procesos e implementación de proyectos productivos basados en el uso racional y sostenible de los recursos y servicios forestales y no forestales provenientes de la concesión otorgada por el Estado.

1.4.2. Leyes en que se fundamenta legalmente el otorgamiento y manejo de una Concesión

- Constitución Política de la Republica de Guatemala
- Ley de Áreas Protegidas, sus Reformas y Reglamentos
- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente
- Ley de Creación de la Reserva de Biosfera Maya
- Ley de Contrataciones del Estado
- Ley Forestal
- Ley para Protección del Patrimonio Cultural de la Nación
- Normas para el otorgamiento de Concesiones de aprovechamiento y manejo de recursos naturales renovables en la RBM.

1.4.3. Período de adjudicación en una Concesión

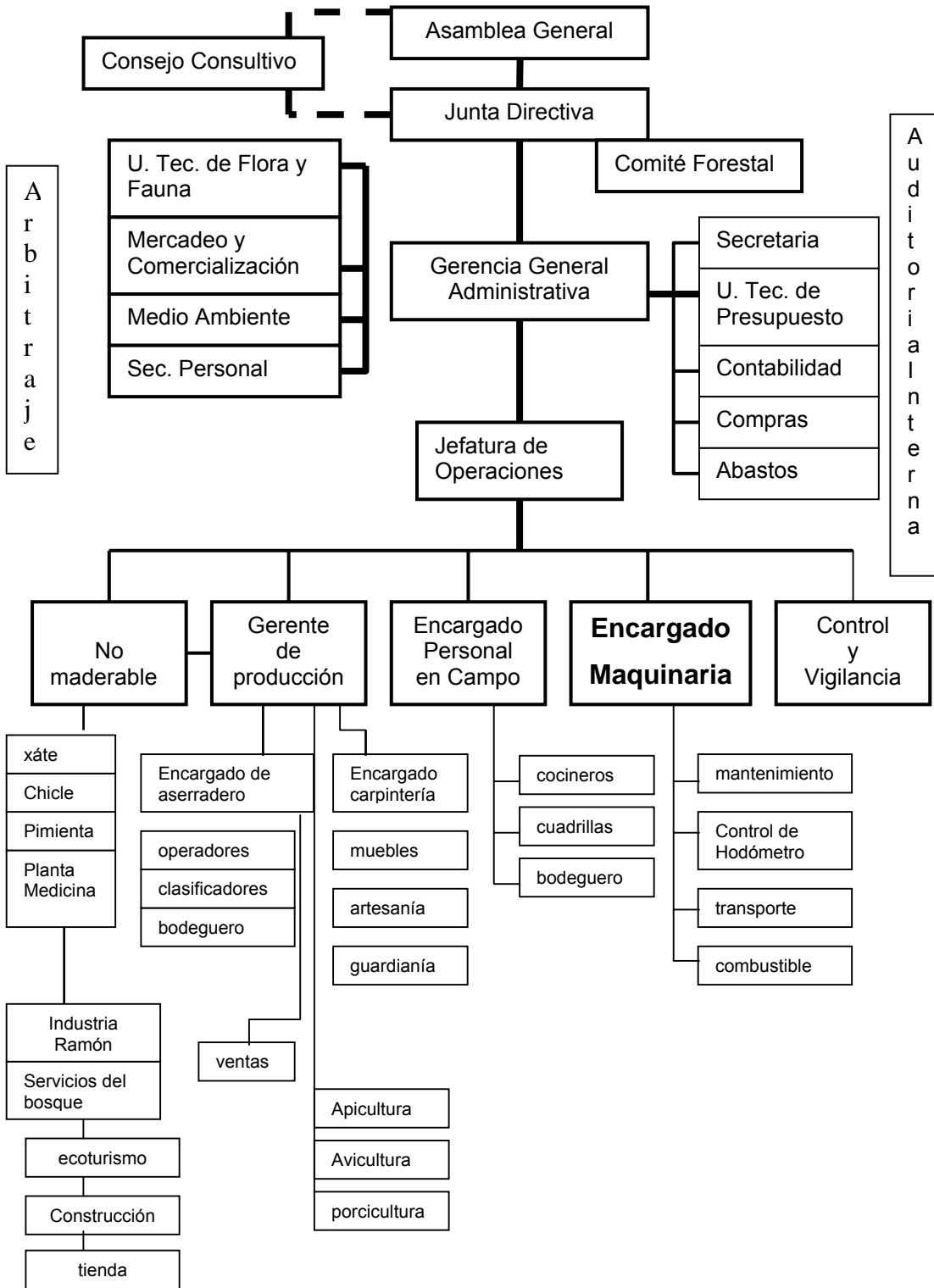
El periodo de concesión corresponde a 25 años, la cual tiene inicio en 1998, que se firma de la escritura pública. El periodo de concesión puede ser prorrogable, mediante el buen uso y extracción adecuada de la concesión, la cual estará siendo supervisada por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

1.4.4. Estructura de la Organización

Se divide en cuatro órganos de Gobierno y Administración:

1. Asamblea General , es la autoridad máxima y esta compuesta por todos los socios.
2. Junta Directiva , integrado por el Presidente, Vicepresidente, secretario, tesorero y cuatro vocales.
3. Consejo Consultivo, conformado por personas que integran comisiones de Fiscalización, Vigilancia y Comercialización.
4. Administración de la Empresa Forestal, compuesta por el administrador y sus asistentes.

Figura 5. Organigrama de la sociedad civil



Fuente: Árbol Verde

1.5. Antecedentes de la Sociedad Civil Árbol Verde

Se formó en 1 992, como un comité, Pro Concesiones Comunitarias. Desde el principio tuvo que encarar múltiples obstáculos para el logro del área solicitada. En 1 997 se formó la organización bajo el nombre de “Árbol Verde” y el 7 de febrero de 1 998 se firmó la escritura pública con el apoyo de la Asociación de Comunidades de Petén (ACOFOP).

1.5.1. Datos de interés de la Unidad de Manejo otorgada a la Sociedad Civil

Nombre de unidad	Las Ventanas
Extensión	64 973,37 ha
Localización	Zona de Uso Múltiple, Reserva de Biosfera Maya
Ubicación Política	Municipio de Flores y Melchor de Mencos
Acceso	60 km. en terracería (hasta el primer campamento)
Duración de Manejo	30 años
Bosque dedicado a la extracción maderable	33 079 ha (51 % de área total)
Bosque para protección y reserva	31 894 ha
Diversidad Florística	135 especies reportadas
Sitios arqueológicos	12 sitios con rangos I y II

Recursos no maderables	Xate, látex de Chicozapote, Pimienta, Bayal, Mimbre, Guano, Ramón
Especies maderables de mayor interés actual	Caoba, Manchiche, Santa Maria, Cedro, Mano de León y Jobillo

1.6. Breve descripción forestal de cada especie

1.6.1. Santa Maria–Calophyllum Brasiliense Camb–

De color gris pardo, con su fuste recto y cilíndrico. Árbol muy grande que puede alcanzar hasta 40 m de altura y 1,2 m de diámetro a la altura del pecho. Su duramen es de color anaranjado rojizo y su albura de color castaño grisáceo. Crece en suelos bien drenados , y su secado es moderadamente difícil.

1.6.2. Manchiche–Lonchocarpus Castilloi–

Es notable por la forma de su fuste liso o escamoso, con su corteza de color grisáceo amarillento. Al ser cortado despide un olor característico, sus contrafuertes son muy pequeños o ausentes.

Un árbol pequeño presenta aproximadamente entre 30 a 40 metros de altura y de 40 a 100 cm de diámetro aproximado a la altura del pecho. En su corteza interior es de color café rojizo y que sobresalta en la albura un color blanquizco.

Fácil secado al aire sin presencia de rajaduras y pandeo, el secado debe ser lento y prolongado.

1.6.3. Danto –Vatairea Lundellii–

Suele ser notable de color oscuro con manchas blancas en la corteza exterior, sus contrafuertes en la base del fuste que están bien desarrollados que hasta alcanzan 2 metros de altura y hacen un contraste con el tronco que es recto y esbelto, la corteza en su interior es de color amarillo rosado con un aspecto de ser granulado.

Se localiza en suelos bien drenados. Además de tener un sabor amargo persistente, es difícil de secar al aire ya que presenta durante el proceso pandeo y rajaduras . Un árbol mediano presenta aproximadamente entre 30 a 40 metros de altura y un metro de diámetro aproximado a la altura del pecho.

1.6.4. Malerio Colorado – Aspidosperma Megalocarpon–

Árbol de 35 a 40 metros de alto y de hasta 80 cm de diámetro, con el tronco muy recto y ramas horizontales situadas muy arriba del tronco dejando un fuste limpio. Se localiza en suelos de origen calizo, ígneo o metamórfico. Corteza externa lisa, color gris pardusca. La madera presenta diferencia de color entre albura y duramen, la albura es castaño rojizo y el duramen es rojizo, no tiene olor ni sabor característicos.

1.7 Selección y marcado de trozas

1.7.1 Corte de árboles

Esta es una breve descripción de lo que es la tala dirigida, la cual consiste fundamentalmente en cuidar y preservar el bosque y que éste resulte lo menos afectado posible. Se describe paso a paso la manera secuencial de talar un árbol, teniendo en cuenta que cada especie varía de acuerdo a sus diferentes características.

Figura 6. Localización de árboles a extraer.



Se tuvo a la vista los mapas de ubicación geográfica, (figura 6) dentro del área de corte con el fin de establecer los lugares de extracción de los especímenes para la realización de los ensayos a manera de obtener representatividad de todo el área de extracción para la elaboración del estudio.

Fueron seleccionados cinco árboles de cada especie, teniendo en cuenta la toma de su norte astronómico en cada uno de los árboles. Se recorrió toda el área de corte seleccionando los árboles que fueron sometidos a estudio, según lo requieren las normas A.S.T.M. D-143.

Solamente la especie de Danto no pudo ser seleccionada debido a que dicha especie no estaba censada en esa región de corte. El técnico forestal se comprometió a seleccionar los cinco árboles según las especificaciones requeridas. Dentro de lo que se debe efectuar en la tala dirigida se tiene:

- **Ubicación del árbol según el mapa de censo**, en el año 2 004, se tuvo una extensión destinada al corte de 0,849 ha.
- **Verificar si el número corresponde al área censada**, cada árbol al ser talado tiene un número correspondiente, para tener el control de qué porcentaje de árboles se ha extraído de cada cuadrante dentro de la extensión de tala destinada para el año 2 004. Además los árboles tienen un número de clasificación y una inicial que corresponde al cuadrante a donde pertenecen. También se tiene marcas de letras ; la letra “**S**” significa que es un árbol semillero, que aunque cumpla con requisitos de tala, mejor se conserva, ya que será de mayor utilidad debido a su semilla; la letra “**X**” corresponde a los árboles destinados a la tala, los cuales además de pasar la inspección visual también deben de cumplir con un diámetro no menor de los 50 cm. (ver figura 7).

Figura 7. Árbol con marca para ser talado



Figura 8. Buscando dirección de caída



- **Verificar la especie de árbol maderero**, ya que muchas veces se encuentran hasta tres árboles juntos de diferente especie. En el año 2004, debido a la demanda que se tuvo solamente se talaron las especies de Santa María, Pucté, Manchiche y Cedro.
- **Observar la dirección de caída**, esto es importante ya que algunos árboles ya tiene una dirección definida debido a inclinaciones que algunos sufren, en casos como los de Manchiche que tienden a ser árboles rectos, se les debe buscar una dirección adecuada donde minimice el daño a otras especies que representen un bien en el futuro. (ver figura 8)
- Verificar que no se lastimen árboles de Pimienta, Chicozapote, Xate y Ramón. Este paso es importante ya que se trata de preservar la existencia de árboles de menor edad, que además de que algunos son semilleros, otros son importantes en su conservación.

- **Realización de la tala**, dentro de lo que es la tala se debe proceder de la siguiente manera.

Figura 9. Limpieza de área a talar



Figura 10. Corte de gambas



Figura 11. Corte de cuña



Figura 12. Corte de bisagras



Figura 13. Apulañamiento



Figura 14. Corte final



- **Marcar la troza del árbol ya cortado**, como también el tronco, esto es para tener control dentro del área de corte, para impedir la perdida de troncos y también la tala de árboles semilleros. Se debe llenar la boleta de tala, esta boleta sirve para tener mayor control de las trozas en el transporte , así como en el aserradero. Esto también sirve para cuando llegan a supervisar la tala por parte del CONAP.

Figura 15. Marcado de tronco



Figura 16. Marcado de troza



- **Ultima parte**, ya solamente queda el separar al tronco de sus ramas, y si el tronco fuese demasiado largo, proceder a separarlo en dos o tres secciones.

1.7.2 Identificación y selección de especies

Por medio de planos geográficos del lugar (ver sección 1.3), se cuenta con la localización específica de la ubicación de cada especie para su extracción. Se hizo una búsqueda de los árboles que llenaban los requisitos para ser sometidos a estudio.

Se escogieron 5 árboles de cada especie, según ASTM D-143. Tomando en cuenta su norte astronómico para su posterior uso en el mercado de las trozas. Es importante el tomar en cuenta el marcado del norte, ya que esto influirá grandemente en la selección de barras, para la realización de cada tipo de ensayo.

Para un fácil manejo de las especies y su estudio se tomó la siguiente nomenclatura:

- Con la letra “A” se describe la especie de Santa María.
- Con la letra “C” se describe la especie de Manchiche.
- Con la letra “D” se describe la especie de Danto.
- Con la letra “M” se describe la especie de Malerio Colorado.

1.7.3 Selección y número de trozas

De los cinco árboles escogidos por especie, fueron seleccionados trozas a cada 1,20 m según su longitud comercial, a diferentes alturas de tal forma que proporcionen información de la variación de sus propiedades respecto a su altura. El fuste comercial se dividió en secciones y se designo con letras minúsculas tales como a, b, c ,d, etc., cada letra representa una longitud de 1,20 m. Todo esto es con el objetivo de determinar la altura del árbol de donde proviene cada troza seleccionada.

1.7.4 Marcado y aserrado

Las trozas seleccionadas fueron marcadas sobre sus secciones transversales con respecto a los puntos cardinales. Esto es partiendo de la ubicación del norte astronómico, el cual debe ir marcado a lo largo de todo el árbol antes de ser seccionado para su fácil visualización.

Se hicieron divisiones de 6 x 6 cm, por pares desde el centro o del corazón del árbol. Se debe tomar como referencia los puntos cardinales en el marcaje. La nomenclatura de identificación es la siguiente:

- Un número arábigo que señala el numero del árbol de donde proviene, acompañado de la letra que designa el tipo de especie, para éste estudio serán las letras A, C, D, M, que han sido descritas anteriormente.

- La posición que ocupa la barra dentro de la sección de la troza analizada. (N, S, E, W). Esto es partiendo del duramen hacia la albura.
- Una letra minúscula que indica la altura de donde proviene la troza. (a, b, c, d....etc.). (ver figura 20)

Ejemplo

1AE4d significa que la barra proviene del árbol 1, de la especie de Santa Maria y que ocupa una posición en la porción Este de la troza y se encuentra a una altura de 3,60 m.

1.7.5 Corte y almacenaje

Luego de la designación, se procede a cortar las trozas según las divisiones descritas anteriormente. El corte se realizó en el aserradero, ya que Árbol Verde cuenta con su propio aserradero para la venta de madera.

Con el uso de una sierra manual hubiera sido mas difícil y costoso, además implicaría mayor cuidado al respetar las marcas para la obtención de barras. Es importante el proteger las puntas de las barras con cera para impedir que estas pierdan humedad.

Figura 17. Corte de trozas



Figura 18. Corte de troza en barras

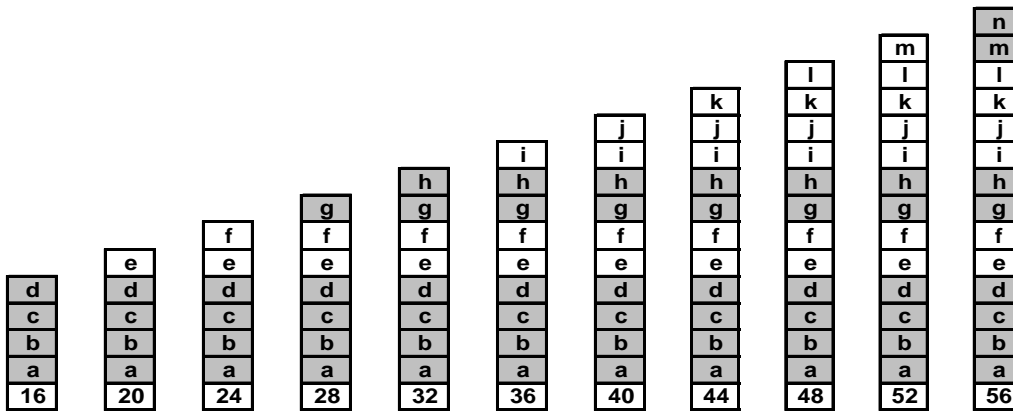


El almacenamiento previo a ser transportado al CII, se localizo un lugar donde estuviera la madera protegida del sol y de la lluvia. Las barras fueron apiladas sobre tarimas para protegerla de la humedad del suelo con cierto grado de inclinación, ya que de esta manera circula fácilmente el aire por la madera apilada y fueron rociadas eventualmente con agua para prevenir el secado.

Figura 19. Almacenamiento de madera previo a su transporte



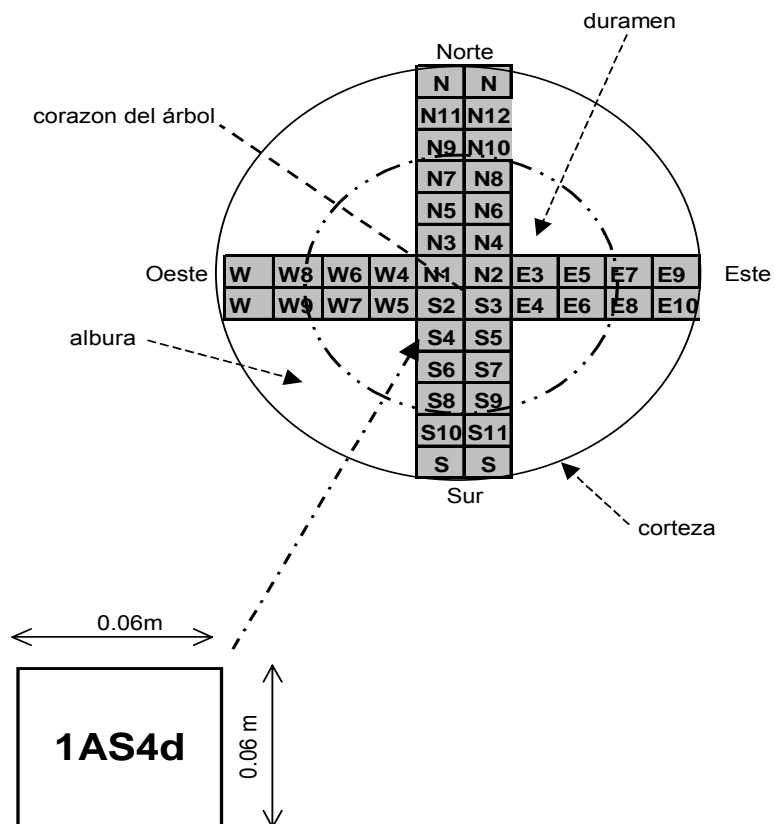
Figura 20. Forma de obtención de barras de 6 x 6 x 120 cm según A.S.T.M D-143



	muestra seleccionada
	muestra no seleccionada

Cada letra minúscula equivale a una longitud de 1.20 m

Longitud comercial	
ft	m
16	4.9
20	6.1
24	7.3
28	8.5
32	9.7
36	11.0
40	12.0
44	13.0
48	15.0
52	16.0
56	17.0



2. ENSAYOS MECÁNICOS Y FÍSICOS

2.1 Selección y disposición para ensayos

Para este estudio el procedimiento a seguir fue realizado en madera seca, por el cual se debieron aplicar factores de reducción. El motivo se debe a que la madera fue cortada varios meses antes de ser transportada al laboratorio para que se le realizaran los ensayos en madera verde. (humedad mayor del 30 %).

El número de ensayos se redujo en un 90 % debido a su alto costo que debía que absorber el CII, además en la sección donde se efectuaron los ensayos se hubiera incrementado el trabajo altamente.

A continuación se muestra la cantidad total de ensayos según las muestras que se obtuvieron y en referencia a la norma A.S.T.M D-143.

Tabla V. Cantidad real de ensayos

Especie	No. de troza por especie	No. total de ensayos por especie
Danto	13	741
Malerio Colorado	12	684
Manchiche	11	513
Santa María	15	855
No total de trozas	51	
No total de ensayos		2793

2.2 Descripción de ensayos

Las barras que fueron descritas anteriormente de 0,06 x 0,06 x 1,20 m, fueron utilizadas para la elaboración de probetas, que tienen dimensiones normalizadas según el tipo de ensayo ya sea físico o mecánico. Para cualquier tipo de prueba se debe tener un control adecuado de la humedad y temperatura.

2.2.1 Flexión estática

Flexibilidad es la propiedad que tienen algunas maderas de poder ser dobladas o ser curvadas en su sentido longitudinal, sin romperse. Si son elásticas recuperan su forma primitiva cuando cesa la fuerza que las ha deformado.

La madera presenta especial aptitud para sobrepasar su límite de elasticidad por flexión sin que se produzca rotura inmediata, siendo esta una propiedad que la hace útil para la curvatura. La madera verde, joven, húmeda o calentada, es más flexible que la seca o vieja y tiene mayor límite de deformación.

Influencias que afectan a la resistencia a la flexión: inclinación de la fibra, es muy similar a la de la resistencia a la tracción.

La disminución de resistencia a flexión y tracción se hace apreciable a partir de una inclinación de $1/25$, mientras en compresión lo es a partir de $1/10$, y en el corte apenas si tiene influencia.

Peso específico, existe una relación lineal entre resistencia a la flexión y densidad. En los casos de no seguir esta relación se deben a maderas con contenido de resinas elevado.

Contenido de humedad, la resistencia a la flexión tiene un máximo para un grado de humedad del 5 %, disminuyendo la resistencia desde dicha humedad hasta el PSF. La variación entre el 8 y el 15 % se puede considerar lineal. Temperatura, la resistencia a la flexión decrece al aumentar la temperatura; este crecimiento es mayor al aumentar la humedad.

Nudos y fendas, la influencia de los nudos varía según su posición: es mayor cuanto mayor sea el momento flector; y tiene más influencia si está en la zona de tensión que en la de compresión.

Resumiendo, su influencia es mayor cuanto mayor sea la tensión a que está sometida la zona que ocupa y como las tensiones de tracción son más intensas y sufren más, por los nudos, que las de compresión, su influencia es mayor a las tensiones de tracción.

2.2.1.1 Procedimiento de ensayo

Se debe elaborar una probeta de cada par de barras por cada troza. Este par consiste de 2 barras adjuntas y equidistantes en una misma distancia del centro, por ejemplo N1 y N2. Las dimensiones de las probetas a utilizar para dicho ensayo deberán tener las dimensiones siguientes: 5 x 5 x 75 cm. Antes de efectuar el ensayo se determina el peso y las dimensiones reales (alto, largo, ancho).

La carga es aplicada al centro, la longitud libre entre soportes es de 70 cm, las bases de cada uno de ellos, deberán de estar lo suficientemente aceitadas para lograr una posición horizontal exacta de la probeta a ensayar. (ver figura 21).

La carga se aplica continuamente a la probeta con una velocidad constante de la cabeza móvil de la prensa hidráulica más o menos, 1,25 Kg /segundo ó de 2,5 mm/min. Para cada cierto intervalo de carga (ejemplo: cada 100 Kg) se miden las deflexiones al centro de la probeta por medio de un deflectómetro. (ver figura 22).

Los valores leídos se transforman a mm. (multiplicando la lectura por la aproximación del aparato). Se dibuja por cada prueba una grafica de carga contra deformación y se anotan todos los detalles que se consideren son importantes.

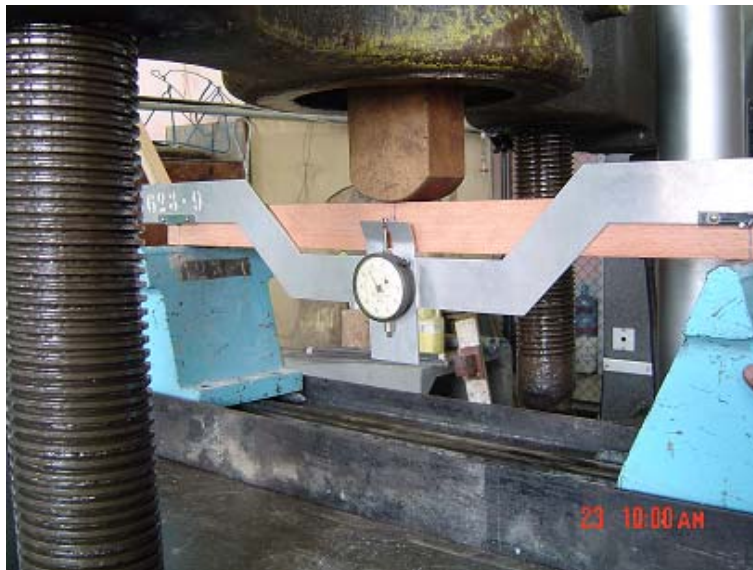
Figura 21. Probetas para ensayo de flexión, previas a ser ensayadas.



También se determinó el contenido de humedad por cada prueba, para cada probeta ensayada se debió que cortarle un segmento a cada una de ellas, pesarlo antes de meterlo al horno por 24 horas a una temperatura de 105 grados centígrados para luego pesarlo seco y así determinar y anotar el porcentaje de humedad de cada probeta, las dimensiones de dicho segmento son de 2,5 cm de longitud de la sección normal de la probeta, y deberá ser tomada de la parte cercana a la falla. (ver figura 23).

Se debe determinar la carga al límite elástico (viene dado este por el punto donde una tangente trazada a la carga se separa de esta). Se determina también el esfuerzo máximo o módulo de rotura y el módulo de elasticidad a flexión.

Figura 22. Probeta previa a ser sometida a la aplicación de carga, se observa en el centro la presencia del deflectómetro.



Para el calculo del esfuerzo máximo, se hace uso de una fórmula que sólo es válida en el rango elástico del material:

$$F_b = \frac{M}{S} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

F_b = Esfuerzo último de flexión (Kg/cm^2)

P = Carga última (Kg)

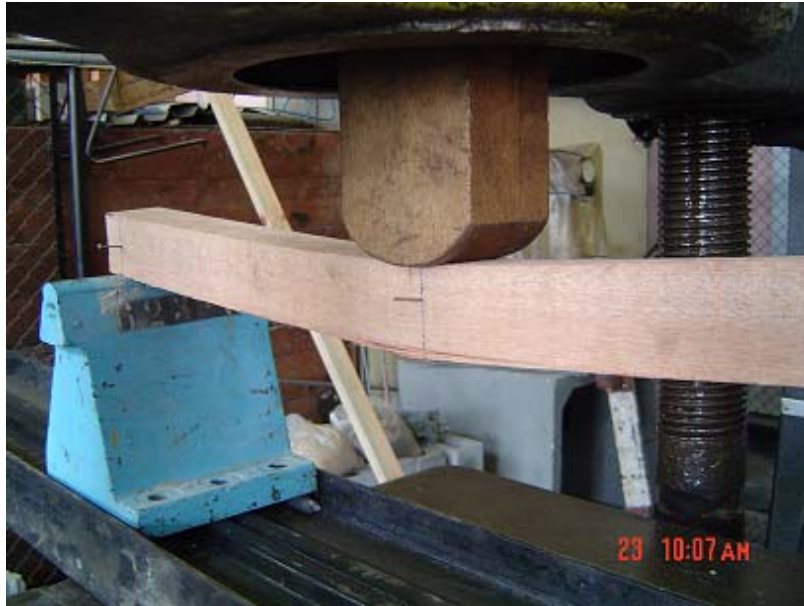
L = Longitud libre (cm)

b = Ancho (aprox. 5 cm)

h = Largo (aprox. 5 cm)

Pero que se acepta en estos casos debido a la aplicación de múltiples factores de reducción que colocan a la calidad del material dentro de un rango bajo y seguro.

Figura 23. Se muestra el momento de la falla por tensión simple.



El módulo de elasticidad a flexión se determina por medio de la formula,

$$E = \frac{PL^3}{48\epsilon l}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad a flexión (Kg /cm²)

P = Cualquier carga abajo del límite elástico (Kg)

ϵ = Deformación para la carga P (cm)

b = Ancho (aprox. 5 cm)

h = Largo (aprox. 5 cm)

$I = \text{Momento de inercia } (1/12bd^3)$

También el módulo de elasticidad se obtiene gráficamente, considerando que es la pendiente de la porción recta de la curva de esfuerzo contra deformación unitaria.

NOTA: Para encontrar cualquier módulo de elasticidad, para obtener más seguridad, tomar cada carga para cada deformación y aplicar la fórmula para cada una de ellas. Para todas el valor obtenido de E (Kg /cm^2) debe de ser el mismo, esto es cuando se hace analíticamente.

Tipos de falla que se dan en la prueba de flexión estática:



Tensión simple
Vista lateral



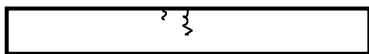
Tensión en fibra cruzada
Vista lateral



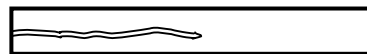
Tensión astillada
Vista en planta



Tensión de falla abrupta
Vista en planta



Compresión
Vista lateral



Corte horizontal
Vista lateral

2.2.2 Compresión paralela a la fibra

La madera, en la dirección de las fibras, resiste menos a compresión que a tracción, siendo la relación del orden de 0,50, aunque variando de una especie a otra de 0,25 a 0,75. Factores que influyen en la resistencia a la compresión son:

Inclinación de fibras, es el efecto de reducción de la resistencia por la misma es bastante menor que en tracción. Densidad, existe una relación lineal, pudiéndose considerar que a mas densidad más resistencia.

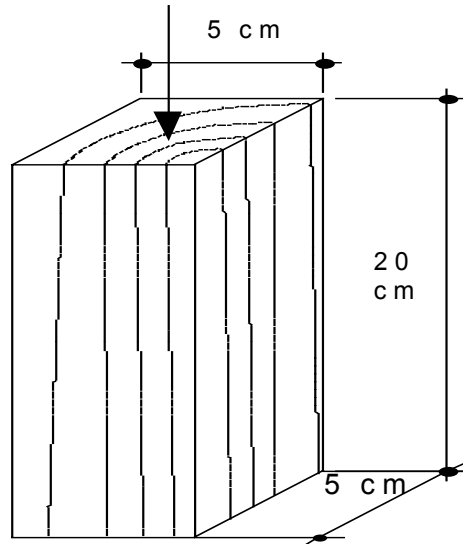
Humedad, la influencia es prácticamente nula por encima del punto de saturación de las fibras y aumenta a partir de dicho punto, al disminuir la humedad. Entre el 8 y el 18 % de humedad, se considera que la variación es lineal.

Nudos , su influencia es menor que en la tracción. Constitución química, las maderas con mayor cantidad de lignina, como las tropicales, resisten mejor a la compresión. Las bolsas de resinas no tienen influencia, pero como hacen aumentar el peso específico hace que baje la cota de calidad.

2.2.2.1 Procedimiento de ensayo

Se toma una barra por cada troza, para fabricar la probeta. Las dimensiones de las probetas son de 5 x 5 x 20 cm. Antes de realizar el ensayo correspondiente se determinan el peso y las dimensiones reales de la probeta. (ver figura 24).

Figura 24. Probeta para ensayo de compresión paralela a la fibra, pieza de 5 x 5 x 20 cm.



Se debe tener cuidado en la elaboración de la probeta, ya que si el corte de la misma no está recto, en las caras de las secciones es decir que formen un ángulo recto con las caras longitudinales, colaboraría a que la carga no vaya centrada y que al aplicársele la misma, dicha probeta se ladeará, perjudicando así, en obtener resultados incorrectos.

La probeta debe estar bien centrada en las quijadas: mordaza o base de la maquina y totalmente horizontales a las caras para evitar cualquier desviación o descentralización de la carga en la probeta. La carga se aplica en forma continua de 200 Kg más o menos a una velocidad constante la cabeza móvil de la prensa hidráulica de 0,003 cm/min, tomando deformaciones con el Compresómetro.

En el procedimiento de la prueba se midieron deformaciones para un intervalo específico de carga (por ejemplo, cada 1 000 Kg) usando un Deformómetro o Compresómetro, especial para la prueba y que se ajusta a la probeta (la aproximación del aparato se multiplica por la lectura y se obtiene la deformación en mm).

Se determino la carga y la deflexión para la primera falla, la carga máxima y puntos de cambio repentino. Sobre una hoja de datos se dibuja la falla y se anotan sus características y tipo. Se determina el contenido de humedad en la probeta por medio de una muestra tomada cerca de la falla.

Se dibuja la grafica de carga contra deformación y se determina sobre la misma el punto al límite elástico, además el esfuerzo de compresión paralelo ultimo que se toma como:

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

Donde:

F_c = Esfuerzo de compresión paralela último.

P = Carga última.

A = Área de compresión (aprox. 25 cm²)

El módulo de elasticidad a compresión paralela se puede calcular por medio de la fórmula.

$$E = \frac{PL}{A\varepsilon}$$

Donde:

P = Cualquier carga abajo del límite elástico.

L = Longitud efectiva (por lo regular 15 cm)

A = Área de compresión (25 cm² aproximadamente)

ε = Deformación para la carga P.

También el módulo de elasticidad a compresión paralela se obtiene gráficamente considerando que es la pendiente de la porción recta de la curva de esfuerzo contra deformación unitaria.

Figura 25. Probeta sometida a la aplicación de carga



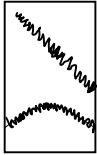
Tipos de fallas que se dan en el ensayo de compresión paralela:



Aplastamiento, sucede cuando el plano de ruptura es aproximadamente horizontal



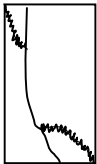
Forma de cuña, ocurre cuando la dirección de la grieta en el plano radial o tangencial puede ser notada



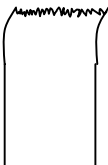
Corte, ocurre cuando el plano de ruptura marca un ángulo con la horizontal de aproximadamente 45° .



Rajadura, cuando existen defectos internos en la probeta.



Final enrollado es asociado a un corte impropio, o al exceso del contenido de humedad en los bordes de la probeta.



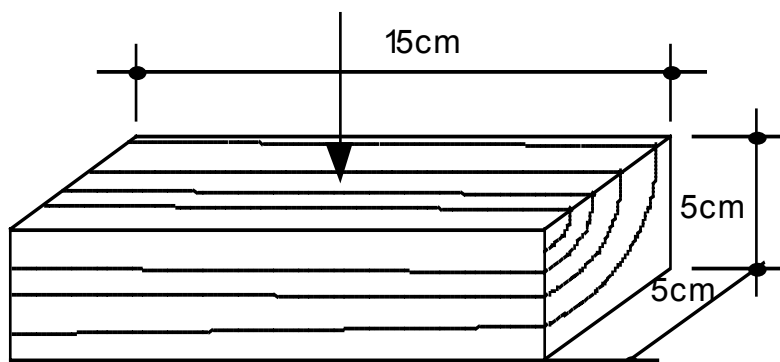
Compresión y corte paralelo a la fibra, ocurre en probetas de fibra cruzada, cuando no se siguen las especificaciones en la elaboración de las probetas

2.2.3 Compresión perpendicular a la fibra

Para la realización de esta prueba se escoge una probeta de cada 50 % de las barras que fueron seleccionadas para obtener las probetas de flexión estática, en cada troza.

Las dimensiones de las probetas para esta prueba son de 5 x 5 x 15 cm (ver figura 26). Antes de efectuar el ensayo se determinan las dimensiones reales y el peso de la probeta. Este ensayo no lleva exageradas lecturas de deformaciones, pero tiene la característica de que habrá de aplicarse fuerza a la probeta en sus dos caras, longitudinalmente, radial y tangencial.

Figura 26. Probeta para ensayo de compresión perpendicular a la fibra, pieza de 5 x 5 x 15 cm.



La carga es aplicada a la probeta por medio de una placa de apoyo, metálica, (área de 25 cm²) y usando un dispositivo especial para la prueba. La carga debe aplicarse en forma continua a una velocidad de 0,3 mm/min.

Se mide la carga que produce una deformación de 2,5 mm, en la probeta y se detiene la prueba. Esta se toma como la carga máxima, a menos que la falla ocurriera antes de esa deformación. El máximo esfuerzo se toma como:

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

Donde:

F_c = esfuerzo máximo a compresión perpendicular.

P = carga máxima o carga para una deformación de 2,5 mm.

A = área de esfuerzo (25 cm²).

Figura 27. Sentido tangencial 5 x 5 cm

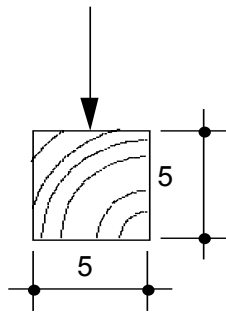
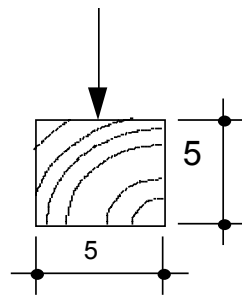


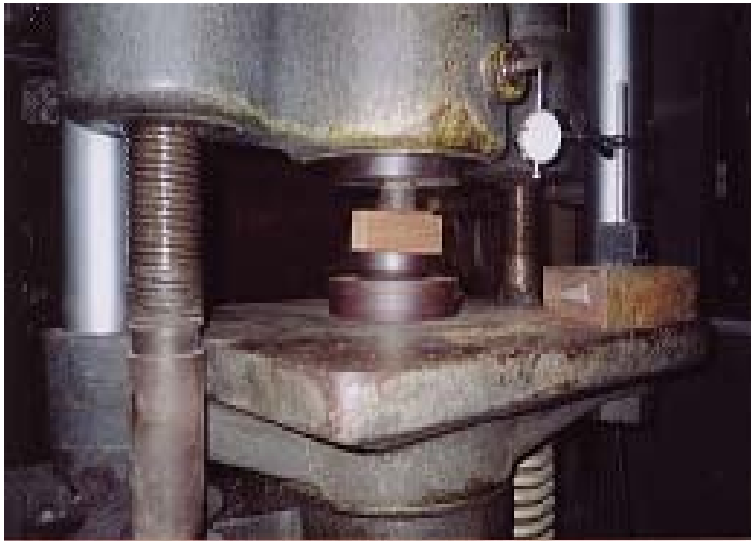
Figura 28. Sentido radial 5 x 5 cm



Inmediatamente después de la prueba se corta una sección de unos 2,5 cm, de longitud, adyacente a la parte donde se aplicó la carga, para determinar el contenido de humedad.

NOTA: la lectura del deformómetro multiplicada por la aproximación de este aparato da la deformación producida en milímetros.

Figura 29. Probeta sometida a ensayo de compresión perpendicular a la fibra



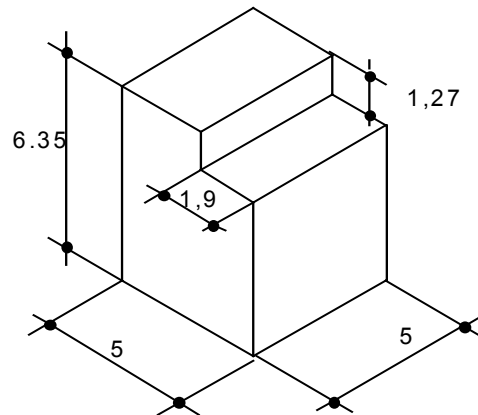
2.2.4. Corte paralelo a la fibra

Es la resistencia ofrecida frente a la acción de una fuerza que tiende a desgajar o cortar la madera en dos partes cuando la dirección del esfuerzo es perpendicular a la dirección de las fibras. Si la fuerza es máxima en sentido perpendicular a las fibras será cortadura y si es mínima en sentido paralelo a las mismas será desgarramiento o hendibilidad.

2.2.4.1 Procedimiento de ensayo

Para la realización de esta prueba se seleccionaron 6 barras de donde provinieron probetas para la prueba de flexión estática de las cuales se obtendrán 12 probetas de prueba por cada troza.

Figura 30. Probeta para ensayo de corte paralelo a la fibra, pieza de 5 x 5 x 6,35 cm



Estas probetas se obtienen por pares, una de ellas es para ser probada en la dirección radial y la otra para ser probada en la dirección tangencial.

Se seleccionaron las barras de tal forma que una provenga de la parte del duramen de la troza, una que sea de la albura y cuatro que sean representativas en esa troza. Las dimensiones de la probeta para corte paralelo son las que se observan en la figura 30.

La carga se aplica continuamente a la probeta con una velocidad constante de la cabeza móvil de 0,06 cm/min. La probeta se introduce dentro de un dispositivo diseñado especialmente para provocar el corte.

Se lee la carga para la cual la probeta es fallada, se toma una muestra de la pieza para determinar el contenido de humedad y se dibuja en una hoja de datos la forma de la falla.

Figura 31. Se observa el momento en que la probeta es sometida a la aplicación de carga, por medio de dispositivo



Figura 32. Se observa el tipo de falla en probeta por medio del ensayo de corte.



El esfuerzo a la falla es:

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

Donde:

P = carga máxima.

A = área de corte (aproximadamente 25 cm²).

F_v = esfuerzo de corte

2.2.5. Tensión paralela a la fibra

La madera es un material muy indicado para trabajar a tensión (en la dirección de las fibras), viéndose limitado su uso únicamente por la dificultad de transmitir estos esfuerzos a las piezas. Esto significa que en las piezas sometidas a tensión los problemas aparecerán en las uniones.

Si se realiza un esfuerzo de tracción en la dirección axial, la magnitud de la deformación producida será menor que si el esfuerzo es de compresión, sobre todo en lo que concierne a las deformaciones plásticas.

Es decir que la rotura de la madera por tensión se puede considerar como una rotura frágil. La resistencia a tensión de la madera presenta valores elevados. La resistencia de la madera a la tensión en la dirección de las fibras, se debe a las moléculas de celulosa que constituye, en parte, la pared celular.

En la práctica existen algunos inconvenientes, que se han de tener en cuenta al someterla a este tipo de esfuerzos; en la zona de agarre existen compresiones, taladros, etc., que haría romper la pieza antes por raja o cortadura, con lo que no se aprovecharía la gran resistencia a la tensión.

Por otra parte, los defectos de la madera, tales como nudos, inclinación de fibras, etc., afectan mucho a este tipo de sollicitación, disminuyendo su resistencia en una proporción mucho mayor que en los esfuerzos de compresión. Factores que afectan a la resistencia a la tensión:

Humedad, la resistencia a la tracción paralela a la fibra aumenta de forma más o menos lineal desde el punto de saturación de las fibras hasta el 10 %, con un aumento del 3 % por cada disminución de humedad del 1 %. Entre el 8 y el 10 % de humedad existe un máximo, a partir del cual disminuye ligeramente. Temperatura, el efecto de la temperatura es menor en la tensión paralela, que en otros tipos de esfuerzos.

Nudos, los nudos afectan enormemente frente a este esfuerzo, ya que la desviación de fibras alrededor del nudo tiene gran influencia en la resistencia. Así, pequeños nudos, que reducirían la resistencia a compresión en un 10 %, lo haría en el 50 % en el caso de tensión. Los nudos dan lugar, también, a una distribución irregular de las tensiones.

Inclinación de la fibra, se puede decir que la resistencia a tensión se ve mucho mas afectada que la resistencia a la compresión con igual inclinación de las fibras. Un ángulo de 15° reduce la resistencia a la tensión a la mitad y si el ángulo es de 30° la resistencia es $1/5$ de la que tendría si la dirección del esfuerzo fuese paralela a la fibra.

2.2.5.1 Procedimiento de ensayo

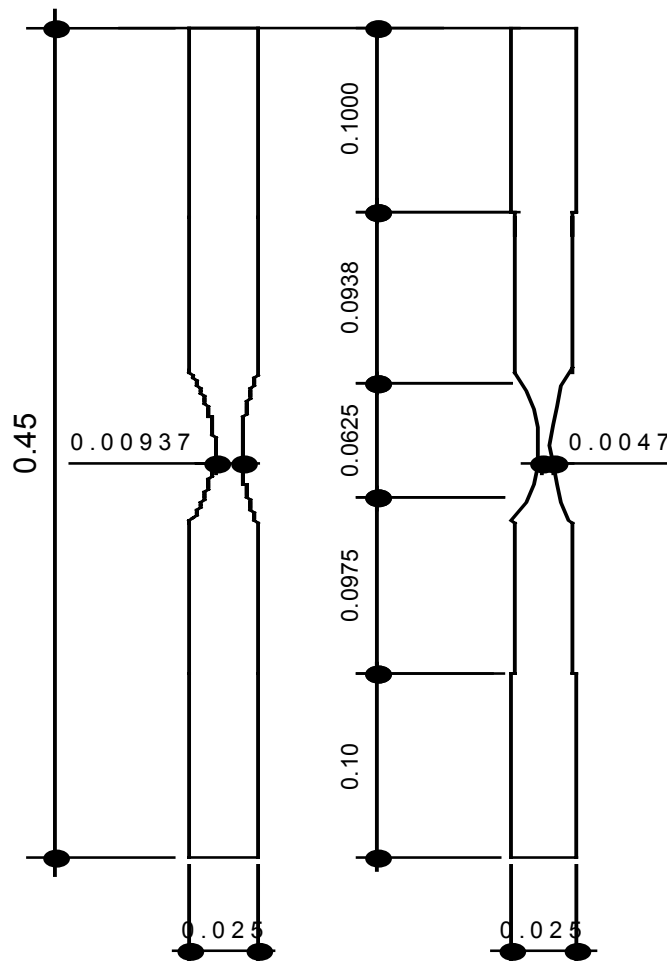
Para esta prueba se seleccionaron 6 barras, una que venga del duramen, otra de la albura y cuatro representativas.

Con respeto a los anillos de crecimiento en la sección critica deberán ser perpendiculares a la dirección de su menor área transversal, un lugar adecuado verificar dicha perpendicularidad en las puntas de las muestras.

Habrá que tener especial cuidado en la elaboración de esta probeta, ya que su parte critica, central, es muy complicada (ver figura 33). La probeta a ser ensayada se fija a la mordaza, cada una de las partes de la mordaza está por transmitir carga en cuanto el operador de la máquina la aplique, estas mordazas detienen la probeta en la parte cuadrada de la misma, exactamente, en donde principia a originarse la parte crítica de la probeta. En el centro de la misma deberá colocarse el extensómetro para medir la deformación o alargamiento de la pieza.

Se miden deformaciones, mediante un extensómetro especial para la prueba, la carga se debe aplicar continua y uniformemente en todo el ensayo a una velocidad de mas o menos 1 mm/min, el intervalo de aplicación de carga depende prácticamente, de la especie a analizar, de manera que habrá que romper, anticipadamente, unas probetas para conocer su carga ultima y así, establecer el intervalo de carga a aplicar.

Figura 33. Probeta para ensayo de tensión paralela a la fibra, pieza de 5 x 5 x 45 cm.



Se determinan entonces la carga última y la deformación máxima. Se debe trazar la curva de carga contra deformación y determinar el punto del límite elástico (por medio de una tangente trazada a la curva desde el origen). El esfuerzo de tensión paralelo se calcula como:

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

Donde:

F_t = esfuerzo de tensión paralela.

P = carga de ruptura.

A = área de esfuerzo (aprox. 0,4536 cm²)

Y el módulo de elasticidad a tensión paralela (E) se puede calcular así:

$$E = \frac{PL}{A\varepsilon}$$

Donde:

P = Cualquier carga abajo del límite elástico.

L = Longitud efectiva (por lo regular 5 cm)

A = Área de esfuerzo (0,4536 cm² aproximadamente)

ε = Deformación para la carga P.

También, el módulo de elasticidad se puede determinar gráficamente, ya que es la pendiente de la porción recta de la curva esfuerzo contra deformación unitaria.

La lectura en el deformómetro multiplicada por la aproximación del aparato de la deformación sufrida en mm. Por lo regular la aproximación de estos dispositivos es, para:

- Deflectómetros en la prueba de flexión estática. 0,01 mm/mm.
- Deformómetros en la prueba de compresión paralela 0,01 mm/mm.
- Deformómetros para la prueba de tensión paralela 0,002 mm/mm.

El procedimiento seguido para determinar el módulo de elasticidad en las pruebas de flexión, compresión paralela y tensión paralela fue el analítico, comparando posteriormente con las gráficas elaboradas.

Según la norma ASTM D-143 para todos los ensayos en donde se efectuaron mediciones de peso y contenido de humedad, la precisión debió ser no menos del 0,2 %.

Cuando se efectuaron medidas de dimensiones la precisión es del 0,3 % exceptuando los casos en los cuales las medidas deban ser hechas a 0,2 mm. Y para las probetas de contracción radial y tangencial, que deben efectuarse con una precisión de 0,02 mm.

La velocidad de la máquina de ensayos usada. (Máquina Universal Baldwin, de capacidad 60 000 Kg), no deberá variar más de un 25 % de aquella determinada para un ensayo dado. Si la velocidad estipulada no puede ser obtenida hay que especificar la velocidad utilizada en el ensayo.

Todos los aparatos usados para obtener los datos deberán de ser calibrados a intervalos suficientemente frecuentes para asegurar la precisión en las medidas.

Figura 34. Probeta sometida a carga por medio de mordazas

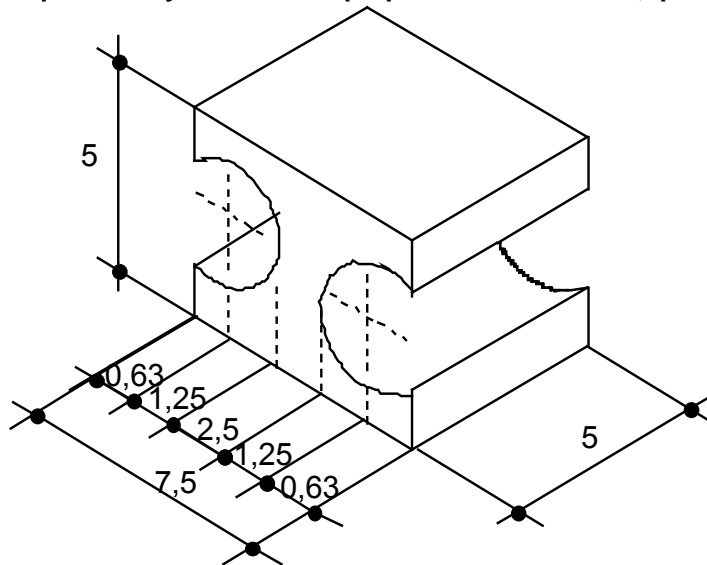


2.2.6. Tensión perpendicular a la fibra

Para esta prueba fueron seleccionadas 12 barras, dos que vengan del duramen, otras dos de la albura y ocho representativas. Se debe tener especial cuidado en la elaboración de esta probeta, ya que su parte crítica, central, es muy complicada. (ver figura 35)

El propósito de este ensayo es aplicar carga por medio de la maquina a las quijadas, esta a su vez, provoca una tensión a la probeta; dicha tensión deberá ser en dirección perpendicular a la fibra de la pieza, con el fin de obtener su resistencia ultima para esta carga. La carga será aplicada a una velocidad constante de 2,5 mm/min.

Figura 35. Probeta para ensayo de tensión perpendicular a la fibra, pieza de 5 x 5 x 7,5 cm



Luego de tener la carga ultima o de ruptura, se toma como en los casos anteriores un segmento de la pieza ensayada, se pesa, se pone al horno a una temperatura de 105° grados por 24 horas y se pesa nuevamente, y así encontrar su contenido de humedad.

El esfuerzo de tensión perpendicular a la fibra (F_u), esta dado por la siguiente expresión:

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

Donde:

P = carga de ruptura

A = área de la carga frontal de la probeta.

Figura 36. Probeta sujeta por medio de quijadas para la aplicación de carga.



Figura 37. Se muestra el momento de la falla por tensión simple.



2.2.7. Dureza

Es una característica que depende de la cohesión de las fibras y de su estructura. Se manifiesta en la dificultad que pone la madera de ser penetrada por otros cuerpos (clavos, tornillos, etc.) o a ser trabajada (cepillo, sierra, formón).

La dureza depende de la especie, de la zona del tronco, de la edad. En general suele coincidir que las más duras son las más pesadas. El duramen es más duro que la albura. Las maderas verdes son más blandas que las secas. Las maderas fibrosas son más duras. Las maderas más ricas en vasos son más blandas. Las maderas más duras se pulen mejor.

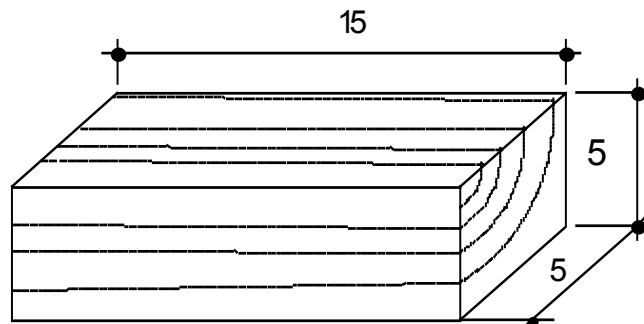
2.2.7.1 Procedimiento de ensayo

Para la realización de esta prueba se escoge una probeta del otro 50 % sobrante de las barras de donde provinieron las probetas para la prueba de flexión estática. Las dimensiones de las probetas son de 5 x 5 x 15 cm (ver figura 38). Y antes de la prueba se determinó el peso y las dimensiones reales.

Se utilizó un dispositivo especial para la prueba y la probeta, se coloca sobre una base de apoyo articulado que permite permanecer en la posición adecuada.

El dispositivo especial (que se ajusta a la máquina de ensayos) utiliza una esfera de acero cuyo diámetro es 1,13 cm. Y que penetra para determinar la dureza. La velocidad de aplicación de la carga se considera como de 6 mm/min. Se penetra la esfera en la probeta y se lee la carga para la cual ésta se ha introducido aproximadamente la mitad. Lo indica el apretamiento del collar contra la probeta o usando otro procedimiento más sofisticado.

Figura 38. Probeta para ensayo de dureza o penetración, pieza de 5 x 5 x 15 cm.



Se efectúan dos penetraciones en la cara tangencial, dos penetraciones en la cara radial y una en cada extremo o borde de la probeta. (ver figuras 39 y 40). Cuando se efectúan éstas en la cara radial y tangencial se hacen lo suficientemente separadas para obtener un buen promedio, pero separadas de los extremos para evitar el astillamiento. (ver figura 41).

Inmediatamente después de la prueba se corta una sección de unos 2,5 cm de longitud para determinar el contenido de humedad, el cual se describe en la sección 2.2.12.

Figura 39. Probeta sometida a ensayo de dureza, en sentido radial.



Figura 40. Penetración en borde de probeta



Figura 41. Se observan las probetas ya ensayadas, listas para obtener las muestras para su contenido de humedad.



2.2.8. Clivaje

Es la resistencia ofrecida frente a la acción de una fuerza que tiende a desgajar o cortar la madera en dos partes cuando la dirección de los esfuerzos es paralela a la dirección de las fibras.

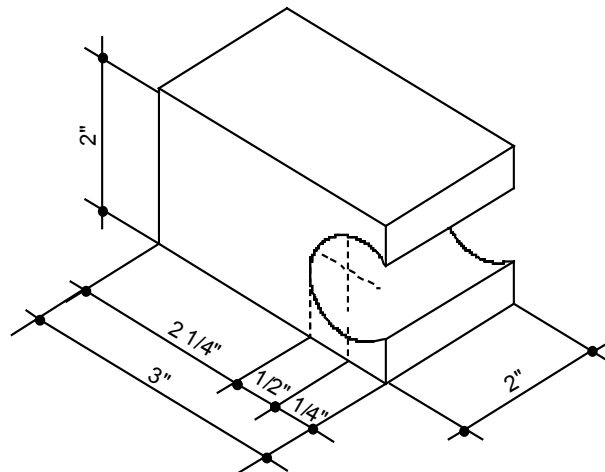
La madera tiene cierta facilidad para hendirse o separarse en el sentido de las fibras. Una cuña, penetra fácilmente en la madera, al vencer por presión la fuerza de cohesión de las fibras (no las corta). Es fácil observar esta propiedad al cortar madera para hacer leña, en la dirección de las fibras se separa en dos fácilmente. La madera verde es más hendible que la seca.

Cuando se van a realizar uniones de piezas de madera por medio de tornillos o clavos nos interesa que la madera que vamos a usar tenga una gran resistencia a la hienda.

2.2.8.1 Procedimiento de ensayo

Para realizar esta prueba se escogen 6 barras en una forma similar a la prueba de corte paralelo para obtener 12 probetas de prueba por cada troza. Estas probetas se obtienen por pares, una de ellas para ser probada en la dirección radial y la otra en la dirección tangencial. (Ver figura 42)

Figura 42. Probeta para ensayo de clivaje, pieza de 5 x 5 x 7,62 cm.



Nota: las dimensiones de la figura 42, están en pulgadas para una mejor precisión.

La forma y dimensiones de las probetas para la prueba de clivaje, son las mostradas en la figura siguiente. La velocidad de aplicación de la carga se mantiene en 0,25 cm/min.

Se utiliza un dispositivo especial para clivaje se falla la probeta por desgarre y se lee la carga máxima para cuando esto ocurre. Las mordazas se acomodan en la probeta, ya que poseen media circunferencia, macho que entra en la parte abierta de la probeta.

En una hoja de datos se dibuja la forma de la falla y luego se toma un pedazo de la probeta para determinar el contenido de humedad.

$$\text{El clivaje} = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Longitud esforzada}}$$

Donde:

Clivaje es el esfuerzo necesario para hender la madera a lo largo de la fibra, ya sea en sentido radial o tangencial.

Luego de obtenida la carga ultima y el tipo de falla para dicha muestra, habrá que tomar un segmento de cada una, pesarlo y ponerlo al horno a secar a 105° C por 24 horas, para luego, ser pesado nuevamente y obtener el contenido de humedad.

Figura 43. Probeta sometida a ensayo de clivaje



2.2.9. Peso específico y contracción volumétrica

Para esta prueba fueron seleccionadas 6 probetas que serian usadas para peso específico y contracción volumétrica de la porción no usada de 6 barras de donde provienen la probetas para flexión, tensión paralela por cada troza. Se seccionaron 6 barras una que venga del duramen, una de la albura y cuatro representativos.

Las dimensiones de las probetas son de 5 x 5 x 15 cm, debe determinarse antes de la prueba, las dimensiones reales (ancho, alto y largo) y hechas éstas con la precisión requerida.

Hay que tomar en cuenta que para esta prueba la madera debe estar en la condición verde (más de un 30 % de humedad). Para obtener el peso específico y la contracción volumétrica se hace uso de una misma probeta. Se hacen estas determinaciones con un contenido de humedad del 12 % y en condiciones de secado al horno.

Cuando está verde se pesa la probeta y el volumen se determina por el método de la inmersión. Se apila esta probeta verde luego de la inmersión y se ventila en un cuarto con un ambiente acondicionado hasta que se llegue a una humedad uniforme de aproximadamente el 12 %. Cuando esto sucede se mide la probeta y se determina el volumen de nuevo por el método de la inmersión.

Cuando se ha secado al horno se pesan las probetas y mientras estén tibias se sumergen en un baño de parafina caliente, teniendo el cuidado de sacarlas rápidamente para asegurarse un recubrimiento delgado. Luego se determina el volumen de la probeta cubierta por el método de la inmersión.

$$\text{Peso específico aparente verde} = \frac{\text{Peso Verde} / \text{Volumen Verde}}{\text{Volumen Verde}}$$

$$\text{Peso específico aparente seco} = \frac{\text{Peso Seco} / \text{Volumen Verde}}{\text{Volumen Verde}}$$

$$\text{Contracción volumétrica} = \frac{(\text{Vol. Verde} - \text{Vol. Seco}) \times 100}{\text{Volumen Verde}}$$

La contracción volumétrica consiste en que la madera absorba o pierda agua, excepto en el PSF (punto de saturación de la fibra), ya que en este punto y arriba de este la madera no sufre contracciones.

De acuerdo a su densidad, la madera se puede clasificar de la siguiente manera:

- Densidad < 0.4 = madera semi-liviana
- Densidad entre 0.4 y 0.5 = madera liviana
- Densidad entre 0.6 y 0.7 = madera semi-pesada
- Densidad entre > 0.7 = madera pesada

En conclusión podemos decir que entre mas densa sea una especie de madera, es mucho mas resistente.

2.2.10. Contenido de humedad

La forma de seleccionar las muestras para determinar la humedad de cada prueba, se describe en cada ensayo. Cuando se obtiene esta muestra se quita de ella todas las astillas y se pesa.

Luego se acondiciona todo el volumen acumulado en ese día en un horno y se seca a una temperatura de $103 \pm 2^{\circ}$ C, hasta que se llegue a un peso constante y se determina luego el peso seco.

La pérdida de humedad expresada como porcentaje del peso secado al horno, se considera como el contenido de humedad de la probeta.

$$H = \text{humedad \%} = \frac{(\text{peso húmedo}) - (\text{peso seco}) \times 100}{\text{peso seco}}$$

La humedad se puede clasificar en diferentes grados:

- madera verde, contiene mas de 30 % de humedad
- madera semi-seca, contiene entre un 23 % a 30 % de humedad.
- Madera comercialmente seca, cuando su humedad esta dentro de un rango de 18 % a 22 %.
- Madera seca al aire, cuando su humedad esta dentro del 13 % a 17 %.
- Madera con humedad normal, se le llama así a la humedad media cuyo porcentaje es de un 15 %.

Es importante el grado o porcentaje de humedad que contenga la madera, ya que de ella depende la exactitud en los resultados de los ensayos físicos y mecánicos.

Hay que tomar en cuenta que el decremento de la humedad, le da a la madera un incremento en su resistencia , así como el efecto de la humedad no es igual para todas la propiedades.

2.3 Análisis estadístico y evaluación de resultados

En esta sección el objetivo primordial es el de realizar un análisis de cada especie, para evaluar las propiedades de cada una de ellas, según los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

2.3.1. Procedimiento

Todo el listado de datos obtenidos de cada una de las pruebas fue necesario someterlo a un análisis estadístico para poder llegar a obtener valores compactos de mucha utilidad para evaluar las propiedades de cada uno de los materiales estudiados.

Por cada ensayo realizado se determina la media aritmética, la desviación Standard y el coeficiente de variación. El volumen de datos debe ser amplio para que exista representatividad.

Se obtienen los datos requeridos por cada prueba y se ordenan en forma clara. El siguiente procedimiento debe realizarse por cada especie y para cada ensayo en particular.

2.3.2 Esfuerzos básicos

Los esfuerzos básicos son generados de los datos que se han obtenido del análisis estadístico. Los esfuerzos calculados en los ensayos son reducidos por medio de factores de reducción en la siguiente forma:

- Un factor de reducción por dispersión en los resultados, $(1-C_v)$. C_v es el coeficiente de variación.
- Un factor de reducción por efectos de cargas permanentes = $2/3$.
- Un factor de seguridad = 2.
- Corrección por efectos de humedad (no se incluyó).

Los esfuerzos básicos son valores dados para condiciones ideales del mismo (sin nudos, grietas, otros defectos, etc.) y se calculan, entonces, de la siguiente manera:

$$F_b = \frac{F_l (1-C_v)}{3}$$

Donde:

f_b = esfuerzo básico.

f_l = esfuerzo obtenido en la prueba de laboratorio.

C_v = coeficiente de variación.

2.3.3 Esfuerzos permisibles de trabajo

Los esfuerzos permisibles de trabajo o esfuerzos unitarios permisibles, se generan de los esfuerzos básicos mencionados anteriormente. Los esfuerzos básicos son los valores de resistencia del material, cuando éste se encuentra en condiciones ideales (sanas, limpias).

En la realidad la madera siempre presentará algún tipo de defecto y casi nunca se lograrán conseguir las condiciones ideales bajo las cuales se realizaron las pruebas, de aquí, que se reducen adecuadamente los esfuerzos básicos y se obtienen así los esfuerzos permisibles de trabajo, que son los valores recomendados para diseño cuando se usen estos materiales.

Se ha recomendado para las maderas nacionales, emplear tres grados estructurales, estos son:

- Tipo A, las maderas clasificadas como grado A y B serán empleadas en estructuras permanentes.
- Tipo B
- Tipo C, en estructuras o construcciones provisionales o auxiliares.

2.3.4. Grados estructurales

Para los tres grados la madera debe ser sana, relativamente compacta y libre de defectos por volteo del árbol, deficiencias de estibado y secado, bolsas de resinas y hongos. El valor del esfuerzo permisible viene dado como porcentaje del esfuerzo básico y así, surge la clasificación de la madera, de acuerdo al mismo grado, de la siguiente manera:

- **MADERAS GRADO A:** se les asigna esfuerzos de trabajo iguales al 85 % de los esfuerzos básicos. La inclinación de la fibra permitida es de 1 vertical y 18 a lo largo de la fibra para piezas que trabajan en flexión o tensión paralela, y de 1 vertical y 14 a lo largo para piezas que trabajan a compresión paralela.
- **MADERAS GRADO B:** se les asigna esfuerzos de trabajo iguales al 70 % de los esfuerzos básicos. Se permite una inclinación máxima de la fibra de 1 vertical y 14 a lo largo de la fibra para piezas que trabajan en flexión o tensión paralela, y de 1 vertical y 14 a lo largo de la fibra para miembros estructurales trabajando a flexión o tensión paralela. De 1 vertical y 10 a lo largo de la fibra para miembros que trabajan a compresión paralela.
- **MADERAS GRADO C:** se les asigna esfuerzos de trabajo iguales al 50 % de los esfuerzos básicos. La inclinación permitida de la fibra es de 1 vertical y 8 a lo largo de la fibra para miembros estructurales trabajando a flexión o tensión paralela y de 1 vertical y 6 a lo largo para miembros trabajando a compresión paralela.

3. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 Tablas de Resultados

A continuación se presentan las tablas con resultados de las pruebas realizadas a las cuatro especies de madera en estudio. Tales ensayos fueron realizados en madera seca. Las tablas de resultados son los siguientes:

- Resultados físicos
- Resultados mecánicos
- Resumen de análisis estadístico por especie
- Resultados de esfuerzos básicos
- Grados estructurales

3.1.1 Resultados Físicos

Tabla resumen de los resultados físicos obtenidos de las pruebas de laboratorio para condiciones de uso en seco.

Tabla VI. Ensayos físicos

Nombre de Ensayo	Santa Maria <i>A</i>	Manchiche <i>C</i>	Danto <i>D</i>	Malerio Colorado <i>M</i>
Porcentaje de humedad %	18,12	26,00	25,10	29,33
Peso específico (g/cm ³) (kg/m ³)	0,44 440,00	0,45 450,00	0,46 460,00	0,46 460,00
Densidad verde (g/cm ³) (kg/m ³)	0,64 640,00	0,88 880,00	0,74 740,00	0,81 810,00
Densidad seca (g/cm ³) (kg/m ³)	0,57 570,00	0,81 810,00	0,68 680,00	0,73 730,00
Contracción volumétrica %	11,27	8,17	7,34	10,15
Contracción volumétrica (cm ³) (m ³)	0,73 730,00	0,96 960,00	0,93 930,00	0,97 970,00

3.1.2 Resultados Mecánicos

Tabla VII. Resultados mecánicos

No.	Tipo de Ensayo	Santa Maria A	Manchiche C	Danto D	Malerio Colorado M
1	Flexión estática (Kg/cm ²) (Pa)	964,95 94 661 595,00	1 496,71 146 827 251,00	1 044,64 102 479 184,00	1 245,38 1 245,38
	Modulo de elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	1 037 907,57 1,02E ¹¹	1 532 644,82 1,50E ¹¹	1 389 130,90 1,36E ¹¹	1 772 567,35 1,74E ¹¹
	Modulo de ruptura (Kg) (N)	482,48 4733, 13	748,36 7 341,41	522,32 5 123,96	622,69 6 108,59
2	Compresión paralela a la fibra (Kg/cm ²) (Pa)	476,19 46 714 239,00	807,73 79 238 313,00	602,68 59 122 908,00	710,51 69 701 031,00
	Modulo de elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	8 561,59 839 891 979,00	44 634,14 4 378 609 134,0	18 182,47 1 783 700 307,00	20 474,26 2 008 524 906,00
3	Compresión perpendicular a la fibra (Kg/cm ²) (Pa)	55,11 5 406 291,00	82,77 8 119 737,00	58,24 5 713 344,00	78,12 7 663 572,00
4	Dureza radial (Kg) (N)	652,00 6 396,12	1 120,00 10 987,20	725,00 7 112,25	902,00 8 848,62
	Tangencial (Kg) (N)	465,00 4 561,65	1 145,00 11 232,45	795,00 7 798,95	875,00 8 583,75
	Longitudinal (Kg) (N)	460,00 4 512,6	1 220,00 11 968,20	675,00 6 621,25	855,00 8 387,55
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	93,61 9 183 143,00	110,21 10 811 601,00	95,40 9 358 740,00	116,33 11 411 973,00
6	Clivaje (Kg/cm) (N/m)	46,41 45 528,21	80,77 79 235,37	32,49 31 872,69	71,05 69 700,05
7	Tensión paralela a la fibra (Kg/cm ²) (Pa)	1 293,19 126 861 939,00	1 999,09 196 110 729,00	1 302,14 127 739 934,00	2 359,33 231 450 273,00
8	Tensión perpendicular a la fibra (Kg/cm ²) (Pa)	55,66 5 460 246,00	48,01 4 709 781,00	44,64 4 379 184,00	46,24 4 536 144,00

3.1.3 Resumen de Análisis Estadístico

Tabla VIII. Análisis Estadístico

No.	Tipo de Ensayo	Santa Maria A		
		\bar{x}	S	Cv (%)
1	Flexión Estática (Kg/cm ²)	964,95	124,20	12,87
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	1 037 907,57	233 238,54	22,47
	Modulo de Ruptura (Kg)	482,48	62,10	12,87
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	476,19	32,72	6,87
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	8 561,59	2 026,31	23,67
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	55,11	3,28	5,95
4	Dureza Radial (Kg)	652,00	75,93	11,65
	Tangencial (Kg)	465,00	116,83	25,13
	Longitudinal (Kg)	460,00	84,56	18,38
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²)	93,61	7,19	7,68
6	Clivaje (Kg/cm)	46,41	8,48	18,26
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	1 293,19	315,38	24,00
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	55,66	17,52	31,48
9	Peso Especifico (g/cm ³)	0,44	-----	-----
10	Contracción Volumétrica %	11,27	-----	-----
11	Contenido de Humedad %	18,12	-----	-----

Tabla IX. Análisis Estadístico

No.	Tipo de Ensayo	Manchiche		
		\bar{x}	S	Cv %
1	Flexión Estática (Kg/cm ²)	1 496,71	102,72	6,86
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	1 532 644,82	132 476,30	8,64
	Modulo de Ruptura (Kg)	748,36	51,36	6,86
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	807,73	69,32	8,58
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	44 634,14	9 249,12	20,72
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	82,77	9,98	12,06
4	Dureza Radial (Kg)	1 120,00	111,13	9,92
	Tangencial (Kg)	1 145,00	107,70	9,41
	Longitudinal (Kg)	1 220,00	127,87	10,48
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²)	110,21	10,42	9,46
6	Clivaje (Kg/cm)	80,77	8,31	10,29
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	1 999,09	542,11	27,00
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	48,01	10,60	22,08
9	Peso Especifico (g/cm ³)	0,46	-----	-----
10	Contracción Volumétrica %	8,17	-----	-----
11	Contenido de Humedad %	26,00	-----	-----

Tabla X. Análisis Estadístico

No.	Tipo de Ensayo	Danto		
		\bar{x}	S	Cv %
1	Flexión Estática (Kg/cm ²)	1 044,64	89,37	8,56
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	1 389 130,90	120 090,43	8,65
	Modulo de Ruptura (Kg)	522,32	44,69	8,56
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	602,68	33,46	5,55
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	18 182,47	2 115,45	11,63
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	58,24	5,35	9,18
4	Dureza Radial (Kg)	725,00	35,36	16,98
	Tangencial (Kg)	795,00	228,80	16,98
	Longitudinal (Kg)	675,00	88,03	16,98
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²)	95,40	6,15	6,45
6	Clivaje (Kg/cm)	32,49	9,72	29,91
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	1 302,14	257,75	20,00
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	44,64	8,21	18,39
9	Peso Especifico (g/cm ³)	0,46	-----	-----
10	Contracción Volumétrica %	7,34	-----	-----
11	Contenido de Humedad %	25,10	-----	-----

Tabla XI. Análisis Estadístico

No.	Tipo de Ensayo	Malerio Colorado		
		M		
		\bar{x}	S	Cv %
1	Flexión Estática (Kg/cm ²)	1 245,38	249,89	20,07
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	1 772 567,35	472 716,22	26,67
	Modulo de Ruptura (Kg)	622,69	124,95	0.2007
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	710,51	69,32	9,76
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	20 474,26	7 630,68	37,27
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	78,12	5,60	7,17
4	Dureza Radial (Kg)	902,00	200,41	22,22
	Tangencial (Kg)	875,00	143,18	16,36
	Longitudinal (Kg)	855,00	151,16	17,68
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²)	116,33	8,19	7,04
6	Clivaje (Kg/cm)	71,05	3,82	5,37
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	2 359,33	390,04	17,00
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	46,24	22,03	47,64
9	Peso Especifico (g/cm ³)	0,45	-----	-----
10	Contracción Volumétrica %	10,15	-----	-----
11	Contenido de Humedad %	29,33	-----	-----

3.1.3 Esfuerzos Básicos

La tabla anterior muestra los esfuerzos básicos propuestos para condiciones de uso en seco.

Tabla XII.

No.	Tipo de Ensayo	Santa Maria	Manchiche	Danto	Malerio Colorado
		<i>A</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>M</i>
1	Flexión Estática (Kg/cm ²) (Pa)	280,25 27 492 525,00	464,66 45 583 146,00	318,42 31 237 002,00	331,83 32 552 523,00
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	268 223,01 2,63E ¹⁰	466 722,84 4,57E ¹⁰	423 013,50 4,15E ¹⁰	433 283,71 4,25E ¹⁰
	Modulo de Ruptura (Kg) (N)	140,13 1 374,68	232,33 2 279,16	159,21 1 561,85	165,91 1 627,58
2	Compresión Paralela a la Fibra(Kg/cm ²) (Pa)	147,83 14 502 123,00	246,14 24 146 334,00	189,74 18 610 551,00	213,73 20 966 913,00
	Modulo de Elasticidad (Kg./cm ²) (Pa)	2 178,43 213 703 983,00	11 795,01 1 157 090 481,00	5 355,68 525 392 208,00	4 281,19 419 984 739,00
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	17,28 1 695 168,00	24,26 2 379 906,00	17,63 1 729 503,00	24,17 2 371 077,00
4	Dureza Radial (Kg) (N)	188,26 1 846,83	341,18 3 346,98	195,10 1 913,93	240,77 2 361,95
	Tangencial (Kg) (N)	108,64 1 065,76	346,88 3 402,89	201,32 1 974,95	236,08 2 315,95
	Longitudinal (Kg) (N)	125,94 1 235,47	366,73 3 597,62	186,10 1 825,64	125,94 1 235,47
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	28,81 2 826 261,00	33,26 3 262 806,00	29,75 2 918 475,00	36,05 3 536 505,00
6	Clivaje (Kg/cm) (N/m)	12,65 1 240 965,00	24,15 2 369 115,00	7,60 7 455,60	22,41 21 984,21
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	325,94 31 974 714,00	485,66 47 643 246,00	348,13 34 151 553,00	656,43 64 395 873,00
8	Tensión Perpendicular a la Fibra(Kg/cm ²) (Pa)	13,15 1 290 015,00	12,47 1 223 307,00	13,19 1 293 939,00	15,86 1 555 866,00

Tabla XII. Continuación

9	Porcentaje de Humedad %	18.116	26,00	25,10	29,33
10	Peso Especifico (g/cm ³) (kg/m ³)	0.44	0,45	0,46	0,46
		440,00	450,00	460,00	460,00
11	Densidad Verde (g/cm ³) (kg/m ³)	0.64	0,88	0,74	0,81
		640,00	880,00	740,00	810,00
12	Densidad Seca (g/cm ³) (kg/m ³)	0.567	0,81	0,68	0,73
		567,00	810,00	680,00	730,00
13	Contracción Volumétrica %	11.268	8,17	7,34	10,15
14	Contracción Volumétrica (cm ³) (m ³)	0.730	0,96	0,93	0,97
		730,00	960,00	930,00	970,00

3.1.4 Grados Estructurales

Las siguientes tablas muestran los grados estructurales propuestos para condiciones de uso en seco. Las letras A, B, y C corresponden a los grados estructurales descritos en el capítulo anterior.

Tabla XIII. Grados Estructurales

No.	Tipo de Ensayo	Santa María A		
		A	B	C
1	Flexión Estática (Kg/cm ²) (Pa)	238,21	196,18	140,13
		23 368 401,00	19 245 258,00	13 746 753,00
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	125,65	103,48	73,91
		12 326 265,00	10 151 388,00	7 250 571,00
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	14,69	12,09	8,64
		1 441 089,00	1 186 029,00	847 584,00
4	Dureza (Kg) (N)	160,02	76,05	62,97
		1 569,80	746,05	617,74
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	24,49	20,17	14,40
		2 402 469,00	1 978 677,00	1 412 640,00
6	Clivaje (Kg/cm)	10,75	8,85	6,32

Tabla XIII. Continuación

	(kg/m)	10 545,75	8 681,85	6 199,92
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	277,05	228,16	162,97
	(Pa)	27 178 605,00	22 382 496,00	15 987 357,00
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	11,18	9,21	6,58
	(Pa)	1 096 758,00	903 501,00	645 498,00
9	Peso Especifico (g/cm ³)			0,44
	(kg/m ³)			440,00
10	Contracción Volumétrica %			11,27
11	Contenido de Humedad %			18,12

Tabla XIV. Grados Estructurales

No.	Tipo de ensayo	Manchiche		
		C		
		A	B	C
1	Flexión Estática (Kg/cm ²)	394,96	325,26	232,33
	(Pa)	38 745 576,00	31 908 006,00	22 791 573,00
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	209,22	172,30	123,07
	(Pa)	20 524 482,00	16 902 630,00	12 073 167,00
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	20,61	16,99	12,13
	(Pa)	2 021 841,00	1 666 719,00	1 189 953,00
4	Dureza (Kg)	290,00	242,82	183,36
	(N)	2 844,90	2 232,06	1 798,76
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²)	28,27	23,28	16,63
	(Pa)	277,33	228,38	163,14
6	Clivaje (Kg/cm)	20,53	16,91	12,08
	(kg/m)	20 139,93	16 588,71	11 850,48
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	412,81	339,96	242,83
	(Pa)	40 496 661,00	33 350 076,00	23 821 623,00
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	10,60	8,73	6,24
	(Pa)	1 039 860,00	856 413,00	612 144,00
9	Peso Especifico (g/cm ³)			0,45
	(kg/m ³)			450,00

Tabla XIV. Continuación

10	Contracción Volumétrica %	8,17
11	Contenido de Humedad %	26,00

Tabla XV. Grados Estructurales

No.	Tipo de ensayo	Danto		
		A	B	C
1	Flexión Estática (Kg/cm ²)	270,66	222,90	159,21
	(Pa)	26 551 746,00	21 866 490,00	15 618 501,00
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	161,28	132,82	94,87
	(Pa)	15 821 568,00	13 029 642,00	9 306 747,00
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	14,99	12,34	8,82
	(Pa)	1 470 519,00	1 210 554,00	865 242,00
4	Dureza (Kg)	165,83	140,92	93,05
	(N)	1 626,79	1 382,43	912,82
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²)	25,29	20,82	14,87
	(Pa)	2 480 949,00	2 042 442,00	1 458 747,00
6	Clivaje (Kg/cm)	6,45	5,31	3,80
	(kg/m)	6 327,45	5 209,11	3 727,80
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²)	295,91	243,70	174,10
	(Pa)	29 028 771,00	23 906 970,00	17 079 210
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²)	11,21	9,23	6,6
	(Pa)	1 099 701,00	905 463,00	647 460,00
9	Peso Especifico (g/cm ³)	0,46		
	(kg/m ³)	460,00		
10	Contracción Volumétrica %	7,34		
11	Contenido de Humedad %	25,10		

Tabla XVI. Grados Estructurales

No.	Tipo de ensayo	Malerio Colorado		
		M		
		A	B	C
1	Flexión Estática (Kg/cm ²) (Pa)	238,21	196,18	140,1313 746
		23 368 401,00	19 245 258,00	753,00
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	181,67	149,61	106,87
		17 821 827,00	14 676 741,00	10 483947,00
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	20,55	16,92	12,09
		2 015 955,00	1 659 852,00	1 186 029,00
4	Dureza (Kg) (N)	204,65	165,26	112,50
		2 007,62	1 621,20	1 103,63
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	24,49	20,17	14,40
		2 412 279,00	1 978 677,00	1 412 640,00
6	Clivaje (Kg/cm) (kg/m)	19,05	15,69	11,21
		18 688,05	15 391,89	10 997,01
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	557,97	459,50	328,22
		54 736 857,00	45 076 950,00	32 198 382,00
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	13,48	11,10	7,93
		1 322 388,00	1 088 910,00	777 933,00
9	Peso Especifico (g/cm ³) (kg/m ³)	0,46		
		460,00		
10	Contracción Volumétrica %	10,15		
11	Contenido de Humedad %	29,33		

3.2 Análisis de Resultados

Los resultados que se muestran fueron obtenidos con las recomendaciones de ensayos que establecen las normas A.S.T.M. D-143, pero es necesario hacer mención que en ciertas etapas del estudio fue imposible apegarse a la norma, tal es el caso del numero de probetas que fue reducido en 90 %.

Es por tal motivo que la investigación se convierte a partir de la etapa de ensayos de laboratorio en una investigación de tipo preliminar, esperando que algún día sea realizada en su totalidad.

3.2.1. Análisis de características físicas

Para el análisis de estas características es importante mencionar que los cinco árboles de cada especie fueron talados el mismo día, con las mismas condiciones de clima y los lugares de extracción fueron distintos, teniendo en cuenta tomar árboles representativos de toda el área con la que cuenta la sociedad civil, además de cumplir con las características que requiere la norma A.S.T.M D-143.

Se mantuvieron las mismas condiciones ambientales para todas las especies, desde el talado de los árboles hasta la elaboración de cada una de las probetas. Es importante mencionar que para transportar 20 árboles desde el Departamento del Petén hasta el laboratorio, en forma de barras de 0.06 x 0.06 x 1.2 m fue necesario mantener ciertas condiciones de humedad debido a las diferentes condiciones climatológicas de cada departamento.

Fue necesario prever de la humedad necesaria en el transporte para evitar de esa manera pandeos y rajaduras. Lo cual consistió en colocar dentro del camión de transporte una cama de aserrín mojado, sobre el cual se colocó la madera apilada en forma de parrilla y se cubrió con un lienzo de polietileno de color oscuro.

Se debe tener cuidado, ya que si se falla en éste paso no se podrán elaborar las probetas para ensayos.

Según sus humedades y densidades se puede decir:

- Santa María con 18 % de humedad sufre de dilatación por estar debajo del PSF .
- Manchiche 26 % de humedad como esta arriba el PSF, sufre de contracción.
- Danto con 25 % de humedad como esta sobre el PSF, sufre de retracción.
- Malerio Colorado 29 % de humedad como esta arriba el PSF, sufre de contracción.

Pero según su contracción volumétrica y su densidad seca, la cual es alta en las cuatro especies, se clasifican tales maderas como muy pesadas.

3.2.2. Análisis de propiedades mecánicas

Los ensayos fueron realizados para cuatro especies, con cinco árboles por cada especie (según norma). Debe tomarse en cuenta que estos resultados son de tipo preliminar, debido al número de ensayos realizados.

Se determinó según los resultados obtenidos y tomando como referencia el que mayor resistencia tuvo en los ensayos de tensión y compresión y clasificando en orden descendente de la siguiente manera:

- Manchiche, 100 %
- Malerio Colorado, 16,7 %
- Danto, 64,5 %
- Santa María, 69,7 %

El porcentaje hace referencia según la diferencia obtenida, con la especie que mayor resistencia obtuvo. Dándole a la mayor un 100 % para poder ver claramente su diferencia en cuanto a resistencias entre ellas.

3.2.2.1. Flexión Estática

En esta prueba los resultados fueron los siguientes:

- Santa Maria, esta especie presenta fisuras rápidamente y se deforma antes de llegar a su ruptura total, se defleca rápidamente y su peso es liviano pero tiende a deshilarse en el sentido de su fibra. Esta especie es la que menos soporta carga a flexión estática.

- Manchiche casi no presenta fisuras y es poca su deformación al llegar a su ruptura total, casi no se defleca por la forma de su fibra, esta especie presenta la mayor resistencia a flexión estática de las especies estudiadas.
- Danto se encuentra en tercera posición ya que también se deforma y defleca rápidamente en presencia de carga, presenta astillamiento antes de llegar a su ruptura total.
- Malerio Colorado se encuentra en segunda posición, solamente con la diferencia que casi no se defleca en presencia de carga ya que es difícil de observar falla. Pero su resistencia es menor que el Manchiche.

3.2.2.2. Compresión paralela a fibra

En esta prueba los resultados fueron los siguientes:

- Santa Maria, es muy notoria su deformación ya que su falla ocurre por corte, situando tal especie en cuarto lugar según su resistencia en presencia de carga a compresión en sentido paralelo a su fibra.
- Manchiche, casi no se nota la deformación y su falla se da en forma de cuña, pero es muy leve situándolo con la mayor resistencia.

- Danto, casi no se nota la deformación, pero el aplastamiento predomina en el extremo de las probetas y su ruptura es casi horizontal. Ocupa la tercer posición.
- Malerio Colorado, al igual que el Manchiche soporta bastante en este tipo de condiciones de carga y el tipo de falla que presenta también es de tipo de cuña. Ya que su deformación es ligeramente notoria.

3.2.2.3. Compresión perpendicular a la fibra

En esta prueba los resultados fueron los siguientes:

- Santa Maria, es la especie que menos soporta ya que presenta aplastamiento.
- Manchiche, especie que mas carga soporta sin presentar mucha variación en su forma.
- Danto, en esta especie no se cumple que entre mas cerca del centro árbol mas resistente es la pieza.
- Malerio Colorado, en la cara radial siempre en cualquier especie va a resistir mas que en su cara tangencial. Al igual que el Manchiche tiene buena resistencia y es poca su deformación.

3.2.2.4. Corte paralelo a la fibra

En esta prueba los resultados fueron los siguientes:

- Santa Maria, especie que menos carga soporta y es de fácil desprendimiento de la fibra.
- Manchiche, resiste bastante bien presentando las mismas características del Malerio Colorado. Su fibra es bastante pareja al presentar la falla.
- Danto, tiende a deshilarse al someterla a carga tendiendo a abrirse las probetas en dirección de la fibra.
- Malerio Colorado, tiene una buena resistencia al corte, ya que es la especie que mas carga soporta y su falla es bastante pareja.

3.2.2.5. Tensión paralela a la fibra

En esta prueba los resultados fueron los siguientes:

- Santa Maria, en cuestión de carga aplicada podemos decir que es la especie mas débil, ya que presenta bastante astillamiento largo y pronunciado en la parte critica de la probeta. Esto se debe al tipo de fibra que presenta la madera.
- Manchiche, presenta poco astillamiento y tiene bastante resistencia en presencia de carga, soportando menos que el Malerio Colorado.

- Danto, presenta un pequeño astillamiento en la parte crítica de la probeta, partiendo del centro hacia los extremos.
- Malerio Colorado, presenta bastante resistencia a este tipo de carga y su tipo de falla es casi pareja en el centro de la probeta. Es la especie que mas carga soporta.

3.2.2.6. Tensión perpendicular a la fibra

En esta prueba los resultados fueron los siguientes:

- Santa Maria, es la especie que a diferencia de los otros ensayos realizados presenta bastante resistencia a la aplicación de esta carga. Y presenta cierto tipo de astillamiento cuando se presenta la ruptura total.
- Manchiche presenta un tipo de falla de desgaste recto, estando la fibras bien unidas entre si cuando ocurre la ruptura.
- Danto es la especie que menos resistencia soporta en presencia de carga pero el astillamiento es menor que Santa Maria.
- Malerio Colorado, presenta un tipo de falla de desgaste recto, obteniendo así el tercer lugar según la carga que resisten.

3.2.2.7. Dureza

En esta prueba los resultados fueron los siguientes:

- Santa Maria, la penetración en esta especie es fácil tendiendo a sufrir ciertas fisuras cerca del lugar de penetración.
- Manchiche, bastante resistente a la penetración ya que soporta demasiada carga, es poca la falla que presenta.
- Danto, sufre de rajaduras al ser penetrado. Hay que tomar en cuenta que siempre la cara radial es la que mas carga soporta, mientras que en su sentido longitudinal es lo contrario. Esto se aplica a todas las especies.
- Malerio Colorado, buena resistencia ya que el hendimiento de la bola es uniforme en la fibra de la madera.

3.2.2.8. Clivaje

En esta prueba los resultados fueron los siguientes:

- Santa Maria, por la forma de su fibra tiende a ceder rápidamente.
- Manchiche es la especie que mas resistencia tiene hacia el desgarre, ya que es la que mas carga soporta.
- Danto en sus resistencia al desgarre es la especie que menos carga soporta, rápidamente ocurre la fractura de la probeta.
- Malerio Colorado soporta menos que el Manchiche pero mantiene el mismo tipo de falla.

3.3 Resumen de características por especie

Tabla XVII. Santa Maria –Calophyllum Brasiliense Camb–

No.	Tipo de ensayo	Resultado	Características
1	Flexión Estática (Kg/cm ²) (Pa)	964,95 94 661 595,00	Presenta fisuras, se deforma y deflecta rápidamente antes de su ruptura total, su peso es liviano pero tiende a deshilarse en el sentido de su fibra.
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	1 037 907,57 1,02E ¹¹	
	Modulo de Ruptura (Kg) (N)	482,48 4733, 13	
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	476,19 46 714 239,00	Deformación notoria, su falla ocurre por corte.
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	8 561,59 839 891 979,00	
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	55,11 5 406 291,00	Poca resistencia en este sentido presenta aplastamiento.
4	Dureza Radial (Kg) (N)	652,00 6 396,12	Penetración fácil tendiendo a sufrir ciertas fisuras cerca del lugar de penetración.
	Tangencial (Kg) (N)	465,00 4 561,65	
	Longitudinal (Kg) (N)	460,00 4 512,6	
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	93,61 9 183 143,00	Desprendimiento fácil de la fibra.
6	Clivaje (Kg/cm) (N/m)	46,41 45 528,21	Por la forma de su fibra tiende a ceder rápidamente
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	1 293,19 126 861 939,00	Especie débil, presenta bastante astillamiento largo y pronunciado en la parte critica de la probeta. Esto se debe al tipo de fibra que presenta la madera.
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	55,66 5 460 246,00	Bastante resistencia a la aplicación de esta carga. Presenta cierto tipo de astillamiento cuando se presenta la ruptura total.
9	Peso Especifico (g/cm ³) (kg/m ³)	0,44 440,00	Con 18 % de humedad sufre de dilatación por estar debajo del PSF
10	Contracción Volumétrica %	11,27	.
11	Contenido de Humedad %	18,12	.

Clasifica como madera pesada, con contracción mediana y estable. Su resistencia mecánica es aceptable, sin embargo es la menor con respecto a las otras tres especies. Tiene buena respuesta a cargas axiales de tracción muy alta. Padece de deformación rápida ante la presencia de carga.

Tabla XVII. Manchiche–Lonchocarpus Castilloi–

No.	Tipo de ensayo	Resultado	Características
1	Flexión Estática (Kg/cm ²) (Pa)	1 496,71 146 827 251,00	Casi no presenta fisuras y pocas deformación al llegar a su ruptura total, casi no se deflecta por la forma de su fibra, esta especie presenta la mayor resistencia a flexión estática de las especies estudiadas.
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	1 532 644,82 1,50E ¹¹	
	Modulo de Ruptura (Kg) (N)	748,36 7 341,41	
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	807,73 79 238 313,00	Casi no se nota la deformación y su falla se da en forma de cuña
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	44 634,14 4 378 609 134,0	
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	82,77 8 119 737,00	Especie que mas carga soporta sin presentar variación en su forma.
4	Dureza Radial (Kg) (N)	1 120,00 10 987,20	Bastante resistente a la penetración ya que soporta demasiada carga, es poca la falla que presenta.
	Tangencial (Kg) (N)	1 145,00 11 232,45	
	Longitudinal (Kg) (N)	1 220,00 11 968,20	
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	110,21 10 811 601,00	Resiste bastante bien presentando las mismas características del Malerio Colorado. Su fibra es bastante pareja al presentar la falla.
6	Clivaje (Kg/cm) (N/m)	80,77 79 235,37	Especie que mas resistencia tiene hacia el desgarre, ya que es la que mas carga soporta.
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	1 999,09 196 110 729,00	Presenta poco astillamiento y tiene bastante resistencia en presencia de carga.
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	48,01 4 709 781,00	Presenta un tipo de falla de desgaste recto, estando la fibras bien unidas entre sí cuando ocurre la ruptura.
9	Peso Especifico (g/cm ³) (kg/m ³)	0,46 460,00	26 % de humedad como esta arriba el PSF, sufre de contracción.
10	Contracción Volumétrica %	8,17	
11	Contenido de Humedad %	26,00	

Clasificada como extremadamente pesada, con contracción volumétrica alta y muy estable. Su resistencia es bastante alta y superior de todas las maderas que se han analizado en esta investigación, con poca deflexión y deformación axial bajo carga.

Tabla XVII. Danto –Vatairea Lundellii–

No.	Tipo de ensayo	Resultado	Características
1	Flexión Estática (Kg/cm ²) (Pa)	1 044,64 102 479 184,00	Se encuentra en tercera posición ya que también se deforma y deflece rápidamente en presencia de carga, presenta astillamiento antes de llegar a su ruptura total.
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	1 389 130,90 1,36E ¹¹	
	Modulo de Ruptura (Kg) (N)	522,32 5 123,96	
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	602,68 59 122 908,00	Casi no se nota su deformación, pero el aplastamiento predomina en el extremo de las probetas y su ruptura es casi horizontal.
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	18 182,47 1 783 700 307,00	
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	58,24 5 713 344,00	Carece de una buena resistencia a la compresión en este sentido.
4	Dureza Radial (Kg) (N)	725,00 7 112,25	Sufre de rajaduras ante la penetración. Su sentido radial es el que mas carga soporta, mientras que en su sentido longitudinal es lo contrario. Esto se aplica a todas las especies.
	Tangencial (Kg) (N)	795,00 7 798,95	
	Longitudinal (Kg) (N)	675,00 6 621,25	
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	95,40 9 358 740,00	Tiende a deshilarse al someterla a carga tendiendo a abrirse las probetas en dirección de la fibra.
6	Clivaje (Kg/cm) (N/m)	32,49 31 872,69	En sus resistencia al desgarre es la especie que menos carga soporta, rápidamente ocurre la fractura.
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	1 302,14 127 739 934,00	Presenta un pequeño astillamiento, partiendo del centro hacia los extremos.
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	44,64 4 379 184,00	Es la especie que menos resistencia soporta en presencia de carga pero el astillamiento es menor que Santa Maria.
9	Peso Especifico (g/cm ³) (kg/m ³)	0,46 460,00	25 % de humedad como esta sobre el PSF, sufre de retracción.
10	Contracción Volumétrica %	7,34	
11	Contenido de Humedad %	25,10	
<p>Clasificada como pesada, con contracción volumétrica alta y medianamente estable. Tiene una resistencia aceptable cuando es sometida a compresión, corte, dureza y flexión con respecto al Santa Maria.</p>			

Tabla XVII. Malerio Colorado –Aspidosperma Megalocarpon–

No.	Tipo de ensayo	Resultado	Características
1	Flexión Estática (Kg/cm ²) (Pa)	1 245,38 1 245,38	Casi no se deflecta en presencia de carga ya que es difícil de observar falla
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	1 772 567,35 1,74E ¹¹	
	Modulo de Ruptura (Kg) (N)	622,69 6 108,59	
2	Compresión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	710,51 69 701 031,00	Soporta bastante en este tipo de condiciones de carga y el tipo de falla que presenta es de tipo de cuña. Ya que su deformación es ligeramente notoria.
	Modulo de Elasticidad (Kg/cm ²) (Pa)	20 474,26 2 008 524 906,00	
3	Compresión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	78,12 7 663 572,00	Tiene buena resistencia y es poca su deformación.
4	Dureza Radial (Kg) (N)	902,00 8 848,62	Buena resistencia ya que el hendimiento de la bola es uniforme en la fibra de la madera.
	Tangencial (Kg) (N)	875,00 8 583,75	
	Longitudinal (Kg) (N)	855,00 8 387,55	
5	Corte Paralelo a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	116,33 11 411 973,00	Tiene una buena resistencia al corte, ya que es la especie que mas carga soporta y su falla es bastante pareja.
6	Clivaje (Kg/cm) (N/m)	71,05 69 700,05	Soporta menos que el Manchiche pero mantiene el mismo tipo de falla.
7	Tensión Paralela a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	2 359,33 231 450 273,00	Bastante resistencia a este tipo de carga y su tipo de falla es casi pareja en el centro de la probeta. Es la especie que mas carga soporta.
8	Tensión Perpendicular a la Fibra (Kg/cm ²) (Pa)	46,24 4 536 144,00	Presenta un tipo de falla de desgaste recto.
9	Peso Especifico (g/cm ³) (kg/m ³)	0,45 450,00	29 % de humedad como esta arriba el PSF, sufre de contracción.
10	Contracción Volumétrica %	10,15	
11	Contenido de Humedad %	29,33	
<p>Clasificada como extremadamente pesada, con contracción volumétrica alta y muy estable. Su resistencia es bastante alta, con poca deflexión y deformación axial bajo carga.</p>			

CONCLUSIONES

- 1 Las cuatro especies en estudio presentan características y propiedades diferentes. Sin embargo, en cuanto a resistencia que presentan en algunas pruebas, muestran valores similares, es por tal motivo que estas especies fueron clasificadas como pesadas.
- 2 La especie de madera Santa Maria–*Calophyllum Brasiliense* Camb– se clasifica como madera pesada, con contracción mediana y estable. Su resistencia mecánica es aceptable, sin embargo, es la menor con respecto a las otras tres especies. Tiene buena respuesta a cargas axiales de tracción muy alta. Padece de deformación rápida ante la presencia de carga.
- 3 La especie de madera Manchiche–*Lonchocarpus Castilloi*– clasificada como extremadamente pesada, con contracción volumétrica alta y muy estable. Su resistencia es bastante alta y superior de todas las maderas que se han analizado en esta investigación, con poca deflexión y deformación axial bajo carga.
- 4 La especie de madera Danto–*Vatairea Lundellii*– clasificada como pesada, con contracción volumétrica alta y medianamente estable. Tiene una resistencia aceptable cuando es sometida a compresión, corte, dureza y flexión con respecto al Santa Maria.

- 5 La especie de madera Malerio Colorado—Aspidosperma Megalocarpon—clasificada como extremadamente pesada, con contracción volumétrica alta y muy estable. Su resistencia es bastante alta, con poca deflexión y deformación axial bajo carga.

RECOMENDACIONES

1. Es importante la continuación y termino de las características físicas y propiedades mecánicas del presente estudio. Debido a que un estudio preliminar no basta para recaudar la información necesaria, sobre las especies, pues, se debe tener una gran cantidad de datos para que sean representativos.
2. Fomentar la investigación de mas características físicas y químicas para el aprovechamiento de estas especies en usos mas convenientes, para, de esta manera, abarcar mas campos donde las especies de madera puedan llegar a ser comercializadas.
3. Árbol Verde debe presentar un interés mayor en la realización de este tipo de estudios, ya que, deben informar y capacitar a sus trabajadores para colaborar en la realización del mismo, pues, dichos estudios sirven para el engrandecimiento y desarrollo de su comunidad. Y es por la falta de apoyo, se detecto la necesidad de no apegarse a las normas en algunas ocasiones.
4. Hacer mas estudios a otras especies con las que, actualmente, cuenta Árbol Verde, dentro de su área de concesión, para el engrandecimiento y desarrollo de su Sociedad Civil.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aldana Albanes, Carlos Alberto. Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de las maderas de mango y aguacate. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2 004. 80pp.
2. Beltranena Matéu, E. Determinación de los permisibles de trabajo para maderas nacionales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1 972. 33pp.
3. Casasola Díaz, Carlos R. Anatomía y propiedades físicas de la madera de *Calophyllum Brasiliense* Camb., *Vochysia Hondurensis* Sprage. Y *Simphonia globulifera* L. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 1 988. 84pp.
4. Flores Morales José Encarnación. Uso tecnológico de la madera en la construcción. Tesis Ing. civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1 998. 80pp.
5. Gaitan Garavito, Martha Guísela. **Teoría Básica de Probabilidad.** Editorial Universitaria. Guatemala. 2 001. 105 pp.
6. Gálvez Aqueche, Iván. Propiedades físicas mecánicas de la madera de tres especies forestales del norte de Guatemala. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1 988. 80 pp.
7. Godinez Mansilla, William Ramón. Ingeniería de la madera en Guatemala. Tesis Ing. civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería. 1 996. 92 pp.

8. Herrera Acajalon, Exequiel. Propiedades físicas-mecánicas de tres especies maderas de Petén. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1 991. 51pp.
9. Normas A.S.T.M D-143. **American Society for Testing and Materiales (A.S.T.M)**. Ensayos para probetas pequeñas de madera libre de defectos. A.S.T.M Book of Standards Part 22. 1 989.
10. Normas A.S.T.M D-245. **American Society for Testing and Materiales (A.S.T.M)**. Métodos para establecer grados estructurales de la madera. A.S.T.M Book of Standards Part 6. 1 989.
11. Pinto, Simons Tarano. **Clasificación de suelos de la Republica de Guatemala**. s.l. 1 959.150 pp.
12. Sociedad civil para el desarrollo Árbol Verde. “Boletín informativo”. **Plan de manejo integrado “ Las Ventanas”**. Ixlu, Flores, Peten. 2 004