

MARIO DOMINGO SAMAYOA FLORES

Estudio Preliminar de las propiedades Físico-mecánicas de 7 especies de pino de Guatemala.



Guatemala, Octubre de 1972.

K
OR
(24)

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
GUATEMALA, C. A.

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE
7 ESPECIES DE PINO DE GUATEMALA

T E S I S
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
POR

MARIO DOMINGO SAMAYOA FLORES

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1972

DL
08
T(252)C

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano:	Ing. Hugo Quan Má
Vocal 1o:	Ing. Marco Tulio Samayoa
Vocal 2o:	Ing. Rodolfo González
Vocal 3o:	Ing. Adolfo Behrens
Vocal 4o:	Br. Jorge Luis Cabrera
Vocal 5o:	Br. Manuel María Rendón
Secretario:	Ing. José Luis Terrón

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Hugo Quan Má
Examinador:	Ing. Jorge Rodríguez
Examinador:	Ing. Adrián Juárez
Examinador:	Ing. Horacio Beltetón
Secretario:	Ing. José Luis Terrón

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la ley de la
Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo
el honor de someter a vuestra consideración mi
trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS PROPIEDADES

FISICO MECANICAS DE 7 ESPECIES DE PINO

DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Junta Directiva
de la Facultad de Ingeniería.

ACTO QUE DEDICO

A JESUS NAZARENO DE LOS MILAGROS

A LA MEMORIA DE MIS PADRES

Domingo Samayoa Bousquet

Carlota Flores de Samayoa

A MI ESPOSA

Leticia González de Samayoa

A MIS HIJOS

Jorge Domingo

Manuel Antonio

Ana Carlota

Francisco José

A MIS HERMANAS

Clara de Colmenares

Marta de Alvarado

A MI SUEGRA

Elisa Cordón de González

RECONOCIMIENTO

Al CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA y al CENTRO TECNICO DE EVALUACION FORESTAL (CETEFOR) por las indicaciones, facilidades y orientaciones que se sirvieron prestarme para el desarrollo del presente trabajo.

Al CENTRO DE CALCULO y a las personas que laboran en él.

Mi agradecimiento a las personas que con su ayuda hicieron posible que este trabajo de tesis fuera efectuado.

Ing. Emilio Beltranena

Ing. Héctor Monzón

Br. Marco Antonio Juárez

Br. Jorge Mario Cifuentes

Br. Francisco Rodríguez

Sr. René de la Cruz

Sr. Rubén Palacios

Sr. Raúl Amílcar Lima.

CONTENIDO

- 1.- Introducción
- 2.- Estudios Preliminares:
 - 2.1- Descripción Botánica de las especies estudiadas.
 - 2.2- Descripción Ecológica, topográfica y de suelos de las localidades y bosques, de los árboles muestreados.
- 3.- Selección y toma de muestras para los ensayos.
- 4.- Descripción del trabajo del Laboratorio.
- 5.- Propiedades Físicas:
 - 5.1- Pruebas de Laboratorio
 - 5.1.1- Determinación de la densidad de la madera.
 - 5.1.2- Contracción de la madera.
 - 5.1.3- Humedad de la madera.
 - 5.2- Resultados obtenidos de propiedades físicas
 - 5.2.1- Densidad aparente de la madera.
 - 5.2.2- Contracción radial y tangencial de la madera.
 - 5.2.3- Contracción longitudinal y volumétrica de la madera.
- 6.- Propiedades Mecánicas:
 - 6.1- Pruebas de Laboratorio
 - 6.1.1- Flexión Estática.
 - 6.1.2- Compresión Paralela a la Fibra.
 - 6.1.3- Compresión Perpendicular a la Fibra.

6.1.4- Corte Paralelo a la Fibra.

6.1.5- Dureza o Penetración de la Madera.

6.2- Resultados obtenidos de propiedades mecánicas:

6.2.1- Flexión estática:

Límite Elástico, Módulo de Ruptura y Módulo de Elasticidad.

6.2.2- Compresión Paralela a la Fibra:

Límite Elástico, Módulo de Ruptura y Módulo de Elasticidad.

6.2.3- Compresión Perpendicular a la Fibra.

6.2.4- Corte Paralelo a la Fibra.

6.2.5- Dureza o Penetración en la Madera.

7.- Determinación de Esfuerzos Básicos.

8.- Determinación de Esfuerzos Permisibles de Trabajo.

9.- Conclusiones y Recomendaciones.

10.- Bibliografía.

11.- Anexos.

12.- Ficha Bibliográfica.

1.- INTRODUCCION

En ingeniería es deseable tener especificaciones que señalen las propiedades físico-mecánicas de las maderas, para su uso en el cálculo de estructuras, con lo que podría obtenerse diseños racionales, seguros y económicos.

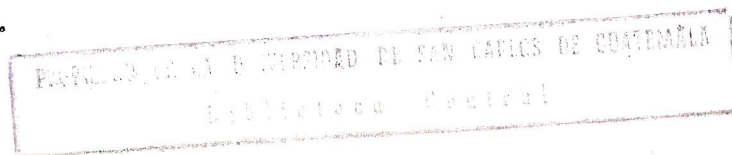
En Guatemala contamos con grandes áreas pobladas de bosques de maderas de muchas especies, habiendo muchas comercializables o adaptables a diferentes usos. Ya se han realizado muchos estudios para determinar dichas propiedades en diferentes especies, pero aún hay muchas que no se han estudiado y por lo tanto carecen de normas que señalen sus propiedades y su clasificación en cuanto a su calidad, resistencia y durabilidad.

En la madera no se consigue uniformidad en su calidad pues no sólo es enorme la cantidad de especies, sino que aún en maderas de la misma especie, hay una serie de factores que influyen las propiedades haciendo que las mismas difieran de árbol a árbol y aún en el mismo árbol, según sea su posición en el tronco y en la sección transversal del mismo.

Necesariamente cada especie debe de contar con sus normas en cuanto a sus propiedades se refiere, es más pueden tenerse normas relativas a especies regionales dadas las características particulares de las mismas.

Por lo tanto, no es aceptable aplicar en el diseño de estructuras de madera normas que correspondan a otras especies, pues eso llevaría a serios errores.

Es por lo tanto una necesidad que el mayor número de maderas comercializables nacionales sean estudiadas, para obtener las especificaciones propias de cada especie.



En este trabajo se determinan las propiedades físico-mecánicas de las siete especies de pino del país más comercializables y más abundantes:

- 1) Pinus caribaea Morelet.
- 2) Pinus oocarpa Schiede.
- 3) Pinus ayacahuite K. Ehrenb.
- 4) Pinus tenuifolia Benth.
- 5) Pinus montezumae Lambert.
- 6) Pinus rudis Endl.
- 7) Pinus strobus chiapensis Mart.

La selección de estas especies se hizo con la ayuda de técnicos forestales del Centro Técnico de Evaluación Forestal (CETEFOR).

En la realización del estudio se siguieron las normas ASTM D 143 y D245 que para los ensayos físico-mecánicos de madera y la determinación de grados estructurales de la madera tiene en vigor la ASTM (American Society for Testing and Materials) y las normas del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación de Mérida Venezuela, para el muestreo y los ensayos físico-mecánicos de la misma.

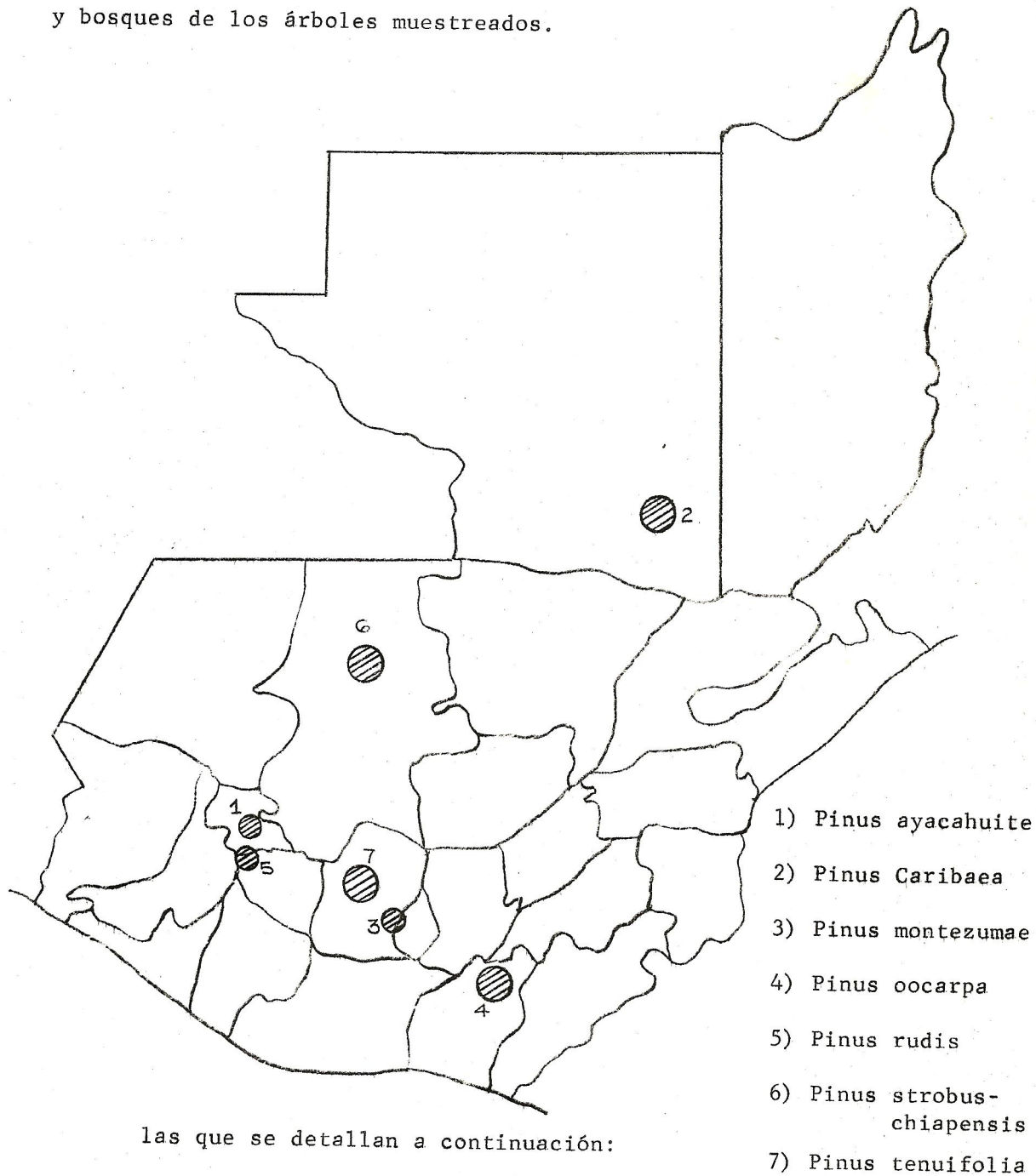
La ejecución del trabajo se inició con la información geográfica y ecológica de las diferentes regiones forestales de pino; luego se seleccionaron árboles representativos de los bosques de pino de cada región; se cortaron, marcaron e identificaron según las normas establecidas; se procedió al corte de las muestras y a sus ensayos correspondientes y después del análisis estadístico de las mismas, se determinaron los esfuerzos básicos y esfuerzos de trabajo, que pueden servir de base para el diseño de estructuras de madera de pino.

2.- ESTUDIOS PRELIMINARES

Los estudios preliminares a los ensayos comprenden:

2.1- Descripción Botánica de las especies estudiadas y

2.2- Descripción Ecológica, Topográfica y de suelos de las localidades y bosques de los árboles muestreados.



las que se detallan a continuación:

2.1- DESCRIPCION BOTANICA DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

2.1.1- Pinus ayacahuite K. Ehrenb.

- Nombre común: Pino Blanco o Curtidor
- Arbol de altura que oscila entre 20 y 35 metros, a veces hasta 45m. y más.
- El tronco generalmente es cilíndrico y puede llegar hasta un diámetro de 1.20 m. DAP.
- Corteza color gris blanquecino o rojizo, lisa en árboles jóvenes y áspera y escamosa en los adultos; cuando jóvenes los ejemplares desprenden fácilmente su corteza en tiras que se utilizan para curtir.
- Ramaje a veces es verticulado horizontal o ascendente.
- Agujas color verde azulado brillante de 5 fascículos triangulares de 10 á 20 cm. de longitud.
- Conos de 1 á 3, muy bien repartidos en el ramaje, desiguos de 20 á 45 cm. de longitud por 7 á 11 cm. de diámetro cuando abiertos.
- Madera color blanco amarillento, fácil de trabajar, usado en mueblería corriente. Hasta el momento ha sido una especie refractaria del gorgojo *Dendroctonus* sp.
- Distribución: Habita entre los 2,300 y 3,200 m. de altura sobre el nivel del mar, especialmente en el occidente del país.

2.1.2- Pinus caribaea Morelet.

- Nombre común: Pino del Petén
- Arbol de tronco cilíndrico de 16 á 20 m. de altura por 45 á 80 cm. de

diámetro.

- Corteza de color castaño rojiza, áspera y escamosa en árboles jóvenes.
- Ramaje verticilado muy liviano de horizontal a ascendente.
- Copa cónica acuminada en árboles jóvenes.
- Ramas con fascículos de 2 á 4 agujas predominando los de 3 agujas de sección triangular de 12 á 30 cm. de longitud.
- Conos agrupados de 2 á 3, a veces solitarios, deciduos de 6 á 14 cm. de longitud.
- Madera de color amarillento es buena para construcciones en general; contiene abundante resina, lo cual hace de la especie apropiada para su explotación.
- Distribución: Habita entre los 100 y 400 m. sobre el nivel del mar, especialmente en Poptún y Dolores en el Departamento del Petén; al este de Alta Verapaz y Norte de Izabal.

2.1.3- Pinus montezumae Lambert.

- Nombre común: Pino de ocote
En condiciones normales, es árbol grande de 20 á 35 m. de altura.
- Fuste cilíndrico entre 45 y 85 cm. de diámetro (DAP)
- Corteza áspera, profundamente agrietada en ejemplares adultos y escamosa en jóvenes. Color moreno rojizo en las partes antiguas.
- Ramas gruesas y fuertes, espaciosas; las jóvenes ascendentes, más tarde horizontales y hasta colgantes. La copa puede ser poco densa a densa.
- Ascúculas triangulares extendidas las jóvenes y colgantes, las antiguas,

normalmente 5 por fascículo, raras veces 4 y 6, desde 18 hasta 45 cm de longitud; color verde oscuro.

-Conos en número de 1 a 3, de 10 hasta 25 cm de longitud.

-Madera es blanca en árboles jóvenes, más tarde con vetas amarillas y por último, gran parte de los haces leñosos rojizos. Debido a la acumulación de trementina, lleva el nombre de pino de ocote. Es usada como madera de construcción y para la confección de muebles corrientes.

-Distribución: Habita entre los 1,500 y 2,500 m sobre el nivel del mar, en casi todos los departamentos del occidente del país.

2.1.4- Pinus oocarpa. Schiede

-Nombre común: Pino colorado

-Arbol de 14 a 25 m de altura, diámetro de 50 a 85 cm DAP; corteza hendida formando placas longitudinales.

-Ramas livianas encorvadas ascendentes y horizontales. En ejemplares adultos, las ramas inferiores se tornan colgantes.

-Fascículos generalmente con 5 agujas, raras veces 3 ó 4.

-Agujas de sección triangular de 12 a 28 cm de longitud.

-Conos numerosísimos persistentes a tardíamente caedizos, solitarios o en grupos de 3, al abrirse resultan de mayor diámetro que longitud, de 4 a 10 cm de largo.

-Madera de color blanco-amarillento en ejemplares jóvenes hasta rojiza en los adultos, debido a la acumulación de abundante resina. Es muy usada en construcciones. Se le ha exportado en grandes cantidades a

E.U.A. Debido a su alto contenido de trementina se ha explotado irracionalmente.

-Distribución: Se le encuentra entre los 500 y 2,400 m sobre el nivel del mar. Se le encuentra en la mayoría de los departamentos de occidente, así como en los departamentos de Santa Rosa y El Progreso.

2.1.5- Pinus rudis. Endl.

-Nombre común: Pino de las cumbres

-Arbol de tronco cilíndrico de 12 á 25 m de altura y de 60 á 75 cm de diámetro; en algunas regiones a mayores alturas, sobre áreas rocall osas su altura llega a la de un arbusto entre 1 y 4 m.

-Corteza color grisácea oscura, forma largas placas longitudinales más o menos estrechas.

-Ramaje más bien corto, ascendente en árboles jóvenes, tendidas y hasta colgantes en ejemplares adultos.

-Copa densa más o menos redonda.

-Fascículos ordinariamente de 5, a veces de 4 á 3 agujas triangulares finamente aserradas, rectas en la cúspide de las ramitas o ligeramente en corvadas las más antiguas, de 7 á 25 cm de longitud.

-Conos ordinariamente numerosos, solitarios o en grupos hasta de 4, caedizos cuando maduros de 6 á 14 cm de longitud.

-Madera de blanco amarillenta en árboles jóvenes y amarillenta rojiza en árboles adultos, utilizada en construcciones y mueblería ligera. Tiene la desventaja que los bosques son atacados por el gorgojo del pino:

Dendroctonus sp., que causa grandes estragos.

-Distribución: Habita entre los 2,300 á 4,000 m de altura sobre el nivel del mar, especialmente los departamentos de occidente del país y Baja Verapaz.

2.1.6- *Pinus strobus chiapensis*. Mart.

-Nombre común: Palo pique, pinabete blanco.

-Arbol de 18 á 35 m de altura de tronco cilíndrico, recto hasta de 1 m de diámetro.

-Corteza relativamente lisa o moderadamente agrietada, color moreno claro o gris blanquecino.

-Ramas relativamente livianas, verticiladas, primero ascendente, más tarde horizontal.

-Fascículos ordinariamente de 5 agujas de sección triangular, delgadas, flexibles, color verde con varias tonalidades azuladas, de 14 á 18 cm de longitud.

-Conos más o menos numerosos, solitarios, con frecuencia en grupos de 2 y 3, colgantes largamente ovales, de 8 á 16 cm de longitud.

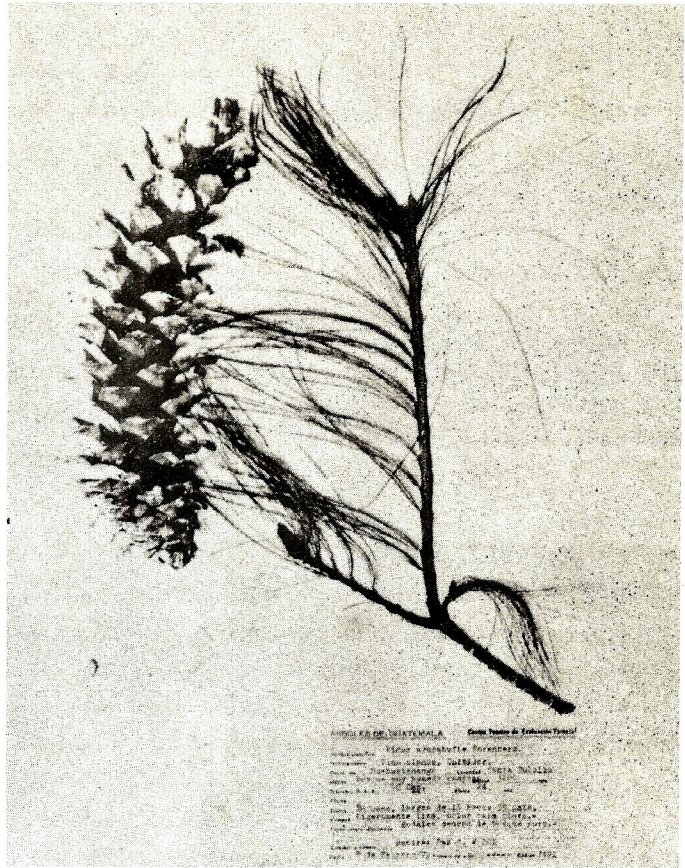
-Madera de color casi blanco, tiene aplicación en construcciones urbanas, especialmente para tabiques y techos. Es excelente para pulpa y papel.

-Distribución: Habita entre los 1,300 á 3,600 m sobre el nivel del mar. Se le encuentra especialmente en los departamentos de Quiché y Huehuetenango.

2.1.7- Pinus tenuifolia. Benth.

- Nombre común: Pino candelillo
- Arbol de tronco recto, cilíndrico, raras veces bifurcado, de 20 á 35 m de altura, el diámetro puede alcanzar hasta 1.20 m.
- Corteza ordinariamente moreno-rojizo en bosques densos, en árboles ais lados casi siempre en gris blanquecina; en árboles adultos es hendida formando gruesas placas longitudinales.
- Ramaje primero fino verticilado, más tarde, desarrollado y espacioso; ascendente en la juventud, horizontal y hasta colgante más tarde.
- Copa más o menos densa.
- Fascículos ordinariamente de 5 agujas, raras veces de 4, sección triangular de 15 á 30 cm de longitud.
- Conos solitarios o en grupos de 2 á 3 deciduos, ligeramente encorvados de 6 á 12 cm de longitud; al caer llevan su respectivo pedúnculo.
- Madera casi blanca como el P. ayacahuite, es muy usada en construcciones y en mueblería.
- Distribución: Habita entre los 1,100 y 2,400 m sobre el nivel del mar, especialmente en Chimaltenango, Sacatepéquez, Alta y Baja Verapaz, Quiché, Guatemala y Chiquimula.

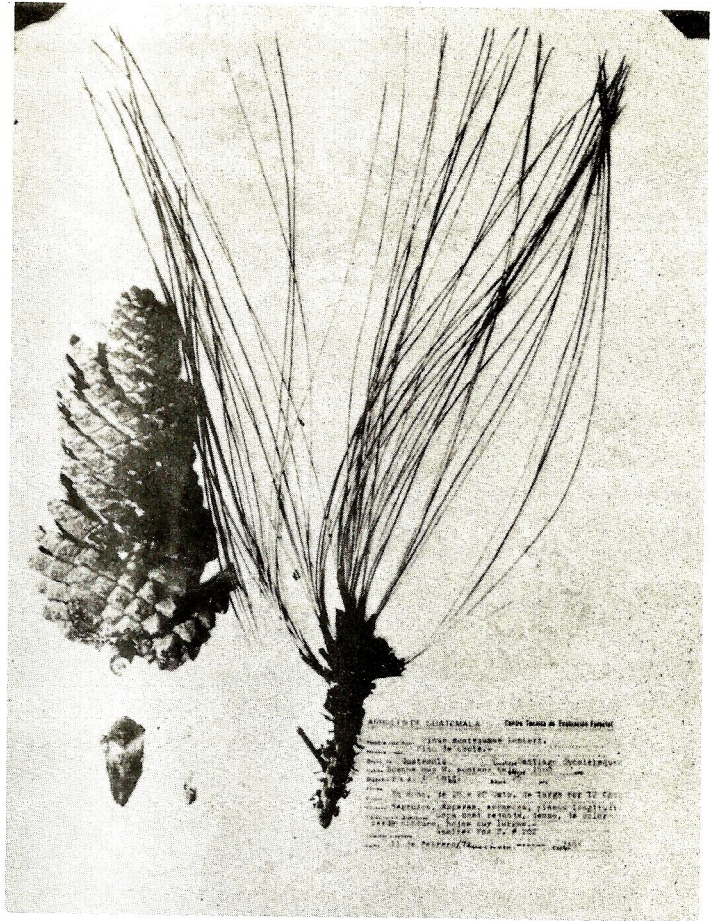
1. *Pinus ayacahuite*
 Pino blanco
 Totonicapán.



2. *Pinus caribaea*
 Pino del Petén
 Petén,



3. *Pinus montezumae*
Pino de ocote
Chimaltenango.



4. *Pinus oocarpa*
Pino colorado
Santa Rosa.



5. *Pinus rudis*
Pino de las cumbres
Totonicapán.



6. *Pinus strobus* ch.
Pinabete blanco
Quiché.



2.2- DESCRIPCION ECOLOGICA, TOPOGRAFICA Y DE SUELOS DE LAS LOCALIDADES Y BOSQUES DE LOS ARBOLES MUESTRADOS

2.2.1- Pinus ayacahuite. K. Ehrenb

Nombre Común Pino blanco o curtidor

Lugar de recolección: paraje "Salbachan". María Tecún. Departamento de Totonicapán.

Régimen de propiedad: Bosque comunal

El bosque presenta óptima calidad de unos 30 á 35 años; altura total promedio de 25 m. Diámetro promedio (DAP) 42.5 cm.

Topografía inclinada montañosa. Elevación relativa 3,200 m s.n. m. Humedad relativa 80%

Intensidad de lluvia 1,000 mm.

Temperatura ambiente 15°C.

Suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica o roca de color claro. Pertenecen a la serie Totonicapán. La reacción es de mediana a ligeramente ácida. pH alrededor de 6.0.

El bosque está libre de enfermedades; se talaron 5 árboles, de los cuales se tomaron dos muestras de 1.20 m de largo de cada árbol.

2.2.2- Pinus caribaea. Morelet.

Nombre común Pino del Petén

Lugar de recolección: Estación experimental Dolores km 80 de la carretera que de Ciudad Flores conduce a Poptún en el Departamento de Petén.

Régimen de propiedad: municipal bajo administración de CETEFOR.

El bosque se presenta en buenas condiciones, aunque con baja densidad. Es un rodal puro de 35 á 45 años de edad, con alturas que oscilan entre 28 y 34 m. Diámetro promedio (DAP) 44.7 cm.

Topografía plana donde el declive no llega al 5%. Elevación relativa 500 m. s.n.m.

Humedad relativa: no hay datos

Intensidad de lluvia: 2,500 mm

Temperatura ambiente: 25°C.

Suelos profundos bien drenados, desarrollados sobre residuos de grano fino de rocas calcáreas, color rojizo. El perfil del suelo superficial es franco arcilloso limoso. Reacción fuertemente ácida pH alrededor de 5.0

El bosque está libre de enfermedades; se talaron 5 árboles, de los cuales se tomaron dos muestras de 1.20 m. de largo de cada árbol.

2.2.3- Pinus montezumae. Lambert.

Nombre común: Pino de ocote.

Lugar de recolección: bosque de la finca "La Alameda" Chimaltenango.

Régimen de propiedad: Nacional bajo administración de la Escuela Normal Pedro Molina.

Es un rodal puro de buen crecimiento, que oscila entre 28 y 32

años con alturas entre 35 y 30 m. con diámetros promedio (DAP) 41.3 cm.

Topografía: la mayoría de las pendientes tienen más del 20% de inclinación. Elevación relativa 1,760 m. s.n.m.

Humedad relativa: 74%

Intensidad de lluvia: 1,500 mm.

Temperatura ambiente: 20°C.

Los suelos se encuentran dentro de las series Guatemala, fase pendiente y Tecpán que varían de franco arcilloso casi típico a una capa muy delgada de suelo franco arcilloso de color café amarillento. Los suelos Tecpán son profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica blanca, porosa y de grano relativamente fino; el pH es de 6.0 á 6.5.

La situación actual del bosque es buena y se encuentra libre de enfermedades. Se tomaron 5 árboles representativos del rodal y de c/u se cortaron dos muestras de 1.20 m. de largo.

2.2.4- Pinus oocarpa. Schiede

Nombre común: Pino colorado

Lugar de recolección: rodales puros de la aldea Tepalapa, municipio de Casillas, Departamento de Santa Rosa.

Régimen de propiedad: Municipal

El rodal se encuentra bastante denso y la edad oscila entre 26 y 34 años, con alturas que oscilan entre 17 y 24 m.; los diámetros

se encuentran entre 29 y 40 cm. (DAP).

La topografía es inclinada, pendientes entre 25 y 40%; elevación relativa es de 1,250 m. s.n.m.

Humedad relativa: 80%

Intensidad de lluvia: 2,000 mm.

Temperatura ambiente: 23°C.

Los suelos son poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica cementada de color claro.

Se localizan en la serie Jalapa. Suelo franco, arenoso fino, reacción de muy fuertemente a medianamente ácida. pH 4.5 á 5.5.

El rodal se encuentra libre de ataque de plagas y enfermedades; habiéndose tomado 5 árboles representativos y de cada uno se sacaron dos muestras de 1.20 m. de longitud.

2.2.5- Pinus rudis. Endl.

Nombre común: Pino de las cumbres.

Lugar de recolección: Bosque de "Chicotón" en San Cristóbal Totonicapán y en el cantón "Tierra Blanca" del municipio de Totonicapán.

Régimen de propiedad: particular.

Los rodales se encuentran puros y con edades de 30 años y 20 á 25 años respectivamente. Las alturas oscilan entre 18 y 23 m. con diámetros entre 31 y 36 cm. (DAP).

Topografía: ocupa relieves casi planos a grandes alturas y pen-

dientes inclinadas más abajo; elevación relativa de 2,400 á 2,500 m. s.n.m.

Humedad relativa: 80%

Intensidad de lluvia: 1,000 mm.

Temperatura ambiente: 15°C.

Los suelos son profundos, bien drenados, que se han desarrollado sobre ceniza volcánica débilmente cementada. Perfil del suelo franco arenoso, fino de color café oscuro, acidez de mediana a ligera, pH 6.0.

Los rodales donde se extrajeron las muestras están libres de enfermedades, sin embargo, en las cercanías se observaron árboles atacados por el gorgojo del pino *Dendroctonus* sp.

Se tomaron dos árboles de "Chicotón" y tres de "Tierra Blanca" de donde se extrajeron 2 muestras de 1.20 m. de longitud cada una.

2.2.6- Pinus strobus chiapensis. Mart.

Nombre común: Palo pique, pinabeta blanco.

Lugar de recolección: Finca San Francisco, municipio de San Juan Cotzal, departamento de El Quiché.

Régimen de propiedad: particular.

Los árboles que oscilaban entre 15 y 29 años de edad se encontraban aislados, con alturas entre 18 y 26 m. y diámetros entre 37 y 45 cm. (DAP).

Topografía: inclinada con pendientes mayores de 25%; elevación relativa 1,300 m. s.n.m.

Humedad relativa: 80%

Intensidad de lluvia: 2,500 mm.

Temperatura ambiente: 18°C.

Suelos profundos bien drenados a excesivamente drenados, desarrollados sobre una mezcla de residuos de caliza y de ceniza volcánica fina. El perfil es franco limoso de color café oscuro. La reacción es medianamente ácida, pH de 5.5 á 6.0.

No se encuentran enfermedades dentro de los bosques. Se tomaron 5 árboles y de cada uno se cortaron dos muestras de 1.20 m. de largo por su respectivo diámetro.

2.2.7- Pinus tenuifolia. Benth

Nombre común: Candelillo.

Lugar de recolección: Finca "La Colina", municipio de Tecpán, departamento de Chimaltenango.

Régimen de propiedad: particular.

Es un rodal puro con una edad entre 28 y 34 años, con alturas entre 19 y 24 m. y diámetros entre 34 y 40 cm. (DAP).

Topografía: de ondulada a inclinada; elevación relativa 2,400 m. s.n.m.

Humedad relativa: 74%

Intensidad de lluvia: 1,500 mm.

Temperatura ambiente: 20°C.

Suelos: comprende las series Tolimán y Zacualpa, los primeros son profundos bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica de color blanco. Perfil franco arenoso café oscuro. La reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0. Los segundos son excesivamente drenados, poco profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro. Perfil franco arenoso.

Reacción ligeramente ácida pH 6.0 á 6.5.

No se encontraron en el bosque plagas y enfermedades. Se tomaron cinco árboles y de cada uno se cortaron dos muestras de 1.20 m. de largo.

DAP = Diámetro a la altura del pecho.

3.- SELECCION Y TOMA DE MUESTRAS PARA LOS ENSAYOS

3.1- Generalidades

Los ensayos de las propiedades físico-mecánicas de la madera comprenden cinco etapas:

- 1) Recolección de las muestras
- 2) Transporte del material al laboratorio
- 3) Corte y preparación de las probetas
- 4) Realización de los ensayos
- 5) Análisis estadístico y evaluación de resultados.

La variación entre diferentes árboles de una misma especie, su heterogeneidad y la influencia del sitio en las propiedades de la madera, impiden establecer "normas fijas" para recolectar muestras.

En cada ensayo se realizan mediciones de diferentes tipos y todas estas mediciones, así como también la variabilidad de la madera suministran diversos resultados en los diferentes ensayos. No es posible eliminar esta variación en los resultados, pero se pueden determinar estos errores.

Más graves son los errores sistemáticos que influyen en los resultados - pues sus efectos se acumulan en un solo sentido (ejemplo: una balanza que no esté bien ajustada).

Los únicos métodos adecuados para la recolección de muestras para los ensayos, son los métodos estadísticos (MUESTREO AL AZAR). Este muestreo al azar evita errores sistemáticos en la recolección de muestras y permite reducir al mínimo el número de ensayos, resultando por lo tanto

más económico para obtener resultados con una probabilidad determinada y con un valor promedio estadísticamente asegurado.

La idea fundamental del muestreo al azar es que todas las unidades de una población tengan la misma probabilidad de entrar al muestreo. Cada ensayo es uno de un número infinito de ensayos que pueden ser realizados bajo las mismas condiciones y éste es la muestra representativa de la población. La tarea de la estadística matemática consiste en indicar hasta qué punto se pueden deducir los resultados y conocimientos obtenidos en base a un muestreo de la población total. Este procedimiento es solamente aplicable si el muestreo es una imagen reducida de la población. La deducción del muestreo a la población tiene algunas inseguridades, pero la inseguridad no es igual a la inexactitud, por el contrario, los métodos estadísticos permiten determinar esta inseguridad. No hay número fijo de probetas necesarias para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas; el número de ellas depende de la variación de dichas propiedades dentro de un árbol y también dentro de árboles de la misma especie en diferentes lugares.

Para determinar exactamente el número de probetas, es necesario conocer, aproximadamente, la variación de las propiedades dentro de un árbol y también entre árboles de la misma especie en diferentes lugares.

Si se trata de una especie nueva, es necesario realizar ensayos preliminares basados en un muestreo al azar, para elaborar el plan definitivo de muestreo.

3.2- Realización del Muestreo al Azar - Normas Recomendables (1)

Tenemos en principio, dos tipos de muestreo: el muestreo al azar y el muestreo representativo. El muestreo adecuado para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera es el muestreo al azar. Si se trata de un área boscosa uniforme, los resultados de los ensayos así obtenidos permiten deducir con una probabilidad determinada y una exactitud asegurada estadísticamente, los valores elaborados para la población (siempre que las operaciones de selección de muestras hayan sido correctamente seleccionadas, conforme al sistema), evitando errores sistemáticos, conocidos o desconocidos.

El muestreo representativo es solamente aplicable si existen diferencias exactas y determinadas que permitan dividir la población en porciones bien distintas. No obstante, la selección de las muestras de estas proporciones debe ser realizada también por un muestreo al azar. Este tipo de muestreo sería aplicable al investigar árboles de la misma especie pero de diferentes sitios por su situación y condiciones del medio (clima, y altura sobre el nivel del mar).

3.3- Selección de Árboles en el Bosque para la Investigación

Antes de comenzar con el plan de muestreo, se necesita determinar el fin de la investigación, la población y junto con ella, el área de donde procederán los árboles. Por ejemplo: es diferente si el muestreo se hace para ensayos de pulpa o para ensayos de propiedades físicas y mecáni-

(1) Adaptado o tomado de muestras del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación de Mérida, Venezuela.

cas de la madera. En el primer caso, se seleccionan árboles de 15 hasta 35 cm y en el segundo caso árboles de 30 cm en adelante; estas poblaciones son diferentes y no es correcto deducir valores de un grupo a otro.

Si se han determinado las poblaciones y el área de dónde se piensa seleccionar los árboles, es necesario dividirla en diferentes porciones de la misma importancia para la producción de madera y numerar cada una de ellas.

Después se seleccionan al azar los sitios y áreas y por el mismo sistema (al azar) los árboles necesarios del área determinada.

La determinación al azar del árbol se puede realizar en la forma siguiente: Se recorre cierta distancia en una dirección determinada y se escoge el primer árbol encontrado de la especie correspondiente, siempre que corresponda al objetivo del ensayo y que no tenga defectos evidentes. Si el árbol fue seleccionado, se escoge por el mismo método al azar la probeta del árbol, dividiendo éste en rolas del tamaño necesario, eliminando por sorteo las rolas sobrantes y determinando al azar el sitio en la rola escogida de donde se sacará después la probeta. Es preferible un tablón del centro, que permita luego la elaboración de probetas bien orientadas de acuerdo con los anillos o capas de crecimiento. Para facilitar el trabajo de selección de la muestra, es conveniente usar una motosierra operada por un hombre, con el objeto de tumbar el árbol y también cortar el tablón directamente en el bosque. Este procedimiento dis

minuye mucho los gastos de recolección de muestras, pues no es necesario transportar la rola entera, sino la madera que se necesite.

El problema principal de la recolección de muestras para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera, no siempre es la dificultad de llegar hasta el sitio predeterminado o el transporte de la madera, sino la identificación del árbol escogido. Algunas veces se necesita observar durante un año o más antes de tumbar los árboles escogidos, a fin de obtener todas las muestras botánicas de hojas, flores y frutos que permitan la identificación exacta de especies poco conocidas o nuevas.

3.4- Recolección de Muestras de Maderas Comerciales

Si el fin de los ensayos es investigar las propiedades físicas y mecánicas de maderas comerciales, es posible simplificar el método de muestreo al azar, puesto que se puede identificar la madera con seguridad, en base a las características anatómicas de la misma.

3.5- Selección de las Muestras en Patios de Rolas en el Bosque

En el caso de ensayos de maderas ya explotadas, es posible simplificar la recolección de las muestras, seleccionando las rolas en los patios de almacenaje de las mismas, en el monte. Para esto se necesita conocer los diferentes patios de la región correspondiente y por el mismo método del muestreo al azar arriba mencionado, hacer la selección de las muestras, determinando primero los patios por medio de sorteo y después en la misma forma seleccionando la rola en el patio.

Es necesario tener en cuenta que la madera en los patios sea seleccionada de acuerdo a las áreas de procedencia, porque puede presentarse el caso de escoger más de una rola de una especie determinada en el mismo patio. Para la ubicación de la probeta en la rola escogida, se usa el mismo sistema al azar.

3.6- Selección de las Muestras de Producción de los Aserraderos

Este método de la recolección de las muestras es aplicable solamente para maderas comerciales. El sistema de la selección de la madera para los ensayos es el mismo antes descrito. Se seleccionan primeramente al azar los aserraderos correspondientes de una región determinada y luego se escoge igualmente al azar una muestra de la producción de estos aserraderos, preferiblemente un tablón del centro para la mejor elaboración de la probeta. La ubicación de la probeta en el tablón debe realizarse también por el sistema al azar, dividiéndolo en diferentes secciones del mismo tamaño y determinando por rifa la sección para la muestra.

Es necesario repetir de vez en cuando estos ensayos con muestras de la producción de los aserraderos para comprobar si hay cambios en las propiedades de la madera.

Si en la región predeterminada no hay suficientes aserraderos, es necesario escoger varias muestras del mismo aserradero, pero en diferentes épocas. Este procedimiento evita que árboles del mismo sitio influyan en los resultados. Por ejemplo, se puede realizar cada dos meses la selección de las muestras en el mismo aserradero evitando la selección de

madera ya muy seca, más o menos con un contenido de humedad mayor que el 30%, por el hecho de que la madera debe de estar en condición verde para los ensayos de contracción y para la determinación del peso específico en las condiciones peso seco al horno y volumen verde, así como para los ensayos sobre el secado de la madera.

3.7- Estimación del Número de Muestras Necesarias

Para la evaluación del número de muestras necesarias para investigaciones de propiedades físicas y mecánicas de la madera, se necesita tener un indicio de la variación de las propiedades en el árbol y también entre los árboles de la misma especie de diferentes lugares. Si no hay ningún indicio, es necesario realizar algunos ensayos preliminares que sirvan de base para la estimación del muestreo definitivo de las probetas necesarias.

En la recolección de las muestras para el presente estudio, se utilizó el muestreo al azar ya que se seleccionaron lugares previos para la tala de los árboles, para cada especie seleccionada. Ya habiendo seleccionado los lugares previos o adecuados, se procedió por sorteo a dividirla en diferentes porciones de la misma importancia y a numerar cada una de ellas, después por el mismo sistema de sorteo los árboles en cada porción; se obtuvieron 5 árboles de cada especie.

Luego se procedió por sorteo a separar las rolas seleccionadas, para llevar al laboratorio, que fueron 2 de 1.20 m.

Especie	Lugar donde se Muestreó	No. de Arboles	Muestreados por	Fecha toma muestra
Rudis	San Cristóbal Totonicapán	5	Téc. Forestales CETEFOR	6 al 23 Marzo 1972
Ayacahuite	María Tecún Totonicapán	5	" "	"
Montezuma	La Alameda Chimaltenango	5	" "	"
Caribaea	Estación Dolores Petén	5	" "	"
Tenuifolia	Fca. La Colina Chimaltenango	5	" "	"
Strobusch	San Juan Cotzal El Quiché	5	" "	"
Oocarpa	Telpalapa Sta. Rosa	5	" "	"

Se usó el muestreo al azar por ser el más adecuado para los ensayos de propiedades físico mecánicas.

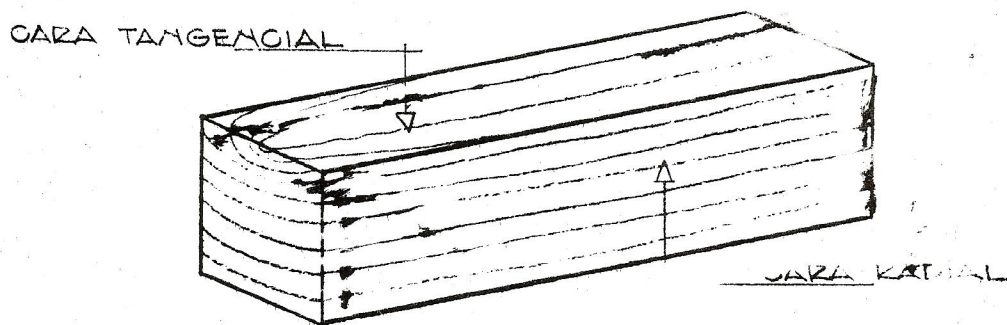
Por razones de índole económica, el muestreo anterior se hizo de un solo lugar por especie. Conviene al continuar este estudio y siempre utilizando el muestreo al azar, seleccionar cinco o más sitios o áreas donde

se produzca cada especie y luego obtener por sorteo uno o dos árboles de cada sitio o lugar escogido.

Los resultados de esta segunda fase serán más representativos de las propiedades de las especies indicadas, en el país, globalmente consideradas, como una tercera fase, será deseable escoger las tres o cuatro especies más importantes y abundantes y hacer el estudio de las mismas en determinadas regiones del país, a fin de establecer la influencia de las variaciones de la situación y de las condiciones del medio (clima, topografía, altura sobre el nivel del mar, etc.).

4.- DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE LABORATORIO

La preparación de las probetas, es un factor muy importante en los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera, pues tanto la inadecuada orientación de los anillos de crecimiento, como la dirección de las fibras, con relación a los ejes de las piezas, traen consigo resultados incorrectos. Las probetas para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera, se elaboran siempre en forma de que dos de sus lados opuestos tengan cara tangencial, paralela a los anillos de crecimiento y los otros dos cara radial.



Después del aserrado, no debe olvidarse limpiar el aserrín de los tablones, para evitar el peligro de ataque de hongos, pues en maderas blandas dichos ataques ocurren con mucha facilidad. Se debe de tratar al inicio de los ensayos, tener a mano todo el material que vaya a servir en todos los ensayos.

El orden preferencial de realización de los mismos será:

Para ensayos de propiedades físicas:

- a) Densidad de la madera
- b) Contracción de la madera
- c) Contenido de humedad

Para los ensayos de propiedades mecánicas:

- a) Flexión estática
- b) Compresión paralela a la fibra
- c) Compresión perpendicular a la fibra
- d) Corte paralelo a la fibra
- e) Dureza o penetración

Se usan solo piezas que no tengan defectos y que estén libres de alteraciones por descomposición orgánica, tales como ataque de hongos, ataque de insectos, etc. Sin embargo, se permite el uso de piezas que presenten pequeños nudos o cualquier defecto similar, pero en pequeña escala, siempre que estén localizados en puntos que no sean factores determinantes para alterar el verdadero valor del ensayo. Los ensayos se realizaron el mismo día de cortar las probetas, para que la madera no perdiera su humedad ni su estado verde.

Las probetas se cortaron de una de las dos rolas, elegida por sorteo y con la rola también al azar se cortaron las probetas para los ensayos, tardándose en cortar las probetas aproximadamente 2 horas y el mismo tiempo para realizar los ensayos en el mismo día. Se efectuaron ensayos 3 veces por semana, analizando 1 árbol cada vez.

5.- PROPIEDADES FISICAS

5.1- DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

5.1.1- Determinación de la Densidad de la Madera - (De acuerdo con ASTM D-143)

La densidad de la madera es el cociente de dividir el peso de la probeta entre el volumen de la misma probeta (gramos/cm³)

Densidad de la madera bajo diferentes formas:

a) Densidad de la madera verde con contenido de humedad mayor que el 30%.

$$\text{Densidad verde} = \frac{\text{Peso Verde}}{\text{Volumen Verde}} \text{ (gramos/cm}^3\text{)}$$

b) Densidad de la madera seca al horno:

$$\text{Densidad Seca} = \frac{\text{Peso Seco al Horno}}{\text{Volumen Verde}} \text{ (gramos/cm}^3\text{)}$$

Para la determinación de la densidad verde, la única condición requerida, es que la madera tenga un contenido de humedad superior al 30%. Para la determinación de la densidad seca, se colocan las probetas en un horno a una temperatura de 103°C., hasta que den peso constante; hay que ir incrementando lentamente la temperatura para evitar el agrietamiento de las probetas.

La determinación del volumen se hace por medición directa con micrómetro o por inmersión en agua. El tamaño de las probetas depende del método empleado en la determinación del volumen.

Para racionalizar la preparación de las probetas, es conveniente usar muestras de igual sección transversal que las de contracción. Se usan probetas de sección transversal de 3 x 3 (cm²) y 10 cm de largo.

5.1.2- Contracción de la madera. (De acuerdo con ASTM D-143)

Contracción de la madera, es la reducción dimensional que experimenta la madera desde la condición verde, hasta seca al horno. Puede ser: Radial, Tangencial, Longitudinal y Volumétrica. Determinación de la contracción de la madera en los diferentes sentidos:

Contracción Radial (De acuerdo con ASTM D-143)

$$CR = \frac{dvr - dsr}{dvr} \times 100 (\%)$$

CR = Contracción en el sentido radial

dvr = dimensión radial de la probeta verde

dsr = dimensión radial de la probeta seca al horno.

Contracción Tangencial (De acuerdo con ASTM D-143)

$$CT = \frac{dvt - dst}{dvt} \times 100 (\%)$$

CT = Contracción en el sentido tangencial

dvt = dimensión tangencial de la probeta verde

dst = dimensión tangencial de la probeta seca al horno.

Contracción Longitudinal (De acuerdo con ASTM D-143)

$$CL = \frac{dvl - dsl}{dvl} \times 100 (\%)$$

CL = Contracción en el sentido longitudinal

dvl = dimensión longitudinal de la probeta verde

dsl = dimensión longitudinal de la probeta seca al horno.

Contracción Volumétrica (De acuerdo con ASTM D-143)

Hay dos formas de cálculo: Contracción volumétrica calculada

$$CV = \frac{(100 + CR) (100 + CT) (100 + CL)}{10^4} - 100 (\%)$$

CV = Contracción volumétrica en (%) calculada de las contracciones Radial, Tangencial, Volumétrica.

Contracción volumétrica por medición directa:

$$CV = \frac{dvv - dsv}{dvv} \times 100 (\%)$$

CV = Contracción volumétrica determinada por medición (%)

dvv = volumen de la probeta en condición verde

dsv = volumen de la probeta en condición seca al horno.

Se entiende como madera en condición verde, aquella cuyo contenido de humedad sea superior al 30%.

Para la determinación de las dimensiones de las probetas, se usará micrómetro con la aproximación y exactitud necesarias. Para la preparación de las probetas es conveniente usar muestras de igual sección que las usadas en la determinación de la densidad, con una sección transversal de 3×3 (cm²) y 10 cm de lar-

go.

5.1.3- Humedad de la Madera (de acuerdo con ASTM D-143)

La humedad de la madera se puede determinar por la fórmula:

$$HC = \frac{\text{Peso madera verde} - \text{Peso madera seca al horno}}{\text{Peso madera seca al horno}} \times 100 (\%)$$

La humedad de la madera se manifiesta en dos formas:

1) Como agua libre localizada en las cavidades celulares de ésta, y

2) Como agua capilar o absorbida, localizada en las paredes capillares de las mismas células. Cuando el árbol es cortado, la madadera empieza a perder humedad debido a la diferencia que existe entre la que contiene la madera y la que existe en el medio ambiente. Mientras esto sucede, las paredes capilares continúan todavía saturadas hasta que toda el agua libre se ha evaporado.

La humedad en la madera como ya se ha dicho, se expresa en porcentaje de su peso secada al horno, pero su determinación - también puede hacerse por medio de medidores eléctricos, que aunque su determinación es más rápida, es menos precisa que el método tradicional de secado al horno.

La madera que forma parte de una estructura, está sujeta a variaciones en el contenido de humedad, que fluctuarán de acuerdo con las estaciones del año o de las condiciones del ambiente.

Aunque las maderas sean diferentes en especie, todas se manten

drán aproximadamente a la misma humedad de equilibrio que les propicie el medio ambiente, independientemente de su densidad. El contenido de la humedad a la temperatura ambiente en el medio, tiene una marcada tendencia a facilitar el ataque de la madera por hongos, ya que estos necesitan para vivir condiciones propicias de humedad, luz y temperatura.

La resistencia en la madera empieza a aumentar cuando las paredes celulares empiezan a perder humedad y desde ese punto de relación entre una y otra parece ser inversamente proporcional.

La resistencia a la flexión y a la compresión son las que más aumentan con el secado, en cambio la elasticidad puede considerarse invariable.

5.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE PROPIEDADES FISICAS.

CUADRO GENERAL DE PROPIEDADES FISICAS DE LAS 7 ESPECIES

CUADRO N° 1

Especie		Densidad gr/cm ³			Contracción %				Relación entre Tangencial y Radial
Nombre Botánico	Nombre Común	Verde	Seca al Aire	Seca al Horno	Radial	Tangencial	Longitudinal	Volumétrico	
Rudis	Pino de las Cumbres	0.81	0.37	0.33	3.2	7.5	0.3	7.7	2.607
Ayacahuite	Pino blanco	0.61	0.42	0.37	2.3	6.7	0.3	8.9	2.977
Montezumoe	Pino de Ocofe	0.97	0.50	0.43	3.9	7.8	0.2	9.5	2.031
Caribaea	Pino de El Petén	0.97	0.67	0.59	6.3	8.0	0.3	13.1	1.271
Tenuifolia	Pino Candelillo	0.97	0.45	0.40	3.8	8.0	0.1	10.8	2.146
Strobus ch.	Pinabete Blanco	0.77	0.38	0.34	2.8	4.7	0.3	5.5	2.345
Oocarpa	Pino Colorado	0.99	0.57	0.50	4.4	8.3	0.2	11.9	1.961

5.2.1- Densidad Promedio de las 7 Especies

CUADRO N° 2

Espece	Densidad verde gr/cm ³	Densidad seca al aire gr/cm ³	Densidad seca al horno gr/cm ³	Humedad por ciento
Rudis	0.81	0.37	0.33	141.99
Ayacahuite	0.61	0.42	0.37	64.48
Montezumae	0.97	0.50	0.43	128.10
Caribaea	0.97	0.67	0.59	66.06
Tenuifolia	0.97	0.45	0.40	145.09
Strobus ch.	0.77	0.38	0.34	125.55
Oocarpa	0.99	0.57	0.49	100.70

5.2.2- Resultados de Contracciones Radial y Tangencial de las 7 Especies

CUADRO N° 3

Espece	Sentido radial %	Sentido tangencial %	Relación tangencial/radial	Humedad por ciento
Rudis	3.2	7.5	2.607	145.21
Ayacahuite	2.3	6.8	2.977	98.21
Montezumae	3.9	7.8	2.031	128.00
Caribaea	6.3	8.0	1.271	59.19
Tenuifolia	3.8	8.0	2.146	131.20
Strobus ch.	2.8	4.7	2.345	133.04
Oocarpa	4.4	8.3	1.961	97.81

5.2.3- Resultados de Contracciones Longitudinal y Volumétrica de las

7 Especies

CUADRO N° 4

Especie	Contracción longitudinal %	Contracción volumétrica %	Humedad por ciento
Rudis	0.3	7.7	141.99
Ayacahuite	0.3	8.9	64.49
Montezumae	0.2	9.5	128.10
Caribaea	0.3	13.1	66.06
Tenuifolia	0.1	10.8	145.09
Strobus ch.	0.3	5.5	125.55
Oocarpa	0.2	11.9	100.70

6.- PROPIEDADES MECANICAS

6.1- DESCRIPCION DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

6.1.1- Ensayo de flexión Estática. (De acuerdo con ASTM D-143)

Tamaño de la probeta:

El ensayo de flexión estática se efectúa con una probeta de sección transversal de 2.5×2.5 (cm²) y 41 cm de largo. Antes del ensayo, se miden con micrómetro apropiado el ancho, espesor y largo de la probeta, tanto como el peso en condición verde.

Aplicación de la carga y soportes

La carga se aplica en el centro de la muestra (distancia entre soportes es de 35 cms). Para evitar la influencia de los soportes, se usan entre la probeta y los soportes, planchas de acero con rodillos, reduciendo así a un mínimo los esfuerzos de roce. La carga se aplica por una cuña de madera o de metal, sobre la cara radial de la probeta.

Velocidad del ensayo

En el ensayo de flexión estática, la carga se aplica continuamente a la probeta con una velocidad constante de la cabeza móvil de la prensa hidráulica de 0.25 (cm) por minuto.

Curva de carga y la deformación correspondiente

Para todos los ensayos se determina la curva de carga y deformación correspondiente hasta la ruptura de la probeta, la lectura se efectúa a diferente ritmo antes del límite elástico, que des-

pués del límite elástico, la diferencia estriba en que los intervalos después del límite elástico pueden ser más grandes.

Contenido de humedad

Inmediatamente después de realizado el ensayo de flexión, se procede a la determinación del contenido de humedad, ya sea por medidor eléctrico o por el método tradicional.

Cálculo del ensayo de flexión

Determinación del límite elástico

La carga del límite elástico se determina sobre la curva carga deformación, trazando una tangente desde cero. Viene dado por el punto donde la tangente se separa de la curva.

Determinación del esfuerzo en el límite elástico

El esfuerzo viene dado por la fórmula:

$$\text{Esf. Límite elástico} = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

P = Carga al límite elástico. Kg.

l = Distancia entre los soportes, luz de la probeta, dada en cms.

b = ancho de la probeta

h = espesor de la probeta.

Determinación del Módulo de Ruptura

$$\text{Módulo de Ruptura} = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

P = Carga máxima kg.

B = Ancho de la probeta.

h = Espesor de la probeta.

Cálculo del Módulo de Elasticidad

$$E = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot YI} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Esta expresión es válida para valores dentro del límite elástico proporcional, por lo que se debe de fijar entonces el valor de la carga del límite elástico proporcional y escoger dentro de este el valor de una carga y su deformación respectiva.

El módulo de elasticidad es en sí una indicación de la rigidez de los materiales. En la curva carga-deformación y dentro de la porción lineal, es la tangente trigonométrica del ángulo formado entre el eje de las abscisas y la inclinación de la curva, analíticamente, es la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria.

6.1.2- Ensayo de compresión paralela a la fibra (De acuerdo con ASTM D-143)

Tamaño de la probeta

El ensayo de compresión paralela a la fibra, se efectúa con una probeta de sección transversal de $5.0 \times 5.0 \text{ (cm}^2\text{)}$ y 20.0 cm de largo. Antes del ensayo, se mide con micrómetro apropiado el ancho, espesor, largo y peso, en condición verde de la probeta.

Preparación de la probeta y aplicación de la carga y soportes

En esta prueba se cuidará que los planos de los cortes hechos en

los extremos de las piezas queden paralelos y formen ángulo recto con las caras longitudinales, es decir que estén a e s c uadra. Además será necesario que por lo menos una de las planchas ajuste del cabezal de la máquina de ensayos, esté equipada con un dispositivo de articulación (apoyo esférico), para conseguir una distribución uniforme en los extremos de la pieza.

Velocidad del ensayo

En el ensayo de compresión paralela a la fibra, la carga se aplicará con una velocidad constante de la cabeza móvil de la prensa hidráulica de 0.003 (cm por cm) por cada (cm) de l o n g i t u d de la muestra por minuto.

Curva de carga y deformación correspondiente

Para todos los ensayos se determina la curva de carga y deformación correspondiente hasta la ruptura de la probeta. Se tomarán lecturas de deformación con un compresómetro de (0.001 cm.) - de aproximación y longitud de base no mayor de 15 (cm.) En todas las muestras las lecturas deben de continuar después de haber pasado el límite elástico proporcional, de acuerdo con l a s indicaciones de la curva carga-deformación.

Contenido de humedad

Inmediatamente después de realizado el ensayo de compresión - paralela a la fibra, se procede a la determinación del contenido de humedad, ya sea por medidor eléctrico o por el método tradi

cional.

Cálculo del ensayo de compresión paralela a la fibra

Determinación del límite elástico

La carga del límite elástico se determina sobre la curva carga-deformación, trazando una tangente desde cero. Viene dado por el punto donde la tangente se separa de la curva.

Determinación del esfuerzo en el límite elástico

El esfuerzo viene dado por la fórmula:

$$\text{Esf. límite elástico} = \frac{Pl.}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Pl = carga al límite elástico (kg)

A = área de la sección transversal (cm²)

Determinación del esfuerzo máximo

El módulo de ruptura viene dado por la fórmula:

$$\text{Esfuerzo Máximo} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

P = carga máxima (kg)

A = área de la sección transversal (cm²)

Cálculo del módulo de elasticidad

$$E = \frac{\text{Esfuerzo}}{\text{Deformación unitaria}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

En compresión paralela a la fibra siempre encontramos en la curva carga-deformación, la carga y la deformación correspondiente a un valor comprendido dentro del límite elástico.

En la fórmula tenemos:

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{Carga dentro del límite elástico}}{\text{Area de la sección transversal}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\text{Deformación unitaria} = \frac{\text{Def. correspondiente a carga dentro LEP}}{\text{Longitud base del compresómetro (15 cm)}} \text{ (cm/cm)}$$

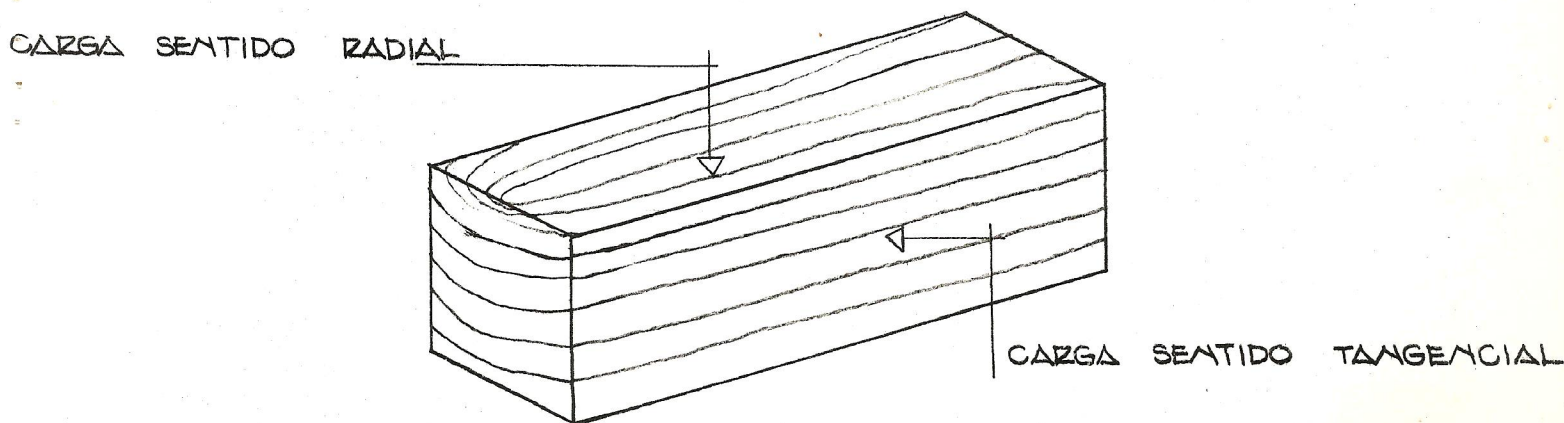
6.1.3- Compresión perpendicular a la fibra (De acuerdo con ASTM D-143)

Tamaño de la probeta

En ensayo de compresión perpendicular a la fibra, se efectúa con una probeta de sección transversal de 5.0 x 5.0 (cm²) y 15 (cm) de largo. Antes del ensayo se miden con micrómetro apropiado el ancho, espesor y largo, tanto como el peso en condición verde.

Aplicación de la carga

La carga se aplica a través de una plancha metálica de 2.5 (cm) de ancho, colocada sobre una de las caras longitudinales y equidistante de los extremos, además debe de quedar en posición paralela a los cortes de las caras transversales del espécimen. La dirección de aplicación de la carga será Radial o Tangencial, a una de las superficies.



Cálculo del ensayo de Compresión Perpendicular

Determinación de la Carga Máxima

Se medirá una deformación entre las superficies cargadas, la deformación será medida con aproximación de 0.001 (cm), hasta alcanzar una deformación de 2.5 (mm); después de la cual se suspenderá la prueba, siendo la carga alcanzada a esta deformación la carga máxima.

Determinación del esfuerzo máximo

$$\text{Esfuerzo Máximo} = \frac{P_m}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

P_m = Carga máxima (kg)

A = Area sección (base de la probeta por ancho de la plancha, cm^2)

Contenido de humedad

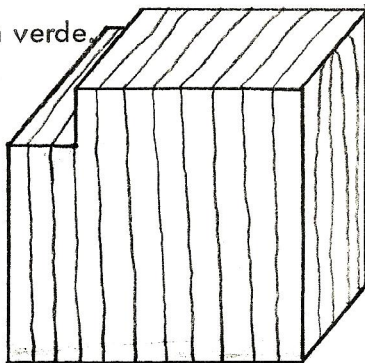
Inmediatamente después de realizado el ensayo de compresión perpendicular a la fibra, se procede a la determinación del contenido de humedad, de preferencia por el método tradicional.

6.1.4- Corte Paralelo a la Fibra (De acuerdo con ASTM D-143)

Tamaño de la probeta

El ensayo de corte paralelo a la fibra se efectúa con una probeta de 5.0 x 5.0 x 6.3 (cms). Ver figura. Antes del ensayo se miden con micrómetro apropiado la sección de falla que será sobre la cara de 5.0 x 5.0 (cm), también debe determinarse el pe-

so en condición verde.



Aplicación de la carga y accesorio necesario

Se introduce la muestra dentro de un dispositivo especialmente diseñado para provocar el corte. Está provisto por un estribo de 3.0 (mm) medidos entre la orilla interior de las superficies soportantes y el plano a lo largo del cual se desarrollará la falla. La carga será a modo que una parte de la muestra esté sostenida sobre ambos extremos, mientras que la otra no tiene soporte y que por lo tanto sea obligada a deslizarse en el plano de corte, por el efecto de la misma carga. Deberá cuidarse en colocar la muestra en el dispositivo, de manera que la barra transversal ajuste en dos de los extremos de la pieza y que los otros dos queden verticales. Los extremos horizontales deberán descansar sobre los soportes en toda su área de contacto.

Velocidad del ensayo

En el ensayo de corte paralelo a la fibra, la carga se aplica continuamente a la probeta con una velocidad constante de la cabeza móvil de la prensa hidráulica de 0.06 (cms) por minuto.

Cálculo del ensayo de corte paralelo a la fibra

Determinación de la Carga Máxima

El valor máximo de carga capaz de producir falla, será el valor de la carga máxima.

Determinación de esfuerzo máximo

$$\text{Esfuerzo Máximo} = \frac{P_m}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

P_m = carga máxima (kg)

A = Area sección de corte (cm²)

Contenido de humedad

Inmediatamente después de realizarse el ensayo de corte paralelo a la fibra, se procede a la determinación del contenido de humedad, de preferencia por el método tradicional. (Ver párrafo No. 5.1.2-).

6.1.5- Ensayo de Dureza o Penetración

Tamaño de la probeta

El ensayo de dureza o penetración se efectúa con una probeta de sección transversal de 5.0 x 5.0 (cm²) y 15.0 (cm) de largo. Antes del ensayo se miden con micrómetro apropiado el ancho, espesor, largo y se determina el peso en condición verde.

Aplicación de la carga y accesorio necesario

Para el ensayo de dureza o penetración se utiliza una bola de munición de 1.13 (cm) de diámetro. Se hacen 3 penetraciones

sobre la misma cara, siendo estas penetraciones en las caras Radiales, Tangenciales y 2 en los extremos de las piezas. La selección de los puntos se hace de tal manera que nos proporcione un promedio aceptable de la resistencia de la madera a la penetración. Además las penetraciones sobre una misma cara deben separarse suficientemente de los extremos para evitar que la madera se raje o astille.

Velocidad del ensayo

En el ensayo de dureza o penetración, la carga se aplica continuamente a la probeta, con una velocidad constante de la cabeza móvil de la prensa hidráulica de 0.6 (cm) por minuto.

Cálculo del ensayo de dureza o penetración

Determinación de la Carga Máxima

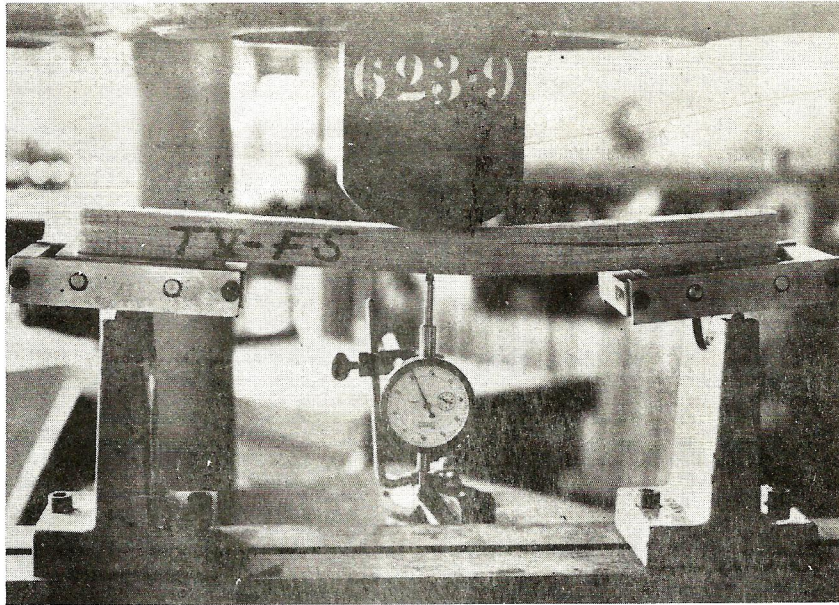
La carga necesaria para que la bola penetre dentro de la muestra hasta la mitad de su diámetro, será la Carga Máxima que resiste la madera a la penetración. El instante en que esto sucede, lo indica un tope mecánico que se coloca a modo de dejar penetrar media esfera.

Determinación del coeficiente de dureza

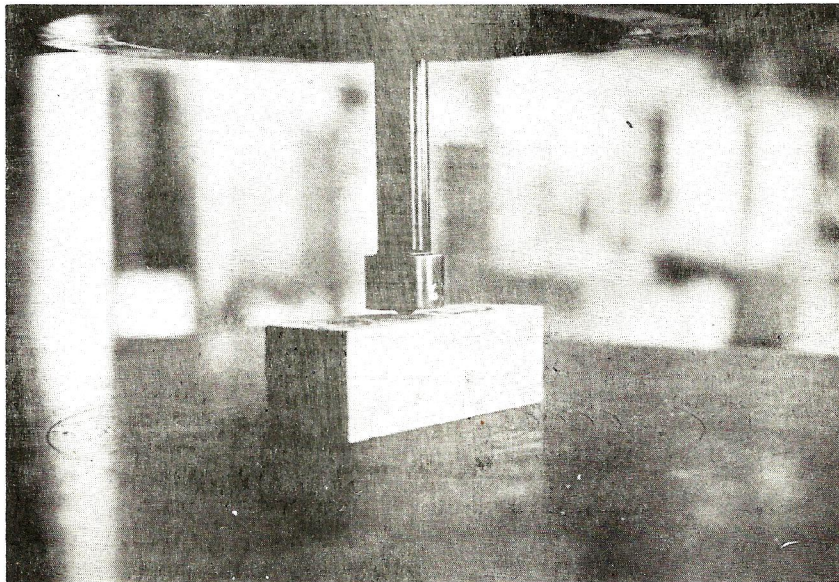
Será el promedio de cargas máximas aplicadas en una misma cara o cara opuesta, tanto en sentido radial, tangencial, como en los extremos.

Contenido de humedad

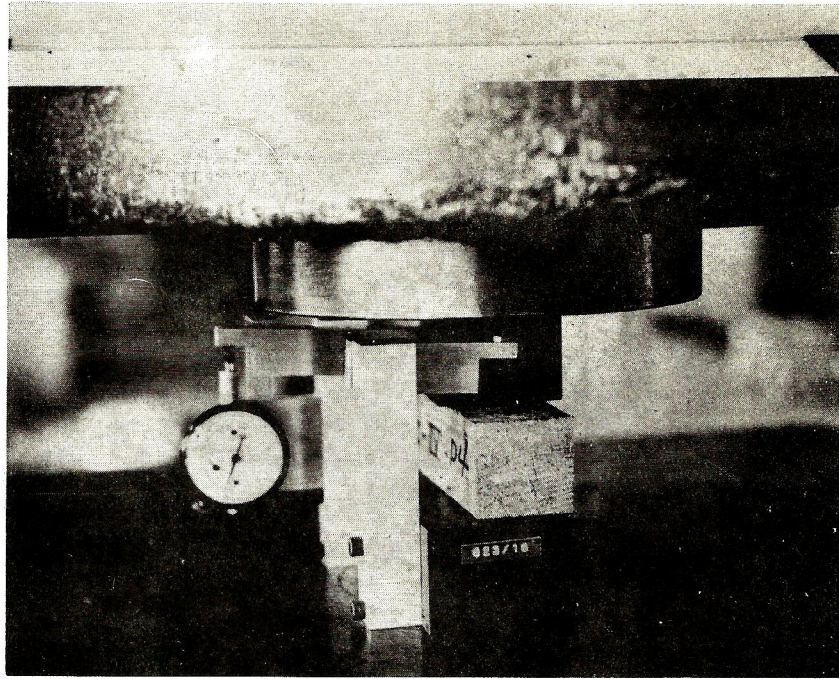
Inmediatamente después de realizarse el ensayo de dureza, se procede a la determinación del contenido de humedad, de preferencia por el método tradicional.



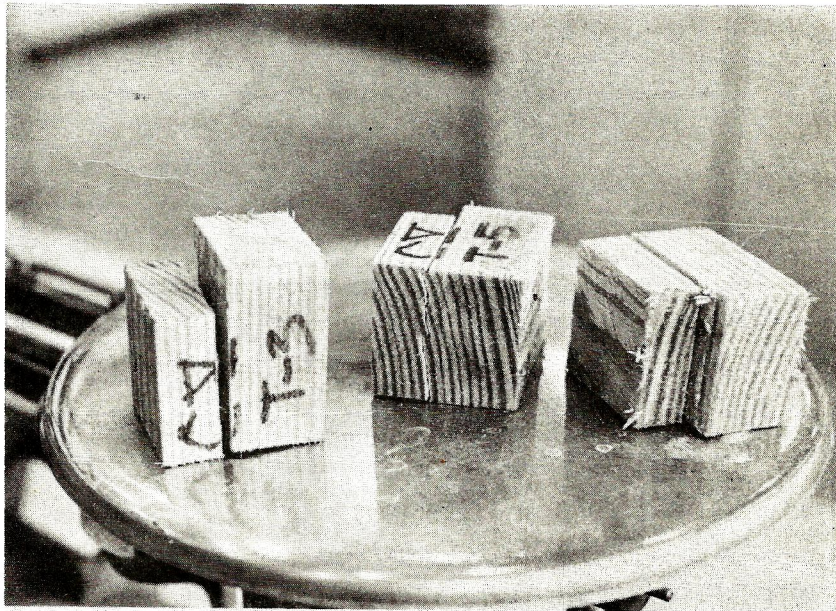
ENSAYO FLEXION ESTATICA



ENSAYO DUREZA

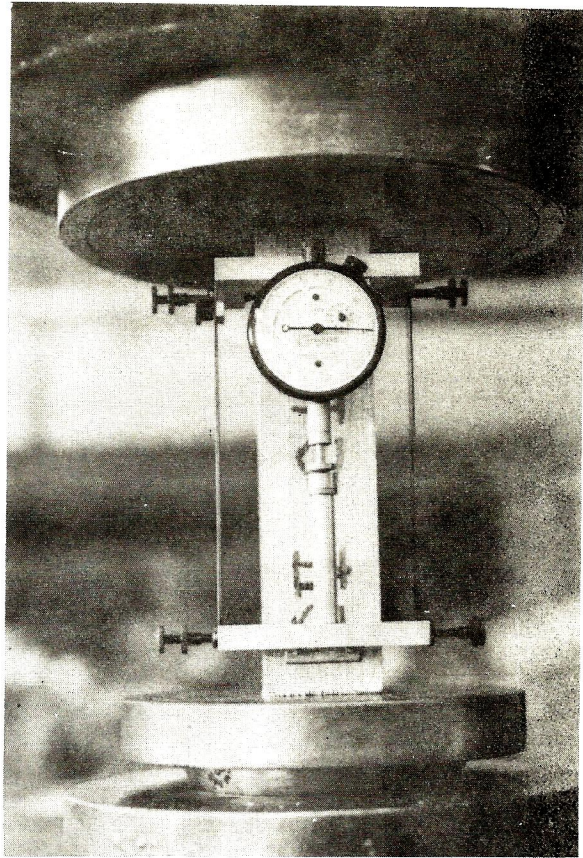


ENSAYO COMPRESION PERPENDICULAR

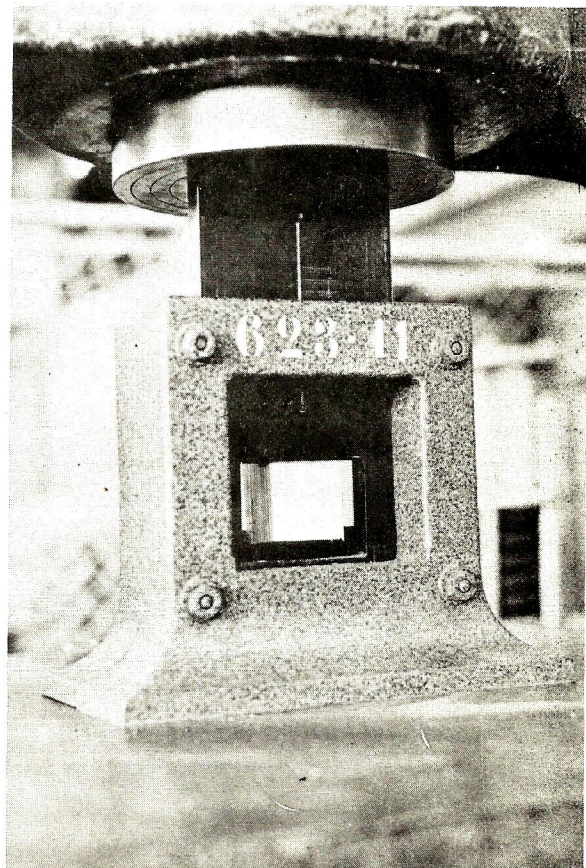


PIEZAS FALLADAS A CORTE PARALELO

ENSAYO COMPRESION
PARALELA



ENSAYO CORTE
PARALELO



6.2 RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBAS MECANICAS

CUADRO GENERAL DE PROPIEDADES MECANICAS DE LAS 7 ESPECIES

CUADRO N° 5

Especie	Nombre Botánico	Flexión			Compresión paralela			Compresión perpendicular Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Corte paralelo Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Dureza Kg
		Límite Elástico Kg/cm ²	Módulo Ruptura Kg/cm ²	Módulo Elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶	Límite Elástico Kg/cm ²	Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Módulo Elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶			
Rudis	Pino de las Cumbres	238.6	384.3	0.068	133.0	181.7	0.096	38.9	47.8	135.8
Ayacahuite	Pino Blanco	273.5	459.8	0.076	165.3	209.8	0.087	52.6	57.4	182.1
Montezumae	Pino de Ocofe	338.4	571.4	0.096	204.9	272.8	0.107	73.6	70.0	269.8
Caribaea	Pino del Petén	463.9	757.2	0.120	234.8	323.5	0.148	79.9	78.6	344.8
Tenuifolia	Pino Candelillo	300.0	517.4	0.099	185.3	252.1	0.120	58.7	63.9	209.9
Strabus ch.	Pinabete Blanco	248.7	411.8	0.066	140.3	191.9	0.083	53.5	56.3	142.4
Oocarpa	Pino Colorado	413.0	715.6	0.119	232.0	315.8	0.115	86.6	72.5	296.2

En compresión perpendicular y en dureza, como la posición de la pieza cuando trabaja puede ser radial o tangencial, en los resultados se tomó el crítico, ya fuera radial o tangencial.

6.2.1- Flexión Estática

Esfuerzos promedios de las 7 especies CUADRO N° 6

Especie	Límite Elástico kg/cm ²	Módulo Ruptura kg/cm ²	Módulo Elasticidad kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por Ciento
Rudis	238.6	384.3	0.068	156.64
Ayacahuite.	273.5	459.8	0.076	99.53
Montezumae	338.4	571.4	0.096	137.22
Caribaea	463.9	757.2	0.120	69.81
Tenuifolia	300.0	517.4	0.099	159.56
Strobus Ch	248.7	411.8	0.066	142.93
Oocarpa	413.0	715.6	0.119	100.59

6.2.2- Compresión Paralela a la Fibra

Esfuerzos promedios de las 7 Especies CUADRO N° 7

Especie	Límite Elástico kg/cm ²	Esfuerzo Máximo kg/cm ²	Módulo Elasticidad kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por Ciento
Rudis	133.0	181.7	0.096	162.03
Ayacahuite	165.3	209.8	0.087	101.82
Montezumae	204.9	272.8	0.107	120.10
Caribaea	234.8	323.5	0.148	77.57
Tenuifolia	185.3	252.1	0.120	154.31
Strobus Ch	140.3	191.9	0.083	122.41
Oocarpa	232.0	315.8	0.115	104.89

6.2.3- Compresión Perpendicular a la Fibra

Esfuerzos Promedios de las 7 Especies CUADRO N° 8

Especie	Sentido Radial kg/cm ²	Humedad por Ciento	Sentido Tangencial kg/cm ²	Humedad por Ciento
Rudis	41.6	155.40	38.9	158.50
Ayacahuite	57.3	101.32	52.6	87.43
Montezumae	73.6	113.60	82.7	109.68
Caribaea	79.9	81.36	114.2	93.31
Tenuifolia	58.7	146.04	62.9	149.92
Strobus Ch	53.5	124.35	53.5	118.18
Oocarpa	86.6	111.40	95.8	111.76

6.2.4- Corte Paralelo

Esfuerzos promedios de las 7 Especies CUADRO N° 9

Espece	Esfuerzo Máximo kg/cm ²	Humedad por Ciento
Rudis	47.8	147.64
Ayacahuite	57.4	95.15
Montezumae	70.0	120.73
Caribaea	78.6	74.87
Tenuifolia	63.9	153.10
Strobus Ch	56.3	122.8
Oocarpa	72.5	108.20

6.2.5- Dureza o Penetración

Esfuerzo Promedio de las 7 Especies CUADRO N° 10

Especie	Sentido Radial kg	Sentido Tangencial kg	Extremos kg	Humedad por Ciento
Rudis	140.4	135.8	167.9	158.38
Ayacahuite	182.1	189.7	232.7	98.70
Montezumae	275.3	269.8	292.1	110.33
Caribaea	385.0	344.8	359.5	86.26
Tenuifolia	209.9	211.5	254.7	132.61
Strobus Ch	142.4	151.6	186.1	115.62
Oocarpa	298.9	296.2	319.7	113.68

7.- DETERMINACION DE ESFUERZOS BASICOS

Los esfuerzos básicos representan la resistencia permisible de la madera en piezas libres de defectos y sanas. Se calculan multiplicando los valores de esfuerzos de resultados de ensayos por factores de corrección que toman en cuenta:

- a) La variabilidad de la resistencia de la madera;
- b) La disminución de resistencia de la madera por efecto de carga permanente durante un período largo de tiempo;
- c) Grado de sazónamiento de la madera analizada y
- d) Factor de seguridad que toma en cuenta la posibilidad de sobrecargas accidentales y la influencia de otros factores no previstos.

Se reconoce que algunos esfuerzos, principalmente los de compresión paralela y flexión, se incrementan al secar la madera (ensayos de piezas pequeñas), pero no es recomendable incrementar los esfuerzos básicos para madera seca (piezas mayores de 10 cm de grosor) porque se considera que buena parte de la madera utilizada en construcción se coloca verde o poco sazónada y aunque se pusiera seca antes de utilizarla, la pérdida de humedad va acompañada de agrietamientos y combamiento, defectos que contrarrestan el incremento de resistencia debido al secado.

Debido a estas consideraciones, se decidió reducir los esfuerzos básicos, tomando en cuenta la humedad contenida promedio de las maderas analizadas.

El procedimiento para calcular los factores de corrección utilizados para los esfuerzos básicos es:

a) Factor de corrección por variabilidad

$$V = 1 - C \frac{v}{100} \qquad v = \frac{S}{\bar{X}} 100$$

V = factor de corrección por variabilidad de resultados

v = coeficiente de variación en %

S = desviación normal o standard

C = coeficiente con valor de 1.0 á 1.5 dependiendo de la dispersión de los valores observados y la forma de su distribución, en este trabajo se tomó como 1.0.

Los coeficientes de variación (v) se aproximaron a 15, 20, 25%, etc. en caso de coeficientes menores de 15% se tomó un (v) mínimo de 15%.

b) Corrección de esfuerzos por disminución de la resistencia de la madera sujeta a cargas estáticas y permanentes por un período de largo tiempo.

Observaciones efectuadas en otros países han señalado que la resistencia de la madera sujeta a cargas durante períodos largos de tiempo, sufre una disminución que llega hasta el 40% de su resistencia inicial por lo que se ha adoptado un factor de corrección con un valor de 2/3.

$$T = 2/3 = 0.67$$

T = Factor de corrección por disminución de resistencia de la madera sujeta a cargas permanentes por largos períodos de tiempo.

c) Factor de corrección por grado de sazónamiento de la madera.

Los incrementos de resistencia son detectados al disminuir la humedad en la madera, bajo su punto de saturación de las fibras. El límite de saturación es del 30% de humedad aproximadamente. En la práctica al azar una curva resis

tencia (ordenadas) y humedades (abscisas) se establece que el porcentaje de humedad a partir de la cual aumenta la resistencia al disminuir la humedad, es un poco menor que el límite de saturación.

Debido a los factores de compensación que existen entre la resistencia de madera verde y resistencia de madera seca, que hacen sus resistencias bastante si milares, para maderas cuyo contenido de humedad sea mayor o igual al 30%,

↑ el factor de corrección por grado de sazónamiento es igual a 1.

$H = 1.0$ (para maderas con contenido de humedad igual o mayor que el 30%)

En nuestro caso, todas las especies tuvieron contenido de humedad superior al 30% por lo que no se hizo necesaria una corrección.

d) Factor de seguridad

Se estima que siendo más conservador el factor de seguridad debe de ser de 2.

En esta forma se intenta cubrir el efecto de otros factores que afectan las propiedades mecánicas y que no pueden evaluarse; así como también el riesgo de sobre cargas accidentales no prevista.

$$S = \frac{1}{2} = 0.50$$

S = factor de seguridad.

Resumen de corrección para obtener los Esfuerzos Básicos

$$\text{ESFUERZO BASICO} = \bar{X}.V.T.S.H$$

\bar{X} = Promedio aritmético de los resultados de ensayo

V = Corrección por variabilidad

T = Corrección por disminución de resistencia en madera cargada por l a r g o tiempo.

H = Corrección para adaptar los esfuerzos básicos corregidos a madera verde.

Aplicando los valores antes adoptados tenemos de:

$$T = 2/3 = 0.67$$

$$S = 1/2 = 0.50$$

$$H = 1.0$$

Tenemos que:

$$\text{Esfuerzos básicos} = \bar{X}.V (0.67 \times 0.50 \times 1.0)$$

$$\text{ESFUERZOS BASICOS} = 0.335 \bar{X}.V$$

CUADRO GENERAL DE ESFUERZOS BASICOS DE LAS 7 ESPECIES

CUADRO Nº 11

Nombre Botánico	Especie	Flexión		Compresión Paralela			Compresión Perpend. Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Corte Paralelo Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Dureza Kg	
		Límite Elástico Kg/cm ²	Módulo Ruptura Kg/cm ²	Módulo Elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶	Límite Elástico Kg/cm ²	Esfuerzo Máximo Kg/cm ²				Módulo Elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶
Rudis	Pino de las Cumbres	63.94	102.99	0.068	37.90	51.78	0.096	10.42	13.62	34.08
Ayacahuite	Pino Blanco	77.95	131.04	0.076	47.11	59.79	0.087	12.31	16.36	48.80
Montezumae	Pino de Ocoté	96.44	162.85	0.096	58.39	77.75	0.107	19.72	19.95	76.89
Caribaea	Pino del Petén	132.21	215.80	0.120	66.92	92.19	0.148	21.41	22.40	98.27
Tenuifolia	Pino Candelillo	85.50	147.46	0.099	49.66	71.84	0.120	15.73	18.21	56.25
Strobus ch.	Pinabete Blanco	70.88	117.36	0.066	37.60	54.69	0.083	13.42	16.04	38.16
Oocarpa	Pino Colorado	117.70	203.95	0.119	66.12	90.00	0.115	23.20	20.66	84.42

Los esfuerzos básicos no pueden usarse como esfuerzos de trabajo para diseño de estructuras. Deben ser corregidos previamente por el efecto que sobre las propiedades tienen los defectos de la madera y las diferentes condiciones de carga y de servicio para cada caso. Ver capítulo 8.

Con respecto a los resultados de los pinos analizados en relación a los valores que aparecen en el cuadro general de esfuerzos básicos del CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA, tenemos:

- 1) Los valores obtenidos antes fueron muestras de pinos de diferentes especies, procedentes de aserraderos locales. Algunas muestras estuvieron secas al aire y hubo necesidad de hacer correcciones en los valores de resistencia, para deducir los correspondientes a madera verde.
- 2) De la comparación con datos obtenidos ahora se nota:
 - a) Solo dos de los pinos llega a los esfuerzos propuestos, siendo estos el caribaea o pino del Petén y el oocarpa o pino colorado.
 - b) El resto de las especies, las montezumae y tenuifolia tienen valores similares para flexión estática, compresión paralela y corte, pero la compresión perpendicular es más baja que los valores del cuadro del C.I.I. Las especies rudis, ayacahuite y strobilus ch. tienen valores más bajos en general para todos los esfuerzos.

Por lo tanto, se recomienda hacer las adiciones y modificaciones siguientes, al cuadro general del C.I.I. sobre esfuerzos básicos de maderas de Guatemala.

En lo referente a pinos, no poner pino en forma genérica, sino poner las especies de pino caribaea y pino oocarpa aparte con sus valores propios y luego poner otros pinos de Guatemala. Del análisis de los datos obtenidos de estudios anteriores y de los actuales, se sugiere adoptar los siguientes valores de esfuerzos básicos:

ESFUERZOS BASICOS PARA MADERAS GUATEMALTECAS

APLICABLES A MADERA VERDE O POCO SAZONADA Y MADERA SECA AL AIRE

CUADRO Nº 12

Especie	Peso seco aparente kg/cm ³ ₁	Flexión Estática kg/cm ² ₂	Módulo de elasticidad kg/cm ² ₃	Compresión paralela kg/cm ² ₄	Compresión perpendicular kg/cm ² ₅	Tensión paralela kg/cm ² ₆	Tensión perpendicular kg/cm ² ₇	Corte paralelo kg/cm ² ₈	Clivaje kg/cm ² ₉	Dureza kg 10	Extracción de clavos kg 11
Ciprés	0.51	160	0.75 x 10 ⁵	70	23	160	7	7	8	225	19
Pino colorado (Oocarpa)	0.57	200	1.19 x 10 ⁵	90	23			20		85	
Pino de El Petén (caribaea)	0.67	215	1.20 x 10 ⁵	90	21			22		100	10
Otros pinos	0.37	115	0.66 x 10 ⁵	55	13			16		40	
Caoba	0.48	160	0.76 x 10 ⁵	70	45	125	7	10	16	265	30
Canoj	0.65	130	1.00 x 10 ⁵	70	20	100	10	10	19	200	
Cedro	0.43	95	0.46 x 10 ⁵	40	35	80	10	7	16	180	19
Cenicero	0.61	130	0.72 x 10 ⁵	65	45	100	10	10	11	350	30
Conacaste	0.42	95	0.56 x 10 ⁵	35	20	90	10	7	9	195	9
Chichiquete	0.72	245	1.38 x 10 ⁵	120	60	235	7	9	12	450	
Chichipalte	0.72	210	1.20 x 10 ⁵	105	55	160	10	15	25	730	55
Marío	0.62	100	0.85 x 10 ⁵	60	45	145	16	12	20	360	40
Volador	0.65	165	1.05 x 10 ⁵	75	35	155	10	11	24	430	50

8.- DETERMINACION DE ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO

Se entiende que los esfuerzos básicos son esfuerzos permisibles de trabajo para madera sana y libres de defectos, pero no pueden usarse para un diseño racional, pues representan a la madera en condiciones idealizadas y deben ser obligadamente corregidas por el efecto que sobre las propiedades tengan los defectos de la madera y las diferentes condiciones de servicio previstas. (Ver cuadros de Anexo 11.2). Estas correcciones deben dar lugar a un diseño racional y económico, dando un margen de seguridad aceptable.

Las principales correcciones son motivadas por la presencia de defectos y por la influencia que estos tienen en la resistencia de la madera, un factor importante es la frecuencia, localización del defecto y el esfuerzo principal a la que trabaja la pieza.

Los defectos que afectan principalmente la resistencia de la madera son: nudos, grietas, fibra entrelazada o torcida. Su efecto depende de su tamaño y frecuencia a que se encuentren.

Hay algunos defectos como bolsas de resina, combamiento reducido, rebordes de cicatrización, entre corteza, que no causan mayor efecto en la resistencia de la madera y son limitadas en las graduaciones estructurales de la madera. Si algún defecto de estos es exagerado, la pieza que lo contiene no debe ser aceptada.

Las manchas o tintes de hongos destructores de la madera o por oxidación de materiales solubles en agua en la superficie de la madera, no afectan la resistencia mayor cosa. Cuando las manchas son excesivas, la tenacidad de la ma

dera disminuye pero no hay disminución apreciable en compresión o flexión. Si bien estas manchas de hongos no disminuyen la resistencia, su presencia in dica condiciones favorables para el desarrollo de hongos destructores y puede que se presenten acompañados de estos alcanzando la madera un grado de de caimiento incipiente que sí afecta la resistencia mecánica de la misma.

DETERMINACION DE GRADOS ESTRUCTURALES DE LA MADERA

A fin de facilitar en la práctica el uso de esfuerzos permisibles de trabajo de conformidad con determinado límite de defectos, se establecen normalmente los llamados grados estructurales de la madera. A cada grado corresponden es fuerzos permisibles de trabajo que son un porcentaje dado del esfuerzo básico y para cada grado se fijan los límites de defectos aceptables.

Para las maderas nacionales se ha recomendado emplear tres grados (*) estructurales: Madera grado A, Madera grado B y Madera grado C, teniendo en cuenta que las clasificadas como grados A y B serán empleadas en estructuras permanentes y las grado C en estructuras o construcciones provisionales o auxi liares.

La determinación de estos tres grados estructurales se efectuó de acuerdo con la norma ASTM D-245 (Tentative Methods for Establishing Structural Grades of Lumber). Ver referencia (2).

La madera para todos los grados debe ser sana, relativamente compacta y li bre de defectos no aceptables como: albura inclusa, fracturas de la fibra a

(*) Referencia (4).

tensión o compresión; defectos producidos por volteo del árbol y por deficiencias de estibado y secado; bolsas de resina en gran número. La madera debe estar además libre de hongos.

MADERAS GRADO A

Las maderas clasificadas en este grupo tienen esfuerzos de trabajo de 85% de los esfuerzos básicos de la madera. La inclinación de la fibra permitida es de 1 vertical y 18 a lo largo de la fibra para piezas trabajando en flexión o tensión paralela y 1 vertical y 14 a lo largo para piezas trabajando en compresión paralela.

Los tamaños permitidos de nudos, grietas y venteaduras serán los de las gráficas respectivas, que se incluyen en el Anexo 11.3.

MADERAS GRADO B

Las maderas clasificadas en este grupo tienen asignados esfuerzos de trabajo iguales al 70% de los esfuerzos básicos de las maderas consideradas. La inclinación máxima de la fibra permitida es de 1 vertical y 14 a lo largo de la fibra para miembros estructurales trabajando en flexión o tensión paralela y de 1 vertical y 10 a lo largo de la fibra para miembros trabajando en compresión paralela.

Los tamaños permitidos de nudos, grietas y venteaduras serán los de las gráficas incluidas en el Anexo 11.3.

MADERAS GRADO C

Las maderas clasificadas en este grupo tienen esfuerzos de trabajo iguales al 50% de los esfuerzos básicos. La inclinación máxima de la fibra será de 1 ver

tical 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 de la fibra para miembros trabajando en compresión paralela.

Los tamaños permitidos de nudos, grietas y venteaduras serán los de las gráficas incluidas en el Anexo 11.3.

ESFUERZOS DE TRABAJO PARA MADERA GRADO "A"

CUADRO Nº 13

Especie		Flexión			Compresión Paralela			Compresión Perpend.	Corte Paralelo	Dureza
Nombre Botánico	Nombre Común	Límite Elástico Kg/cm ²	Módulo Ruptura Kg/cm ²	Módulo Elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶	Límite Elástico Kg/cm ²	Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Módulo Elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶	Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Kg
Rudis	Pino de las Cumbres	54.34	87.54	0.068	31.70	44.01	0.096	8.86	11.58	28.97
Ayacahuite	Pino Blanco	66.26	111.38	0.076	40.04	50.82	0.087	10.46	13.91	41.48
Montezumae	Pino de Ocote	81.97	138.42	0.096	49.63	66.09	0.107	16.76	16.96	65.36
Caribaea	Pino del Petén	112.38	183.43	0.120	56.88	78.36	0.148	18.20	19.04	83.53
Tenuifolia	Pino Candelillo	72.87	125.34	0.099	42.21	61.06	0.120	13.37	15.48	47.81
Strobilus ch.	Pinabete Blanco	60.25	99.76	0.066	31.96	46.49	0.083	11.41	13.63	32.44
Oocarpa	Pino Colorado	100.04	173.35	0.119	56.20	76.50	0.115	19.72	17.56	71.75

ESFUERZOS DE TRABAJO PARA MADERA GRADO "B"

CUADRO Nº 14

Especie		Flexión			Compresión Paralela			Compresión Perpend.	Corte Paralelo	Dureza
Nombre Botánico	Nombre Común	Límite Elástico Kg/cm ²	Módulo Ruptura Kg/cm ²	Módulo elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶	Límite Elástico Kg/cm ²	Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Módulo Elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶	Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Kg
Rudis	Pino de las Cumbres	44.76	72.09	0.068	26.53	36.24	0.096	7.29	9.53	23.86
Ayacahuite	Pino Blanco	54.56	91.73	0.076	32.98	41.85	0.087	8.62	11.45	34.16
Montezumae	Pino de Ocoite	67.51	113.99	0.096	40.87	54.42	0.107	13.80	13.96	53.82
Caribaea	Pino del Petén	92.54	151.06	0.120	46.84	64.53	0.148	14.99	15.68	68.79
Tenuifolia	Pino Candelillo	59.85	103.22	0.099	34.76	50.29	0.120	11.01	12.75	39.37
Strobus ch.	Pinabete Blanco	49.62	82.15	0.066	26.32	38.28	0.083	9.39	11.23	26.71
Oocarpa	Pino Colorado	82.39	142.76	0.119	46.28	63.00	0.115	16.24	14.46	59.09

ESFUERZOS DE TRABAJO PARA MADERA GRADO "C"

CUADRO Nº 15

Nombre Botánico	Especie	Flexión			Compresión Paralela			Compresión perpendicular. Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Corte Paralelo Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Dureza Kg
		Límite Elástico Kg/cm ²	Módulo Ruptura Kg/cm ²	Módulo Elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶	Límite Elástico Kg/cm ²	Esfuerzo Máximo Kg/cm ²	Módulo Elasticidad Kg/cm ² x 10 ⁶			
Rudis	Pino de las Cumbres	31.97	51.49	0.068	18.95	25.89	0.096	5.21	6.81	17.04
Ayacahuite	Pino Blanco	38.97	65.52	0.076	23.55	29.89	0.087	6.15	8.18	24.40
Montezumae	Pino de Ocote	48.22	81.42	0.096	29.19	38.87	0.107	9.86	9.97	38.44
Caribaea	Pino del Petén	66.10	107.90	0.120	33.46	46.09	0.148	10.70	11.20	49.13
Tenuifolia	Pino Candelillo	42.75	73.73	0.099	24.83	35.92	0.120	7.86	9.10	28.12
Strobus ch.	Pinabete Blanco	35.44	58.68	0.066	18.80	27.34	0.083	6.71	8.02	19.08
Oocarpa	Pino Colorado	58.85	101.97	0.119	33.06	45.00	0.115	11.60	10.33	42.21

9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Si observamos con detenimiento los resultados obtenidos (cuadro de esfuerzos básicos), se notará la variación que existe entre las especies de pino estudiadas, ya sea en propiedades físicas, como en propiedades mecánicas, lo que nos confirma las variaciones entre las especies estudiadas y el error en que puede incurrirse al asumir valores representativos para el pino en forma genérica.
2. Los valores más bajos en las propiedades corresponden a las especies rudis y strobus ch. y los más altos a los pinos caribaea y oocarpa, ésta última es una de las más solicitadas en el mundo debido a su mayor resistencia y durabilidad.
3. En el CUADRO N^o 12 se dan los valores de esfuerzos básicos de las maderas estudiadas y en cuadros en anexo 11.4 se indican los esfuerzos permisibles de trabajo para las mismas, según su graduación estructural, se espera que estos datos contribuyan a lograr diseños más racionales y económicos de estructuras de madera.
4. Se recomienda a los ingenieros que cuando no se conozca la especie de pino a utilizar en una estructura, se haga uso de los esfuerzos de trabajo del grupo de especies de valores más bajos, para obtener un factor de seguridad conveniente aunque sea un poco conservador. Si se conoce la especie, puede utilizarse los esfuerzos de trabajo recomendados para dicha especie, en el presente trabajo.
5. Debe de procurarse ampliar el estudio sobre la graduación estructural -

de las maderas, que además del trabajo de laboratorio, requiere de la colaboración de ingenieros, diseñadores y constructores; además de los aserraderos, a fin de lograr una clasificación más acorde con las condiciones del medio.

6. Se recomienda a las instituciones encargadas de la promoción, explotación y vigilancia de bosques, poner en práctica una política de refores
tación más racional, que utilice preferentemente las especies que del punto de vista técnico y económico sean las más convenientes.
7. Se recomienda promover el mayor uso de los pinos caribaea y oocarpa en construcciones. Debe darse especial atención a la reforestación y ex
plotación en mayor escala del pino caribaea del Petén, que a la fecha ha sido poco utilizada por la falta de vías de comunicación a dicho de
partamento.
8. De las restantes especies estudiadas, las de montezumae y tenuifolia pa
recen ser las más apropiadas para usos estructurales en construcción y ebanistería, las especies rudis, ayacahuite y strobis, para usos ge
nerales entendiéndose con esto fabricación de muebles, juguetes, etc.
9. Es necesario continuar con el estudio de las propiedades físico-me
cánicas de las maderas nacionales intensificando el estudio de las especies más promisorias. En el caso de las especies de pino, se recomienda rea-
lizar nuevos estudios de pinos representativos de regiones específicas, así como de las especies más distribuidas en el territorio nacional, un es
tudio general que contemple el muestreo al azar de una especie en va-

rias regiones del país.

10. Debe procurarse incrementar los estudios de secado, durabilidad, y preservación de la madera, de gran utilidad para la ingeniería civil y de la industria, e iniciar cuanto antes otros estudios que permitan formar un cuadro integral de las propiedades y usos de la madera.

Del punto de vista de la ingeniería y la industria, se considera que se destacan como temas importantes para futuras investigaciones, los siguientes:

- 1) El estudio de las propiedades de aserrado y conformación de la madera. (Facilidad de corte, de torneado, de cepillado, etc.) para destacar su utilidad para sus usos varios en industrias.
 - 2) Estudios de tratamientos especiales, útiles para la industrialización (impregnación en plásticos e irradiación).
 - 3) Estudio de extractivos de utilidad para industrias químicas.
11. Se hace un llamado a las instituciones y entidades involucradas en la explotación y uso de la madera y sus derivados, para que colaboren con el Centro de Investigaciones de Ingeniería, en la realización de nuevos estudios sobre las maderas nacionales, indispensables para servir de base a una reforestación racional y para lograr el uso más efectivo de las maderas y su comercialización más eficiente.

10.- BIBLIOGRAFIA

- 1) ARIAS, JORGE. Ingeniero Civil.
Copias de Estadística.
- 2) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM)
Book of ASTM standards part 16, 1965.
- 3) BELTRANENA, EMILIO. Ingeniero Civil.
Resumen de Propiedades Físicas y Mecánicas de Maderas Nacionales y Recomendaciones para Fijar Esfuerzos de Trabajo. Trabajo presentado - en el II Congreso de Ingeniería. Colegio de Ingenieros de Guatemala. Marzo 1961.
- 4) BELTRANENA, EMILIO. Ingeniero Civil.
Determinación de los Esfuerzos Permisibles de Trabajo para Maderas de Guatemala. Centro de Investigaciones de Ingeniería. Mayo de 1972.
- 5) HOLDRIGE, L.R. y F. BRUCE, LAMB.
Los Bosques de Guatemala. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas e Instituto de Fomento de la Producción de Guatemala. Turrialba, Costa Rica. Mayo de 1950.
- 6) HANNES, HOHEISEL.
Estipulaciones para los Ensayos de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera. Instituto Forestal de Investigación y Capacitación Mérida-Venezuela. 1968.

- 7) INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL DE GUATEMALA.
Atlas Climatológico de Guatemala. 1972.
- 8) MENDEZ, FERNANDO. Ingeniero Civil.
Estudio Comparativo de Dos Maderas Típicas de Guatemala, (pino y chi
chique). Tesis de Graduación Profesional, Facultad de Ingeniería, Uni-
versidad de San Carlos. 1958.
- 9) MORALES, MAURICIO RODOLFO. Ingeniero Civil.
Normas Preliminares de Seguridad e Higiene para el Diseño de Edifi-
cios de Uso Público. Tesis de Graduación Profesional, Facultad de In-
geniería, Universidad de San Carlos, 1966.
- 10) PINEDA DEL CID, LUIS. Ingeniero Civil.
Estudio de las Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera Pinus Cari-
baea. Tesis de Graduación Profesional. Facultad de Ingeniería. Univer-
sidad de San Carlos. 1963.
- 11) QUINTERO, CARLOS. Ingeniero Civil.
Estudio Comparativo de Dos Maderas Típicas de Guatemala (ciprés y co
nacaste). Tesis de Graduación Profesional. Facultad de Ingeniería, Uni-
versidad de San Carlos 1958.
- 12) RAMIREZ, MANUEL ENRIQUE. Ingeniero Civil.
Estudio Preliminar de Dos Maderas Típicas de Guatemala. (Palo vola-
dor y chichipate). Tesis de Graduación Profesional, Facultad de Inge-

nería, Universidad de San Carlos. 1959.

- 13) RIVERA, MANUEL. Ingeniero Civil.

Estudio Preliminar de las Maderas Típicas de Guatemala (mario y cenicero). Tesis de Graduación Profesional, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos 1961.

- 14) ROJAS, ULISES.

Elementos de Botánica. Tomos I, II, III.

Tipografía Nacional. Guatemala 1926.

- 15) SEELY, FRED B.


Resistencia de los Materiales. Editorial UTEHA.

Edición 1954.



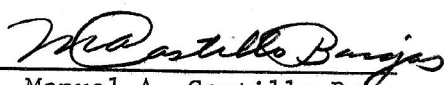
M. Domingo Samayoa F.

Vo. Bo.



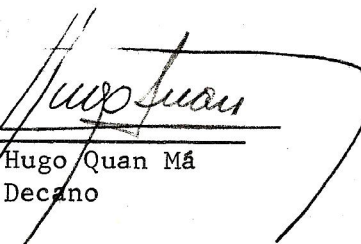
Ing. Emilio Beltranena M.
Asesor

Vo. Bo.



Ing. Manuel A. Castillo B.
Director Escuela de Inge-
nería Civil.

IMPRIMASE



Ing. Hugo Quan Má
Decano

11.- ANEXOS

- Anexo 11.1 Cuadros de resultados de las propiedades físico-mecánicas de las 7 especies.
- Anexo 11.2 Cuadros de factores de corrección de los esfuerzos básicos de la madera.
- Anexo 11.3 Gráficas para obtener los tamaños permisibles de nudos y grietas en piezas de madera.
- Anexo 11.4 Cuadros de esfuerzos de trabajo de varias especies de madera.

ANEXO 11.1

Cuadros de resultados de la propiedades físico-mecánicas, obtenidos de los ensayos realizados en las 7 especies de pino.

11.1.1 Densidad de la madera.

11.1.2 Contracción radial y tangencial de la madera.

11.1.3 Contracción longitudinal y volumétrica de la madera.

11.1.4 Flexión estática de la madera.

11.1.5 Compresión paralela a la fibra.

11.1.6 Compresión perpendicular a la fibra.

11.1.7 Corte paralelo a la fibra.

11.1.8 Dureza o penetración en madera.

11.1.1 Ensayo Densidad de la Madera

Especie Rudis

Muestra	Densidad verde gr/cm ³	Densidad seca al aire gr/cm ³	Densidad seca al horno gr/cm ³	Humedad por ciento
1.1	.95	.43	.38	149.86
1.2	.96	.50	.44	118.85
1.3	.84	.46	.40	109.04
1.4	.94	.51	.44	110.14
1.5	.93	.42	.37	152.07
1.6	.97	.38	.33	187.14
Promedios árbol 1	.93	.45	.39	137.85
2.1	.54	.30	.27	99.61
2.2	.49	.31	.27	81.08
2.3	.55	.29	.26	111.33
2.4	.64	.33	.29	122.30
2.5	.53	.31	.27	94.59
2.6	.52	.31	.27	89.81
Promedios árbol 2	.54	.31	.27	99.78
3.1	.76	.39	.35	118.58
3.2	.75	.39	.34	117.68
3.3	1.02	.40	.35	186.21
3.4	1.04	.39	.34	204.80
3.5	1.03	.40	.35	191.23
3.6	.88	.38	.33	164.87
Promedios árbol 3	.91	.39	.34	163.90
4.1	.72	.34	.30	137.96
4.2	.88	.38	.33	163.94
4.3	.81	.39	.34	136.28
4.4	1.05	.38	.33	209.50
4.5	.74	.34	.30	140.95
4.6	1.04	.39	.33	208.75
Promedios árbol 4	.87	.37	.32	166.23
5.1	.74	.35	.31	136.08
5.2	.86	.38	.33	157.64
5.3	.78	.37	.32	139.21
5.4	.74	.36	.31	134.69
5.5	.91	.37	.33	176.14
5.6	.64	.35	.30	109.44
Promedios árbol 5	.78	.36	.32	142.20
Promedio Total	.81	.37	.334	141.99
Desviac. Standard	.1	.0	.045	36.55
Coef. Variación	21.3	13.7	13.572	25.74

11.1.1 Ensayo Densidad de la Madera

Especie Ayacahuite

Muestra	Densidad verde gr/cm ³	Densidad seca al aire gr/cm ³	Densidad seca al horno gr/cm ³	Humedad por ciento
1.1	.59	.41	.36	62.71
1.2	.55	.40	.35	55.39
1.3	.61	.41	.36	66.76
1.4	.68	.46	.40	68.63
1.5	.59	.41	.37	60.45
1.6	.58	.42	.37	57.06
Promedios árbol 1	.60	.42	.37	61.83
2.1	.60	.41	.36	65.91
2.2	.59	.42	.37	57.53
2.3	.60	.38	.34	78.54
2.4	.57	.39	.35	64.45
2.5	.59	.34	.29	98.62
2.6	.58	.38	.33	73.61
Promedios árbol 2	.59	.39	.34	73.11
3.1	.55	.35	.32	73.18
3.2	.55	.37	.33	68.19
3.3	.56	.37	.32	74.44
3.4	.76	.54	.48	58.70
3.5	.67	.49	.43	55.89
3.6	.73	.53	.46	57.52
Promedios árbol 3	.64	.44	.39	64.65
4.1	.64	.48	.43	50.11
4.2	.64	.46	.41	57.92
4.3	.64	.42	.37	73.42
4.4	.63	.43	.38	64.55
4.5	.65	.41	.36	78.23
4.6	.59	.40	.35	67.04
Promedios árbol 4	.63	.43	.38	65.21
5.1	.59	.43	.38	54.08
5.2	.62	.46	.41	52.13
5.3	.56	.40	.35	58.67
5.4	.55	.38	.34	62.76
5.5	.57	.38	.33	69.32
5.6	.60	.46	.40	48.72
Promedios árbol 5	.58	.42	.37	57.61
Promedio Total	.61	.42	.374	64.48
Desviac. Standard	.0	.0	.042	10.36
Coef. Variación	8.3	11.2	11.216	16.07

11.1.1 Ensayo Densidad de la Madera

Especie Montezumae

Muestra	Densidad verde gr/cm ³	Densidad seca al aire gr/cm ³	Densidad seca al horno gr/cm ³	Humedad por ciento
1.1	.99	.49	.42	134.13
1.2	1.12	.51	.44	149.65
1.3	1.05	.44	.39	167.35
1.4	.97	.48	.42	132.33
1.5	1.06	.55	.45	131.50
1.6	1.02	.45	.39	158.20
Promedios árbol 1	1.03	.49	.42	145.53
2.1	.84	.49	.43	96.26
2.2	1.02	.60	.52	96.66
2.3	.81	.55	.43	84.38
2.4	1.01	.45	.39	156.69
2.5	.96	.49	.43	122.42
2.6	.96	.63	.55	75.84
Promedios árbol 2	.93	.54	.46	105.37
3.1	.84	.53	.46	81.56
3.2	.60	.48	.42	41.12
3.3	1.02	.45	.39	159.54
3.4	.62	.51	.45	37.83
3.5	.79	.52	.45	74.83
3.6	1.07	.51	.44	139.59
Promedios árbol 3	.82	.50	.43	89.08
4.1	1.07	.50	.43	146.60
4.2	.98	.51	.44	122.11
4.3	1.06	.54	.47	125.22
4.4	1.10	.53	.46	138.56
4.5	1.10	.50	.43	153.14
4.6	.98	.49	.42	130.80
Promedios árbol 4	1.05	.51	.44	136.07
5.1	1.05	.45	.39	167.77
5.2	1.02	.52	.44	128.31
5.3	.98	.42	.36	167.11
5.4	1.05	.44	.38	172.51
5.5	1.07	.43	.37	182.27
5.6	1.07	.46	.40	168.59
Promedios árbol 5	1.04	.45	.39	164.43
Promedio Total	.97	.50	.433	128.10
Desviac. Standard	.1	.0	.039	38.54
Coef. Variación	13.4	9.5	9.139	30.08

11.1.1 Ensayo Densidad de la Madera

Especie Caribaea

Muestra	Densidad verde gr/cm ³	Densidad seca al aire gr/cm ³	Densidad seca al horno gr/cm ³	Humedad por ciento
1.1	1.05	.77	.67	57.56
1.2	1.04	.67	.59	75.86
1.3	.93	.76	.66	40.88
1.4	.84	.66	.58	44.38
1.5	1.08	.79	.68	59.41
1.6	.89	.76	.72	24.33
Promedios árbol 1	.97	.73	.65	50.40
2.1	1.09	.67	.58	87.09
2.2	.94	.70	.61	53.15
2.3	1.06	.67	.58	81.81
2.4	1.04	.69	.60	72.77
2.5	.95	.70	.61	55.51
2.6	1.06	.67	.58	81.56
Promedios árbol 2	1.02	.68	.59	71.98
3.1	.75	.63	.55	36.73
3.2	.94	.63	.55	71.17
3.3	.64	.51	.45	39.21
3.4	.99	.66	.58	71.61
3.5	.80	.67	.59	35.94
3.6	1.02	.62	.54	88.75
Promedios árbol 3	.86	.62	.54	57.24
4.1	1.04	.70	.61	70.50
4.2	1.09	.69	.60	81.61
4.3	1.05	.71	.62	69.33
4.4	.85	.64	.55	52.41
4.5	1.09	.69	.60	80.07
4.6	1.06	.68	.59	79.75
Promedios árbol 4	1.03	.69	.59	72.28
5.1	.99	.67	.58	71.40
5.2	1.06	.63	.55	91.80
5.3	1.04	.60	.52	97.56
5.4	.78	.61	.53	45.76
5.5	.98	.62	.54	80.83
5.6	1.00	.63	.55	83.10
Promedios árbol 5	.97	.63	.54	78.41
Promedio Total	.97	.67	.589	66.06
Desviac. Standard	.1	.0	.051	19.31
Coeff. Variación	11.8	8.3	8.685	29.23

11.1.1 Ensayo Densidad de la Madera

Especie Tenuifolia

Muestra	Densidad verde gr/cm ³	Densidad seca al aire gr/cm ³	Densidad seca al horno gr/cm ³	Humedad por ciento
1.1	1.03	.50	.44	134.41
1.2	1.05	.54	.47	123.05
1.3	1.09	.50	.43	152.21
1.4	.84	.45	.39	111.13
1.5	1.10	.51	.44	147.45
1.6	.81	.46	.40	103.84
Promedios árbol 1	.99	.49	.43	128.68
2.1	.89	.44	.38	131.01
2.2	.94	.42	.36	158.93
2.3	.93	.44	.38	140.05
2.4	1.06	.42	.37	187.43
2.5	.96	.41	.36	162.57
2.6	.95	.41	.35	166.28
Promedios árbol 2	.95	.42	.37	157.71
3.1	1.01	.44	.37	169.27
3.2	1.08	.42	.37	193.13
3.3	1.09	.44	.38	185.67
3.4	.76	.50	.43	75.77
3.5	1.03	.48	.41	147.68
3.6	1.10	.45	.39	180.15
Promedios árbol 3	1.01	.45	.39	158.61
4.1	.96	.52	.45	113.12
4.2	.84	.46	.40	108.95
4.3	.93	.51	.44	109.13
4.4	.84	.53	.46	80.68
4.5	.89	.53	.46	95.37
4.6	.96	.46	.40	140.40
Promedios árbol 4	.90	.50	.43	107.94
5.1	.97	.41	.35	174.48
5.2	1.04	.48	.41	152.64
5.3	1.02	.39	.34	198.48
5.4	1.03	.41	.35	190.35
5.5	1.00	.43	.37	167.21
5.6	1.05	.48	.41	152.01
Promedios árbol 5	1.02	.43	.37	172.53
Promedio Total	.97	.45	.403	145.09
Desviac. Standard	.0	.0	.036	34.07
Coef. Variación	9.5	9.1	9.149	23.48

11.1.1 Ensayo Densidad de la Madera

Especie Strobilus ch.

Muestra	Densidad verde gr/cm ³	Densidad seca al aire gr/cm ³	Densidad seca al horno gr/cm ³	Humedad por ciento
1.1	1.12	.40	.34	220.78
1.2	.98	.38	.33	198.10
1.3	.80	.34	.29	175.54
1.4	.88	.38	.33	161.70
1.5	.84	.35	.31	168.66
1.6	.82	.37	.32	150.79
Promedios árbol 1	.91	.37	.32	179.26
2.1	.67	.39	.33	99.04
2.2	.72	.37	.32	120.18
2.3	.60	.36	.32	86.84
2.4	.60	.35	.31	90.72
2.5	.60	.37	.32	82.85
2.6	.56	.37	.33	68.94
Promedios árbol 2	.62	.37	.32	91.43
3.1	.92	.42	.37	149.85
3.2	.81	.38	.33	142.15
3.3	.90	.39	.34	163.27
3.4	.76	.45	.39	92.53
3.5	.78	.40	.35	122.51
3.6	.74	.40	.35	109.06
Promedios árbol 3	.82	.40	.35	129.89
4.1	.66	.42	.37	79.42
4.2	.74	.42	.37	99.71
4.3	.78	.51	.45	72.89
4.4	1.03	.38	.33	205.66
4.5	.77	.36	.31	143.81
4.6	.64	.38	.33	92.40
Promedios árbol 4	.77	.41	.36	115.65
5.1	.71	.43	.38	86.07
5.2	.86	.37	.32	165.80
5.3	.71	.38	.33	114.28
5.4	.68	.43	.38	78.65
5.5	.77	.41	.36	112.93
5.6	.63	.34	.29	111.45
Promedios árbol 5	.73	.39	.34	111.53
Promedio Total	.77	.38	.345	125.55
Desviac. Standard	.1	.0	.031	42.36
Coef. Variación	17.3	9.1	9.187	33.74

11.1.1 Ensayo Densidad de la Madera

Especie Oocarpa

Muestra	Densidad verde gr/cm ³	Densidad seca al aire gr/cm ³	Densidad seca al horno gr/cm ³	Humedad por ciento
1.1	.98	.58	.50	94.21
1.2	1.15	.58	.50	128.92
1.3	1.03	.54	.47	118.99
1.4	1.02	.54	.47	117.30
1.5	1.03	.57	.49	108.82
1.6	.95	.59	.51	86.80
Promedios árbol 1	1.03	.57	.49	109.17
2.1	1.03	.57	.49	109.24
2.2	.64	.50	.42	50.11
2.3	.98	.63	.54	80.03
2.4	.94	.52	.45	109.42
2.5	1.02	.74	.63	61.07
2.6	1.06	.55	.48	119.73
Promedios árbol 2	.94	.58	.50	88.27
3.1	.81	.54	.47	71.39
3.2	1.09	.63	.54	100.18
3.3	1.05	.56	.48	117.54
3.4	1.02	.62	.54	88.45
3.5	1.08	.58	.50	113.07
3.6	1.14	.57	.49	129.01
Promedios árbol 3	1.03	.58	.50	103.27
4.1	1.12	.52	.45	144.97
4.2	.95	.58	.50	88.86
4.3	.84	.48	.42	99.27
4.4	.99	.57	.49	100.82
4.5	.94	.60	.52	81.02
4.6	1.08	.57	.49	117.42
Promedios árbol 4	.99	.55	.48	105.39
5.1	.86	.58	.51	68.51
5.2	1.05	.65	.56	86.71
5.3	1.05	.53	.46	127.11
5.4	.97	.56	.48	100.21
5.5	.90	.56	.49	84.67
5.6	1.02	.58	.47	117.02
Promedios árbol 5	.98	.58	.49	97.37
Promedio Total	.99	.57	.499	100.70
Desviac. Standard	.1	.0	.041	22.16
Coef. Variación	10.5	8.5	8.296	22.00

11.1.2 Ensayo de Contracción Radial y Tangencial en Madera

Especie Rudis

Muestra	Sent. rad. %	Sent. tang. %	Relación Tang./rad.	Humedad por ciento
1.1	3.92	8.18	2.08	165.38
1.2	4.29	8.86	2.06	130.50
1.3	4.18	8.69	2.07	141.37
1.4	3.82	8.13	2.12	171.69
1.5	4.07	8.94	2.19	142.37
1.6	3.56	8.93	2.50	135.59
Promedios árbol 1	3.97	8.62	2.17	147.82
2.1	1.45	6.56	4.51	71.73
2.2	1.64	6.54	3.98	56.52
2.3	1.39	6.52	4.67	65.21
2.4	1.34	6.51	4.83	73.46
2.5	1.42	6.86	4.81	58.33
2.6	1.28	6.20	4.82	77.55
Promedios árbol 2	1.42	6.53	4.60	67.13
3.1	3.41	7.38	2.15	186.79
3.2	3.61	7.41	2.05	173.58
3.3	3.42	7.21	2.10	190.38
3.4	3.31	6.37	1.92	190.38
3.5	2.86	6.90	2.41	182.69
3.6	3.41	7.56	2.21	190.38
Promedios árbol 3	3.34	7.14	2.14	185.70
4.1	3.27	8.11	2.48	169.09
4.2	3.91	8.03	2.05	142.85
4.3	4.37	8.19	1.87	160.00
4.4	3.90	7.91	2.02	145.61
4.5	3.52	8.12	2.30	165.45
4.6	3.53	7.92	2.24	160.37
Promedios árbol 4	3.75	8.05	2.16	157.23
5.1	3.70	7.32	1.97	162.00
5.2	3.70	7.34	1.98	166.03
5.3	3.67	7.18	1.95	169.38
5.4	3.96	7.30	1.84	179.59
5.5	3.73	7.53	2.01	167.34
5.6	3.78	7.24	1.91	164.58
Promedios árbol 5	3.76	7.32	1.94	168.15
Promedio Total	3.2	7.5	2.607	145.21
Desviac. Standard	.9	.7	1.038	42.83
Coef. Variación	30.1	10.4	39.833	29.50

11.1.2 Ensayo de Contracción Radial y Tangencial en Madera

Especie Ayacahuite

Muestra	Sent. rad. %	Sent. tang. %	Relación Tang./rad.	Humedad por ciento
1.1	1.82	6.13	3.35	100.00
1.2	1.86	6.23	3.35	103.44
1.3	2.09	6.38	3.04	98.27
1.4	1.55	5.00	3.21	81.81
1.5	2.34	5.73	2.44	93.22
1.6	1.35	5.41	4.00	78.57
Promedios árbol 1	1.84	5.81	3.23	92.55
2.1	2.45	8.19	3.33	110.86
2.2	2.75	6.98	2.53	71.15
2.3	3.22	7.27	2.26	62.50
2.4	2.54	8.16	3.20	79.16
2.5	3.00	6.94	2.30	67.27
2.6	2.61	8.25	3.15	86.95
Promedios árbol 2	2.76	7.63	2.79	79.65
3.1	2.06	6.40	3.10	113.20
3.2	2.72	6.70	2.46	113.20
3.3	2.76	7.02	2.54	107.27
3.4	2.41	6.78	2.81	114.81
3.5	1.75	6.52	3.72	133.96
3.6	1.99	6.88	3.44	133.96
Promedios árbol 3	2.28	6.72	3.01	119.40
4.1	2.15	6.99	3.24	92.30
4.2	3.37	8.62	2.55	88.67
4.3	2.02	7.03	3.46	92.15
4.4	2.15	7.24	3.36	92.30
4.5	3.50	8.00	2.28	92.30
4.6	3.44	8.42	2.44	78.43
Promedios árbol 4	2.77	7.72	2.89	89.36
5.1	2.02	5.73	2.83	114.00
5.2	2.01	5.97	2.96	112.24
5.3	2.08	5.92	2.84	124.48
5.4	2.27	6.60	2.89	103.92
5.5	1.92	5.94	3.08	108.00
5.6	2.27	6.92	3.04	98.03
Promedios árbol 5	2.10	6.18	2.94	110.11
Promedio Total	2.3	6.8	2.977	98.21
Desviac. Standard	.5	.9	.446	18.17
Coef. Variación	23.3	13.5	14.997	18.50

11.1.2 Ensayo de Contracción Radial y Tangencial en Madera

Especie Montezumae

	Muestra	Sent. rad. %	Sent. tang. %	Relación Tang./rad.	Humedad por ciento
	1.1	3.58	7.26	2.02	139.65
	1.2	3.54	7.18	2.02	138.59
	1.3	3.54	7.69	2.16	133.89
	1.4	5.60	8.18	1.45	118.64
	1.5	3.98	8.18	2.05	106.55
	1.6	3.96	8.09	2.04	131.66
Promedios árbol	1	4.03	7.76	1.96	128.16
	2.1	3.79	8.07	2.12	133.89
	2.2	4.77	8.98	1.87	118.46
	2.3	4.01	8.02	2.00	129.03
	2.4	4.56	8.85	1.94	118.75
	2.5	4.38	8.86	2.02	123.43
	2.6	3.70	8.22	2.21	132.25
Promedios árbol	2	4.20	8.50	2.03	125.97
	3.1	4.00	8.23	2.05	123.18
	3.2	4.37	8.06	1.84	129.23
	3.3	4.41	8.21	1.86	127.69
	3.4	3.87	8.47	2.19	127.53
	3.5	4.01	8.09	2.01	126.47
	3.6	3.78	7.95	2.10	123.18
Promedios árbol	3	4.07	8.17	2.01	126.21
	4.1	3.42	5.88	1.71	134.92
	4.2	3.42	6.89	2.00	142.85
	4.3	3.85	6.91	1.79	129.68
	4.4	3.59	6.89	1.91	133.87
	4.5	3.89	7.02	1.80	120.31
	4.6	4.01	6.86	1.71	128.12
Promedios árbol	4	3.70	6.74	1.82	131.62
	5.1	3.50	7.95	2.26	145.76
	5.2	3.62	8.36	2.30	100.00
	5.3	3.93	8.26	2.10	118.03
	5.4	3.19	8.51	2.66	119.67
	5.5	3.37	7.82	2.31	145.76
	5.6	3.34	7.69	2.29	138.98
Promedios árbol	5	3.49	8.10	2.32	128.03
Promedio Total		3.9	7.8	2.031	128.00
Desviac. Standard		.4	.7	.229	10.52
Coef. Variación		12.7	9.0	11.312	8.22

11.1.2 Ensayo de Contracción Radial y Tangencial en Madera

Especie Caribaea

Muestra	Sent. rad. %	Sent. tang. %	Relación Tang./rad.	Humedad por ciento
1.1	5.57	9.15	1.64	34.66
1.2	5.64	9.26	1.64	35.13
1.3	5.57	10.55	1.89	33.78
1.4	5.37	9.09	1.69	35.13
1.5	7.11	7.74	1.08	66.25
1.6	6.97	8.19	1.17	65.00
Promedios árbol 1	6.04	9.00	1.52	44.99
2.1	6.37	8.77	1.37	48.14
2.2	5.20	7.94	1.52	65.33
2.3	5.95	8.51	1.43	65.78
2.4	6.18	8.79	1.42	66.23
2.5	6.32	8.49	1.34	51.85
2.6	6.52	8.72	1.33	52.43
Promedios árbol 2	6.09	8.54	1.40	58.29
3.1	6.51	6.98	1.07	55.88
3.2	6.75	7.21	1.06	52.94
3.3	6.41	7.54	1.17	60.29
3.4	6.52	7.05	1.08	41.79
3.5	6.12	7.08	1.15	41.79
3.6	6.42	7.21	1.12	41.79
Promedios árbol 3	6.45	7.18	1.11	49.08
4.1	7.52	9.47	1.25	77.77
4.2	7.57	8.94	1.18	73.33
4.3	7.72	8.81	1.14	76.40
4.4	7.57	8.08	1.06	81.31
4.5	7.49	8.67	1.15	74.11
4.6	7.38	8.08	1.09	76.92
Promedios árbol 4	7.54	8.68	1.15	76.64
5.1	6.12	6.95	1.13	73.07
5.2	5.46	6.26	1.14	63.15
5.3	5.95	7.33	1.23	69.62
5.4	5.32	6.18	1.16	62.66
5.5	5.99	7.11	1.18	71.79
5.6	5.45	6.18	1.13	61.53
Promedios árbol 5	5.71	6.67	1.16	66.97
Promedio Total	6.3	8.0	1.271	59.19
Desviac. Standard	.7	1.0	.216	14.57
Coef. Variación	12.0	13.3	17.020	24.62

11.1.2 Ensayo de Contracción Radial y Tangencial en Madera

Especie Tenuifolia

	Muestra	Sent. rad. %	Sent. tang. %	Relación Tang./rad.	Humedad por ciento
	1.1	4.60	9.23	2.00	128.98
	1.2	4.68	9.16	1.95	123.94
	1.3	4.61	9.67	2.09	133.84
	1.4	4.64	9.25	1.99	133.33
	1.5	3.34	8.15	2.43	172.72
	1.6	4.81	9.39	1.95	125.35
Promedios árbol	1	4.44	9.14	2.07	136.36
	2.1	4.23	8.08	1.90	163.63
	2.2	4.03	8.19	2.03	135.00
	2.3	4.00	8.14	2.03	138.09
	2.4	4.26	8.35	1.96	136.50
	2.5	4.07	8.58	2.10	131.74
	2.6	3.61	8.09	2.23	150.00
Promedios árbol	2	4.03	8.24	2.04	142.49
	3.1	3.62	7.04	1.94	122.44
	3.2	3.60	6.85	1.90	126.41
	3.3	1.90	6.21	3.25	110.00
	3.4	3.15	6.50	2.06	135.29
	3.5	1.91	6.36	3.33	109.67
	3.6	3.28	7.50	2.28	128.84
Promedios árbol	3	2.91	6.74	2.46	122.11
	4.1	4.48	8.94	1.99	114.75
	4.2	4.49	9.39	2.08	121.31
	4.3	3.43	7.07	2.05	140.38
	4.4	4.57	9.42	2.05	155.76
	4.5	3.50	7.84	2.24	146.29
	4.6	3.30	7.45	2.25	148.14
Promedios árbol	4	3.96	8.35	2.11	137.77
	5.1	3.99	7.75	1.94	126.31
	5.2	4.01	7.89	1.96	123.21
	5.3	3.73	7.94	2.13	115.25
	5.4	3.68	7.63	2.07	116.36
	5.5	3.95	7.90	2.00	110.16
	5.6	3.79	7.87	2.07	112.28
Promedios árbol	5	3.86	7.83	2.03	117.26
Promedio Total		3.8	8.0	2.146	131.20
Desviac. Standard		.7	.9	.335	15.85
Coef. Variación		18.4	11.8	15.648	12.08

11.1.2 Ensayo de Contracción Radial y Tangencial en Madera

Especie Strobus ch.

Muestra	Sent. rad. %	Sent. tang. %	Relación Tang./rad.	Humedad por ciento
1.1	2.04	5.82	2.85	217.77
1.2	2.58	4.59	1.78	93.47
1.3	1.84	5.49	2.98	220.45
1.4	6.06	1.74	.28	220.45
1.5	2.76	4.74	1.71	91.30
1.6	1.81	5.99	3.30	222.72
Promedios árbol 1	2.85	4.73	2.15	177.69
2.1	1.45	5.26	3.62	85.71
2.2	1.58	5.09	3.22	97.87
2.3	5.38	1.59	.29	77.55
2.4	3.89	3.60	.92	89.13
2.5	3.92	3.50	.89	84.78
2.6	3.89	3.86	.99	80.43
Promedios árbol 2	3.35	3.82	1.65	85.91
3.1	1.78	6.29	3.51	155.81
3.2	2.02	6.04	2.98	147.61
3.3	1.95	6.02	3.08	158.13
3.4	3.44	4.18	1.21	150.00
3.5	1.61	6.80	4.21	157.14
3.6	1.97	5.78	2.92	146.80
Promedios árbol 3	2.13	5.85	2.99	152.58
4.1	1.35	1.62	1.19	156.41
4.2	1.24	3.20	2.56	101.96
4.3	1.15	5.15	4.47	166.66
4.4	1.17	3.42	2.91	100.00
4.5	4.44	3.19	.71	94.23
4.6	1.22	5.03	4.11	156.41
Promedios árbol 4	1.76	3.60	2.66	129.27
5.1	7.14	2.11	.29	108.16
5.2	2.33	7.64	3.27	122.00
5.3	7.34	2.26	.30	114.28
5.4	2.59	7.79	3.00	129.16
5.5	2.46	8.00	3.25	124.48
5.6	2.21	7.55	3.40	120.40
Promedios árbol 5	4.01	5.89	2.25	119.75
Promedio Total	2.8	4.7	2.345	133.04
Desviac. Standard	1.7	1.8	1.314	44.31
Coef. Variación	61.2	39.4	56.044	33.30

11.1.2 Ensayo de Contracción Radial y Tangencial en Madera

Especie Oocarpa

Muestra	Sent. Rad. %	Sent. tang. %	Relación Tang./rad,	Humedad por ciento
1.1	4.65	8.72	1.87	82.60
1.2	5.35	8.77	1.63	104.54
1.3	4.95	8.64	1.74	86.74
1.4	4.93	9.29	1.88	102.94
1.5	4.88	8.74	1.78	81.15
1.6	5.05	8.61	1.70	108.95
Promedios árbol 1	4.97	8.79	1.77	94.49
2.1	3.08	7.48	2.42	100.00
2.2	3.50	10.25	2.92	104.34
2.3	4.74	8.57	1.80	74.02
2.4	3.13	7.08	2.25	107.24
2.5	4.94	8.47	1.71	74.02
2.6	3.04	7.60	2.49	101.44
Promedios árbol 2	3.74	8.24	2.26	93.51
3.1	3.68	7.79	2.11	101.56
3.2	5.34	9.38	1.75	94.20
3.3	3.77	7.97	2.11	95.31
3.4	5.16	9.12	1.76	91.17
3.5	5.55	9.23	1.66	91.30
3.6	3.75	7.06	1.87	90.62
Promedios árbol 3	4.54	8.42	1.88	94.03
4.1	3.12	7.04	2.25	122.22
4.2	3.97	9.68	2.43	105.97
4.3	3.12	7.25	2.31	123.63
4.4	3.94	9.74	2.47	107.35
4.5	3.97	9.73	2.45	102.94
4.6	3.18	6.99	2.19	116.98
Promedios árbol 4	3.55	8.41	2.35	113.18
5.1	4.95	7.99	1.61	90.41
5.2	4.88	7.69	1.57	88.88
5.3	5.76	6.77	1.17	98.57
5.4	5.14	8.05	1.56	85.13
5.5	5.41	7.32	1.35	102.85
5.6	5.46	10.31	1.88	97.18
Promedios árbol 5	5.27	8.02	1.52	93.84
Promedio Total	4.4	8.3	1.961	97.81
Desviac. Standard	.8	1.0	.393	12.33
Coef. Variación	20.2	12.3	20.080	12.61

11.1.3 Ensayo Contracción Longitudinal y Volumétrica

Especie Rudis

	Muestra	Contrac. long. %	Contrac. vol. %	Humedad porciento
	1.1	.15	11.72	149.86
	1.2	.77	4.58	118.85
	1.3	.59	6.37	109.04
	1.4	.79	4.44	110.14
	1.5	.18	10.78	152.07
	1.6	.55	8.24	187.14
Promedios árbol	1	.51	7.69	137.85
	2.1	.35	5.56	99.61
	2.2	.32	6.83	81.08
	2.3	.07	8.79	111.33
	2.4	.48	5.06	122.30
	2.5	.22	5.39	94.59
	2.6	.30	7.36	89.81
Promedios árbol	2	.29	6.50	99.78
	3.1	.20	6.61	118.58
	3.2	.28	11.05	117.68
	3.3	.23	9.47	186.21
	3.4	.34	10.37	204.80
	3.5	.10	8.27	191.23
	3.6	.23	10.33	164.87
Promedios árbol	3	.23	9.35	163.90
	4.1	.25	6.86	137.96
	4.2	.20	6.18	163.94
	4.3	.28	9.23	136.28
	4.4	.19	6.60	209.50
	4.5	.17	5.29	140.95
	4.6	.19	9.79	208.75
Promedios árbol	4	.22	7.33	166.23
	5.1	.58	8.21	136.08
	5.2	.26	6.27	157.64
	5.3	.09	8.54	139.21
	5.4	.19	9.34	134.69
	5.5	.21	8.79	176.14
	5.6	.49	5.86	109.44
Promedios árbol	5	.30	7.83	142.20
Promedio Total		.3	7.7	141.996
Desviac. Standard		.1	2.0	36.551
Coef. Variación		60.1	26.6	25.741

11.1.3 Ensayo Contracción Longitudinal y Volumétrica

Especie Ayacahuite

	Muestra	Contrac. long. %	Contrac. vol. %	Humedad por ciento
	1.1	.40	6.14	62.71
	1.2	.25	11.41	55.39
	1.3	.19	11.36	66.76
	1.4	.31	8.66	68.63
	1.5	.09	9.88	60.45
	1.6	.31	8.16	57.06
Promedios árbol	1	.26	9.27	61.83
	2.1	.21	11.79	65.91
	2.2	.23	9.06	57.53
	2.3	.30	12.43	78.54
	2.4	.20	5.53	64.45
	2.5	.36	11.35	98.62
	2.6	.46	10.07	73.61
Promedios árbol	2	.30	10.04	73.11
	3.1	.39	8.89	73.18
	3.2	.10	10.54	68.19
	3.3	.18	8.01	74.44
	3.4	.80	4.61	58.70
	3.5	.73	6.00	55.89
	3.6	1.19	5.29	57.52
Promedios árbol	3	.56	7.22	64.65
	4.1	.19	11.69	50.11
	4.2	.31	8.25	57.92
	4.3	.45	11.04	73.42
	4.4	.23	10.58	64.55
	4.5	.21	8.63	78.23
	4.6	.34	8.63	67.04
Promedios árbol	4	.29	9.80	65.21
	5.1	.21	8.97	54.08
	5.2	.19	9.46	52.13
	5.3	.11	8.03	58.67
	5.4	.15	8.62	62.76
	5.5	.19	6.32	69.32
	5.6	.22	7.53	48.72
Promedios árbol	5	.18	8.15	57.61
Promedio Total		.3	8.9	64.489
Desviac. Standard		.2	2.1	10.364
Coef. Variación		70.6	23.7	16.072

11.1.3 Ensayo Contracción Longitudinal y Volumétrica

Especie Montezumae

	Muestra	Contrac. long. %	Contrac. vol. %	Humedad por ciento
	1.1	.49	6.20	134.13
	1.2	.46	6.60	149.65
	1.3	.07	10.01	167.35
	1.4	.33	5.91	132.33
	1.5	.73	8.71	158.20
Promedios árbol	1	.41	7.67	145.53
	2.1	.18	11.34	96.26
	2.2	.07	10.81	96.66
	2.3	.18	9.74	84.38
	2.4	.02	9.72	156.69
	2.5	.58	12.95	122.42
	2.6	.27	13.84	75.84
Promedios árbol	2	.22	11.40	105.37
	3.1	.14	11.17	81.56
	3.2	.26	7.93	41.12
	3.3	.23	9.33	159.54
	3.4	.12	7.79	37.83
	3.5	.12	11.74	74.83
	3.6	.12	11.88	139.59
Promedios árbol	3	.17	9.97	89.08
	4.1	.16	8.74	146.60
	4.2	.10	8.00	122.11
	4.3	.09	11.36	125.22
	4.4	.15	11.29	138.56
	4.5	.32	10.04	153.14
	4.6	.48	10.18	130.80
Promedios árbol	4	.22	9.94	136.07
	5.1	.34	8.66	167.77
	5.2	.16	10.83	128.31
	5.3	.50	7.45	167.11
	5.4	.14	9.24	172.51
	5.5	.12	8.45	182.27
	5.6	.09	8.41	168.59
Promedios árbol	5	.23	8.84	164.43
Promedio Total		.2	9.5	128.100
Desviac. Standard		.1	1.9	38.543
Coef. Variación		69.3	20.1	30.088

11.1.3 Ensayo Contracción Longitudinal y Volumétrica

Especie Caribaea

	Muestra	Contrac. long. %	Contrac. vol. %	Humedad por ciento
	1.1	.88	12.21	57.56
	1.2	.33	16.15	75.86
	1.3	.28	14.98	40.88
	1.4	.15	13.54	44.38
	1.5	.56	16.69	59.41
	1.6	.19	10.77	24.33
Promedios árbol	1	.40	14.06	50.40
	2.1	.15	14.05	87.09
	2.2	.32	14.04	53.15
	2.3	.32	15.33	81.81
	2.4	.37	12.57	72.77
	2.5	.39	12.30	55.51
	2.6	.26	13.91	81.56
Promedios árbol	2	.30	13.70	71.98
	3.1	.43	10.22	36.73
	3.2	.36	13.47	71.17
	3.3	.27	7.96	39.21
	3.4	.19	13.23	71.61
	3.5	.09	10.20	35.94
	3.6	.47	14.31	88.75
Promedios árbol	3	.30	11.57	57.24
	4.1	.02	12.85	70.50
	4.2	.43	15.24	81.61
	4.3	.12	13.69	69.33
	4.4	.19	9.61	52.41
	4.5	.17	12.74	80.07
	4.6	.35	13.24	79.75
Promedios árbol	4	.22	12.89	72.28
	5.1	.59	13.21	71.40
	5.2	.38	13.11	91.80
	5.3	.57	14.35	97.56
	5.4	.62	10.58	45.76
	5.5	.54	15.59	80.83
	5.6	.30	13.76	83.10
Promedios árbol	5	.50	13.43	78.41
Promedio Total		.3	13.1	66.066
Desviac. Standard		.1	2.0	19.313
Coef. Variación		53.4	15.3	29.233

11.1.3 Ensayo Contracción Longitudinal y Volumétrica

Especie Tenuifolia

	Muestra	Contrac. long. %	Contrac. vol. %	Humedad por ciento
	1.1	.04	11.21	134.41
	1.2	.10	8.54	123.05
	1.3	.04	13.00	152.21
	1.4	.04	11.56	111.13
	1.5	.06	12.49	147.45
	1.6	.11	11.41	103.84
Promedios árbol	1	.07	11.37	128.68
	2.1	.11	8.54	131.01
	2.2	.16	9.70	158.93
	2.3	.02	12.64	140.05
	2.4	.02	10.32	187.43
	2.5	.02	11.50	162.57
	2.6	.20	7.17	166.28
Promedios árbol	2	.09	9.98	157.71
	3.1	.29	12.50	169.27
	3.2	.04	10.72	193.13
	3.3	.10	11.77	185.67
	3.4	.09	10.41	75.77
	3.5	.01	13.37	147.68
	3.6	.22	11.68	180.15
Promedios árbol	3	.13	11.74	158.61
	4.1	.11	10.47	113.12
	4.2	.06	11.44	108.95
	4.3	.21	11.64	109.13
	4.4	.07	13.36	80.68
	4.5	.30	9.47	95.37
	4.6	.19	12.81	140.40
Promedios árbol	4	.16	11.53	107.94
	5.1	.16	7.00	174.48
	5.2	.14	10.48	152.64
	5.3	.11	10.54	198.48
	5.4	.11	10.64	190.35
	5.5	.16	9.03	167.21
	5.6	.10	10.82	152.01
Promedios árbol	5	.13	9.75	172.53
Promedio Total		.1	10.8	145.099
Desviac. Standard		.0	1.6	34.075
Coef. Variación		63.0	15.2	23.484

11.1.3 Ensayo Contracción Longitudinal y Volumétrica

Especie Strobos ch.

	Muestra	Contrac. long. %	Contrac. vol. %	Humedad porciento
	1.1	.18	4.60	220.78
	1.2	.17	5.83	198.10
	1.3	.23	8.10	175.54
	1.4	.24	7.31	161.70
	1.5	.23	4.88	168.66
	1.6	.17	5.45	150.79
Promedios árbol	1	.20	6.03	179.26
	2.1	.31	4.39	99.04
	2.2	.22	6.72	120.18
	2.3	.03	3.43	86.84
	2.4	1.16	7.96	90.72
	2.5	.15	5.59	82.85
	2.6	.11	7.28	68.94
Promedios árbol	2	.33	5.90	91.43
	3.1	1.05	6.80	149.85
	3.2	1.23	8.67	142.15
	3.3	.18	7.46	163.27
	3.4	.39	6.74	92.53
	3.5	.21	5.38	122.51
	3.6	1.13	5.44	109.06
Promedios árbol	3	.70	6.75	129.89
	4.1	.48	5.59	79.42
	4.2	.37	4.52	99.71
	4.3	.86	3.56	72.89
	4.4	.12	4.82	205.66
	4.5	.10	2.31	143.81
	4.6	.22	4.59	92.40
Promedios árbol	4	.36	4.23	115.65
	5.1	.63	3.19	86.07
	5.2	.26	4.57	165.80
	5.3	.65	5.63	114.28
	5.4	.23	5.33	78.65
	5.5	.19	5.98	112.93
	5.6	.25	4.49	111.45
Promedios árbol	5	.37	4.86	111.53
Promedio Total		.3	5.5	125.557
Desviac. Standard		.3	1.5	42.364
Coef. Variación		87.6	27.5	33.740

11.1.3 Ensayo Contracción Longitudinal y Volumétrica

Especie Oocarpa

	Muestra	Contrac. long. %	Contrac. vol. %	Humedad porciento
	1.1	.10	12.48	94.21
	1.2	.30	9.97	128.92
	1.3	.05	11.40	118.99
	1.4	.19	12.48	117.30
	1.5	.04	12.66	108.82
	1.6	.35	13.40	86.80
Promedios árbol	1	.18	12.07	109.17
	2.1	.23	11.92	109.24
	2.2	.19	9.27	50.11
	2.3	.34	9.89	80.03
	2.4	.12	10.28	109.42
	2.5	.14	8.95	61.07
	2.6	.22	11.23	119.73
Promedios árbol	2	.21	10.25	88.27
	3.1	.29	10.65	71.39
	3.2	.02	13.33	100.18
	3.3	.29	12.38	117.54
	3.4	.68	9.37	88.45
	3.5	.12	9.89	113.07
	3.6	.24	9.83	129.01
Promedios árbol	3	.28	10.91	103.27
	4.1	.27	13.57	144.97
	4.2	.40	10.09	88.86
	4.3	.32	4.10	99.27
	4.4	.04	9.16	100.82
	4.5	.12	9.30	81.02
	4.6	.27	11.74	117.42
Promedios árbol	4	.24	9.66	105.39
	5.1	.02	11.44	68.51
	5.2	.67	5.92	86.71
	5.3	.14	41.48	127.11
	5.4	.27	9.98	100.21
	5.5	.04	7.38	84.67
	5.6	.28	25.73	117.02
Promedios árbol	5	.24	16.99	97.37
Promedio Total		.2	11.9	100.701
Desviac. Standard		.1	6.5	22.162
Coef. Variación		69.8	54.9	22.008

11.1.4 Ensayo de Flexión Estática en Madera

Especie Rudis

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	244.5	386.0	.071	182.88
1.2	295.9	472.8	.097	152.93
1.3	258.8	406.8	.077	175.77
1.4	320.6	487.1	.103	147.93
1.5	356.1	531.2	.098	134.07
1.6	316.2	503.9	.108	143.84
Promedios árbol 1	298.7	464.6	.092	156.24
2.1	196.3	294.5	.041	53.11
2.2	222.8	331.3	.061	79.33
2.3	216.0	330.0	.055	122.00
2.4	212.7	322.1	.059	167.10
2.5	238.0	357.0	.048	64.25
2.6	231.5	329.0	.057	38.54
Promedios árbol 2	219.6	327.3	.053	87.39
3.1	196.0	307.1	.050	189.77
3.2	253.3	420.0	.072	182.44
3.3	216.7	375.9	.081	196.54
3.4	224.7	421.3	.092	193.95
3.5	261.0	444.8	.084	176.45
3.6	210.4	293.9	.043	230.31
Promedios árbol 3	227.0	377.2	.070	194.91
4.1	208.4	348.5	.059	191.04
4.2	176.6	329.8	.043	123.73
4.3	199.5	371.0	.050	189.61
4.4	283.5	462.3	.094	176.58
4.5	275.1	481.5	.086	178.58
4.6	294.8	490.3	.075	162.34
Promedios árbol 4	239.7	413.9	.068	170.31
5.1	228.4	346.0	.043	158.94
5.2	181.5	324.2	.046	146.79
5.3	245.8	406.3	.083	178.87
5.4	167.8	286.7	.046	189.50
5.5	257.3	423.3	.079	189.40
5.6	167.9	245.5	.041	182.64
Promedios árbol 5	208.1	338.7	.056	174.36
Promedio Total	238.6	384.3	.068	156.64
Desviac. Standard	47.0	75.1	.021	45.69
Coef. Variación	19.6	19.5	30.747	29.17

11.1.4 Ensayo de Flexión Estática en Madera

Especie Rudis

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	244.5	386.0	.071	182.88
1.2	295.9	472.8	.097	152.93
1.3	258.8	406.8	.077	175.77
1.4	320.6	487.1	.103	147.93
1.5	356.1	531.2	.098	134.07
1.6	316.2	503.9	.108	143.84
Promedios árbol 1	298.7	464.6	.092	156.24
2.1	196.3	294.5	.041	53.11
2.2	222.8	331.3	.061	79.33
2.3	216.0	330.0	.055	122.00
2.4	212.7	322.1	.059	167.10
2.5	238.0	357.0	.048	64.25
2.6	231.5	329.0	.057	38.54
Promedios árbol 2	219.6	327.3	.053	87.39
3.1	196.0	307.1	.050	189.77
3.2	253.3	420.0	.072	182.44
3.3	216.7	375.9	.081	196.54
3.4	224.7	421.3	.092	193.95
3.5	261.0	444.8	.084	176.45
3.6	210.4	293.9	.043	230.31
Promedios árbol 3	227.0	377.2	.070	194.91
4.1	208.4	348.5	.059	191.04
4.2	176.6	329.8	.043	123.73
4.3	199.5	371.0	.050	189.61
4.4	283.5	462.3	.094	176.58
4.5	275.1	481.5	.086	178.58
4.6	294.8	490.3	.075	162.34
Promedios árbol 4	239.7	413.9	.068	170.31
5.1	228.4	346.0	.043	158.94
5.2	181.5	324.2	.046	146.79
5.3	245.8	406.3	.083	178.87
5.4	167.8	286.7	.046	189.50
5.5	257.3	423.3	.079	189.40
5.6	167.9	245.5	.041	182.64
Promedios árbol 5	208.1	338.7	.056	174.36
Promedio Total	238.6	384.3	.068	156.64
Desviac. Standard	47.0	75.1	.021	45.69
Coef. Variación	19.6	19.5	30.747	29.17

11.1.4 Ensayo de Flexión Estática en Madera

Especie Ayacahuite

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	porciento
1.1	264.0	444.0	.074	87.44
1.2	269.7	463.2	.088	94.48
1.3	286.8	445.9	.091	98.42
1.4	273.9	470.3	.068	76.15
1.5	297.1	507.0	.091	60.90
1.6	291.3	449.7	.097	85.42
Promedios árbol 1	280.5	463.4	.085	83.80
2.1	229.8	389.4	.079	124.28
2.2	223.6	394.4	.087	193.75
2.3	225.4	409.3	.078	106.48
2.4	230.6	382.3	.075	92.83
2.5	276.6	421.6	.053	102.66
2.6	234.2	388.3	.079	159.56
Promedios árbol 2	236.7	397.5	.075	129.93
3.1	260.8	434.8	.044	104.40
3.2	263.9	414.7	.049	94.27
3.3	257.8	509.6	.078	105.72
3.4	237.2	382.5	.070	93.08
3.5	261.5	412.9	.044	98.90
3.6	308.8	585.4	.082	90.70
Promedios árbol 3	265.0	456.7	.061	97.85
4.1	295.9	521.1	.094	63.45
4.2	291.3	468.7	.038	113.03
4.3	297.1	520.0	.100	58.84
4.4	294.7	461.4	.077	171.87
4.5	280.8	395.7	.039	127.03
4.6	300.6	496.7	.081	72.23
Promedios árbol 4	293.4	477.3	.071	101.08
5.1	281.3	437.3	.076	121.62
5.2	290.2	482.6	.090	144.70
5.3	286.9	567.8	.103	34.49
5.4	279.2	452.1	.082	64.55
5.5	300.5	522.7	.088	98.91
5.6	313.2	563.1	.091	45.81
Promedios árbol 5	291.9	504.3	.088	85.01
Promedio Total	273.5	459.8	.076	99.53
Desviac. Standard	26.2	57.7	.018	35.50
Coef. Variación	9.5	12.5	23.796	35.67

11.1.4 Ensayo de Flexión Estática en Madera

Especie Montezumae

	Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
	1.1	459.3	761.1	.116	113.01
	1.2	384.5	567.1	.098	128.46
	1.3	311.2	476.6	.080	165.77
	1.4	447.0	738.2	.113	69.97
	1.5	340.7	678.3	.099	95.88
	1.6	387.5	623.3	.120	149.25
Promedios árbol	1	388.4	640.8	.104	120.39
	2.1	339.8	643.8	.135	86.45
	2.2	321.6	582.2	.112	128.67
	2.3	329.3	642.8	.110	131.00
	2.4	354.3	606.9	.121	123.07
	2.5	357.4	635.1	.129	129.45
	2.6	325.5	572.8	.105	146.38
Promedios árbol	2	338.0	613.9	.119	124.17
	3.1	342.5	587.2	.100	141.05
	3.2	334.7	532.0	.095	149.48
	3.3	360.2	579.0	.074	116.80
	3.4	358.6	567.8	.090	113.57
	3.5	369.1	550.7	.080	141.07
	3.6	330.3	504.6	.086	166.45
Promedios árbol	3	349.2	553.5	.087	138.07
	4.1	359.9	626.6	.105	117.44
	4.2	360.2	620.8	.107	134.48
	4.3	314.9	469.2	.067	154.84
	4.4	325.5	585.9	.090	110.04
	4.5	383.5	677.9	.128	129.24
	4.6	325.5	589.1	.101	121.23
Promedios árbol	4	344.9	594.9	.100	127.88
	5.1	275.3	430.1	.051	174.20
	5.2	235.2	359.4	.052	208.30
	5.3	277.5	416.3	.038	170.51
	5.4	293.7	482.5	.080	186.26
	5.5	238.0	472.8	.088	178.17
	5.6	307.8	562.1	.108	136.16
Promedios árbol	5	271.3	453.9	.070	175.60
Promedio Total		338.4	571.4	.096	137.22
Desviac. Standard		49.1	91.7	.023	30.10
Coef. Variación		14.5	16.0	24.428	21.93

11.1.4 Ensayo de Flexión Estática en Madera

Especie Caribaea

Muestra	Lim. elást. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elást. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	458.6	816.8	.142	43.57
1.2	476.3	759.2	.125	57.56
1.3	480.0	852.0	.145	75.34
1.4	484.5	827.2	.132	78.18
1.5	482.7	756.4	.128	69.19
1.6	479.0	803.2	.134	56.33
Promedios árbol 1	476.8	802.5	.134	63.36
2.1	544.0	826.2	.136	89.31
2.2	493.3	809.9	.120	66.02
2.3	416.3	686.9	.106	94.17
2.4	416.6	688.7	.118	56.46
2.5	373.3	646.6	.099	73.28
2.6	522.0	776.3	.113	60.65
Promedios árbol 2	460.9	739.1	.115	73.32
3.1	593.6	809.5	.131	72.44
3.2	361.4	712.7	.114	70.00
3.3	423.3	641.5	.096	72.27
3.4	370.3	641.5	.066	68.87
3.5	436.5	810.1	.075	46.25
3.6	401.5	692.7	.117	67.19
Promedios árbol 3	431.1	718.0	.100	66.17
4.1	490.1	866.6	.130	71.30
4.2	534.1	916.5	.133	75.68
4.3	422.4	757.8	.126	69.20
4.4	480.0	768.0	.126	76.48
4.5	493.5	849.9	.133	80.17
4.6	486.0	798.1	.122	74.66
Promedios árbol 4	484.3	826.2	.128	74.58
5.1	504.7	795.0	.149	100.13
5.2	456.0	728.4	.132	64.89
5.3	366.9	504.6	.099	97.41
5.4	498.8	735.1	.135	40.68
5.5	445.5	705.4	.113	95.24
5.6	527.0	734.5	.108	31.48
Promedios árbol 5	466.5	700.5	.123	71.64
Promedio Total	463.9	757.2	.120	69.81
Desviac. Standard	56.5	84.1	.019	16.44
Coef. Variación	12.1	11.1	15.799	23.55

11.1.4 Ensayo de Flexión Estática en Madera

Especie Tenuifolia

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elást. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	319.9	573.2	.113	145.47
1.2	254.3	569.0	.120	156.43
1.3	306.4	622.4	.131	133.75
1.4	342.7	599.8	.124	143.57
1.5	342.6	609.4	.117	133.97
1.6	343.9	627.0	.131	132.83
Promedios árbol 1	318.3	600.1	.123	141.00
2.1	241.8	423.2	.084	316.68
2.2	284.7	450.8	.065	286.41
2.3	240.7	361.0	.071	227.85
2.4	293.1	483.4	.083	61.72
2.5	300.6	454.2	.100	207.03
2.6	245.4	452.1	.088	141.14
Promedios árbol 2	267.7	437.5	.082	206.81
3.1	284.1	500.5	.110	155.19
3.2	237.1	382.0	.069	197.37
3.3	313.8	533.6	.107	142.67
3.4	276.8	480.9	.083	135.68
3.5	365.7	580.5	.088	119.31
3.6	287.4	510.5	.101	138.04
Promedios árbol 3	294.2	498.0	.093	148.04
4.1	391.5	669.8	.117	137.83
4.2	261.0	516.0	.079	180.91
4.3	292.6	492.9	.084	116.46
4.4	365.0	668.1	.127	160.19
4.5	315.6	515.9	.080	162.44
4.6	298.1	540.4	.101	168.05
Promedios árbol 4	320.6	567.2	.098	154.31
5.1	295.9	463.2	.091	163.41
5.2	308.8	514.6	.122	139.06
5.3	318.7	504.6	.093	153.16
5.4	314.9	495.4	.087	151.63
5.5	251.3	353.8	.079	143.69
5.6	306.6	573.2	.123	134.73
Promedios árbol 5	299.4	484.1	.099	147.62
Promedio Total	300.0	517.4	.099	159.56
Desviac. Standard	39.4	82.2	.020	48.69
Coef. Variación	13.1	15.8	20.146	30.51

11.1.4 Ensayo de Flexión Estática en Madera

Especie Strobilus ch.

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	251.8	384.7	.055	124.48
1.2	209.9	377.2	.063	238.77
1.3	236.2	344.4	.055	248.75
1.4	226.6	379.9	.060	190.23
1.5	223.0	360.8	.052	244.80
1.6	251.8	402.3	.061	137.45
Promedios árbol 1	233.2	374.9	.058	197.41
2.1	305.2	556.3	.056	69.83
2.2	276.5	408.5	.049	93.64
2.3	284.2	519.9	.048	82.19
2.4	276.5	370.8	.071	111.86
2.5	271.2	445.6	.074	54.74
2.6	271.2	435.9	.052	85.77
Promedios árbol 2	280.8	456.2	.059	83.01
3.1	247.3	442.7	.083	189.04
3.2	235.3	395.4	.076	157.82
3.3	257.4	399.7	.073	171.21
3.4	237.8	425.7	.074	159.27
3.5	244.4	395.6	.081	207.88
3.6	236.0	374.8	.081	139.45
Promedios árbol 3	243.0	405.6	.078	170.78
4.1	241.6	400.5	.062	181.55
4.2	230.7	406.9	.072	155.86
4.3	213.6	402.2	.070	183.99
4.4	246.5	428.4	.046	166.62
4.5	269.1	390.9	.038	90.66
4.6	261.7	412.3	.048	103.02
Promedios árbol 4	243.9	406.9	.056	146.95
5.1	254.1	375.4	.080	245.86
5.2	210.6	374.0	.073	82.64
5.3	250.1	443.6	.084	95.85
5.4	243.5	419.8	.092	68.34
5.5	231.6	437.5	.081	87.27
5.6	266.0	443.4	.078	119.03
Promedios árbol 5	242.6	415.6	.081	116.50
Promedio Total	248.7	411.8	.066	142.93
Desviac. Standard	22.5	43.8	.013	58.24
Coef. Variación	9.0	10.6	20.853	40.75

11.1.4 Ensayo de Flexión Estática en Madera

Especie Oocarpa

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elást. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	456.8	685.3	.126	124.92
1.2	398.3	687.2	.123	127.26
1.3	421.6	685.1	.138	113.63
1.4	394.9	705.3	.132	77.15
1.5	395.3	609.4	.116	118.62
1.6	409.7	717.0	.113	67.71
Promedios árbol 1	412.8	681.5	.125	104.88
2.1	495.6	814.2	.114	104.02
2.2	466.1	826.0	.145	89.61
2.3	426.0	697.7	.118	112.41
2.4	453.3	683.4	.120	86.73
2.5	426.6	686.6	.110	108.53
2.6	421.6	806.9	.117	99.16
Promedios árbol 2	448.2	752.5	.121	100.08
3.1	434.7	681.8	.109	82.53
3.2	468.5	816.5	.111	99.78
3.3	355.7	619.3	.086	80.97
3.4	388.1	702.7	.127	103.09
3.5	463.7	702.2	.117	60.13
3.6	452.5	754.2	.130	91.88
Promedios árbol 3	427.2	712.8	.113	86.40
4.1	356.0	604.0	.105	98.83
4.2	354.7	623.8	.115	131.83
4.3	418.3	669.9	.123	118.31
4.4	350.1	680.8	.125	125.77
4.5	376.1	583.6	.103	134.96
4.6	344.7	647.9	.125	130.12
Promedios árbol 4	366.6	635.0	.116	123.30
5.1	408.4	680.6	.130	97.16
5.2	413.2	854.5	.130	92.14
5.3	397.6	838.7	.119	83.26
5.4	400.5	728.3	.094	103.13
5.5	435.7	865.1	.127	69.46
5.6	406.8	810.6	.111	84.53
Promedios árbol 5	410.4	796.3	.118	88.28
Promedio Total	413.0	715.6	.119	100.59
Desviac. Standard	38.8	79.2	.012	20.32
Coef. Variación	9.4	11.0	10.378	20.20

11.1.5 Ensayo de Compresión Paralela a la Fibra en Madera

Especie Rudis

	Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
	1.1	166.3	221.7	.115	150.27
	1.2	146.6	206.8	.103	160.10
	1.3	108.5	172.0	.109	124.60
	1.4	130.9	179.5	.101	143.53
	1.5	132.0	182.4	.131	144.36
	1.6	164.3	220.7	.100	147.47
Promedios árbol	1	141.4	197.2	.110	145.05
	2.1	141.6	173.6	.055	185.18
	2.2	104.9	167.9	.073	116.60
	2.3	103.5	144.2	.077	60.84
	2.4	97.0	146.3	.070	51.21
	2.5	136.7	172.5	.067	173.12
	2.6	134.6	151.1	.073	65.90
Promedios árbol	2	119.7	159.3	.069	108.81
	3.1	124.7	167.6	.121	191.10
	3.2	122.5	172.3	.082	194.28
	3.3	145.1	182.2	.094	192.00
	3.4	107.6	169.9	.102	198.74
	3.5	94.1	149.7	.105	186.30
	3.6	140.3	173.0	.100	179.57
Promedios árbol	3	122.4	169.1	.101	190.33
	4.1	156.9	204.9	.086	187.49
	4.2	169.0	207.6	.088	150.85
	4.3	123.4	209.0	.110	187.53
	4.4	146.0	192.2	.110	204.27
	4.5	150.4	208.3	.114	155.86
	4.6	133.0	195.6	.086	187.74
Promedios árbol	4	146.5	202.9	.099	178.96
	5.1	143.4	165.7	.096	185.28
	5.2	134.6	181.7	.102	183.62
	5.3	139.7	186.0	.074	188.71
	5.4	102.1	157.1	.122	177.62
	5.5	146.0	195.5	.092	196.08
	5.6	144.5	195.1	.125	190.58
Promedios árbol	5	135.0	180.2	.102	186.98
Promedio Total		133.0	181.7	.096	162.03
Desviac. Standard		20.6	21.5	.018	41.42
Coef. Variación		15.4	11.8	19.646	25.56

11.1.5 Ensayo de Compresión Paralela a la Fibra en Madera

Especie Ayacahuite

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	173.4	220.1	.096	132.51
1.2	169.4	226.9	.063	98.04
1.3	157.1	177.7	.086	110.52
1.4	147.0	220.6	.051	101.54
1.5	169.1	235.6	.071	104.61
1.6	168.4	218.3	.078	105.15
Promedios árbol 1	164.1	216.5	.074	108.73
2.1	129.9	170.4	.092	175.16
2.2	126.2	175.9	.098	167.94
2.3	164.0	197.2	.079	71.20
2.4	145.5	197.2	.086	117.09
2.5	161.1	196.4	.086	57.26
2.6	161.4	206.8	.115	96.19
Promedios árbol 2	148.0	190.6	.093	114.14
3.1	183.1	224.3	.046	94.41
3.2	152.8	195.6	.074	130.97
3.3	154.7	183.3	.068	114.26
3.4	161.7	198.3	.048	106.85
3.5	136.7	174.0	.077	104.43
3.6	161.1	214.1	.095	117.96
Promedios árbol 3	158.4	198.3	.068	111.48
4.1	182.5	234.9	.089	107.04
4.2	214.7	258.0	.132	102.02
4.3	186.0	227.8	.096	111.09
4.4	190.4	235.3	.099	89.69
4.5	166.3	216.6	.122	122.35
4.6	183.6	211.5	.105	115.44
Promedios árbol 4	187.2	230.7	.107	107.94
5.1	172.7	222.3	.093	67.19
5.2	171.7	209.8	.098	73.99
5.3	173.4	219.0	.121	60.10
5.4	151.7	209.3	.097	71.04
5.5	171.1	209.2	.061	51.13
5.6	173.4	208.8	.080	77.53
Promedios árbol 5	169.0	213.1	.092	66.83
Promedio Total	165.0	209.8	.087	101.82
Desviac. Standard	18.3	20.5	.021	28.78
Coef. Variación	11.0	9.7	24.442	28.26

11.1.5 Ensayo de Compresión Paralela a la Fibra en Madera

Especie Montezumae

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elást, kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	267.1	340.2	.087	86.23
1.2	230.6	296.6	.149	88.74
1.3	245.0	281.4	.124	140.58
1.4	263.5	330.9	.081	59.06
1.5	188.9	275.1	.112	147.05
1.6	225.1	338.9	.078	95.79
Promedios árbol 1	236.7	310.5	.105	102.91
2.1	195.8	318.3	.157	114.36
2.2	224.0	327.2	.184	115.44
2.3	244.5	310.4	.131	116.97
2.4	177.2	231.1	.100	143.57
2.5	161.4	224.9	.109	137.54
2.6	176.5	230.6	.104	128.77
Promedios árbol 2	196.6	273.7	.131	126.11
3.1	123.7	211.9	.045	31.00
3.2	190.0	259.4	.081	85.09
3.3	182.1	268.5	.091	123.69
3.4	210.0	278.1	.116	122.38
3.5	180.3	256.8	.090	74.95
3.6	163.7	225.3	.040	40.91
Promedios árbol 3	175.0	250.0	.077	79.67
4.1	239.0	294.0	.132	129.11
4.2	231.0	288.8	.129	129.73
4.3	190.0	250.2	.084	158.11
4.4	193.5	258.8	.093	131.92
4.5	224.8	298.7	.126	130.15
4.6	219.4	256.8	.093	154.85
Promedios árbol 4	216.3	274.6	.110	138.98
5.1	219.0	261.6	.105	146.70
5.2	192.0	250.0	.120	156.23
5.3	182.5	244.8	.091	149.35
5.4	214.2	271.0	.148	153.38
5.5	174.9	243.7	.106	159.50
5.6	216.8	260.6	.112	151.90
Promedios árbol 5	199.9	255.3	.114	152.85
Promedio Total	204.9	272.8	.107	120.10
Desviac. Standard	32.2	35.4	.030	35.07
Coef. Variación	15.7	12.9	28.435	29.20

11.1.5 Ensayo de Compresión Paralela a la Fibra en Madera

Especie Caribaea

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	224.7	319.6	.145	87.57
1.2	264.5	368.4	.122	74.07
1.3	234.8	326.7	.138	75.96
1.4	260.3	303.7	.147	70.65
1.5	209.2	305.3	.132	66.74
1.6	228.7	366.8	.197	73.45
Promedios árbol 1	237.0	331.8	.147	74.74
2.1	213.8	301.7	.135	69.58
2.2	214.7	318.4	.170	81.53
2.3	237.1	336.3	.158	77.53
2.4	219.5	320.7	.134	78.68
2.5	229.7	324.7	.121	83.50
2.6	181.8	276.2	.103	81.34
Promedios árbol 2	216.1	313.0	.137	78.66
3.1	171.1	283.9	.083	74.16
3.2	228.7	287.9	.118	82.75
3.3	249.4	322.3	.119	81.51
3.4	196.8	320.0	.147	82.56
3.5	240.7	337.4	.119	83.05
3.6	236.6	314.3	.115	82.39
Promedios árbol 3	220.6	311.0	.117	81.07
4.1	260.8	328.4	.263	96.82
4.2	226.9	359.6	.161	101.68
4.3	267.1	331.2	.152	105.33
4.4	263.5	372.7	.193	105.99
4.5	223.4	335.9	.171	108.07
4.6	287.3	376.6	.179	78.55
Promedios árbol 4	254.8	350.7	.186	99.41
5.1	267.1	346.9	.120	45.37
5.2	246.5	316.1	.164	61.09
5.3	222.6	306.5	.153	54.87
5.4	222.2	315.0	.216	51.53
5.5	269.3	292.6	.144	48.58
5.6	244.0	288.1	.131	62.31
Promedios árbol 5	245.3	310.9	.155	53.96
Promedio Total	234.8	323.5	.148	77.57
Desviac. Standard	26.4	26.6	.036	16.18
Coef. Variación	11.2	8.2	24.292	20.86

11.1.5 Ensayo de Compresión Paralela a la Fibra en Madera

Especie Tenuifolia

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	227.5	292.0	.126	131.60
1.2	253.4	294.0	.124	135.31
1.3	180.6	237.8	.136	128.89
1.4	219.1	294.6	.125	120.02
1.5	179.9	236.5	.112	170.63
1.6	180.2	237.1	.112	162.45
Promedios árbol 1	206.8	265.3	.123	141.48
2.1	184.9	241.1	.087	148.16
2.2	186.3	257.4	.145	157.97
2.3	162.1	235.0	.126	165.04
2.4	145.5	231.3	.223	151.99
2.5	162.1	240.8	.119	173.88
2.6	146.0	218.3	.080	165.01
Promedios árbol 2	164.5	237.3	.130	160.34
3.1	158.2	221.9	.084	151.18
3.2	144.5	228.1	.145	159.02
3.3	155.7	233.1	.072	155.15
3.4	157.3	264.5	.120	123.83
3.5	186.6	276.2	.096	121.20
3.6	171.4	232.6	.142	161.84
Promedios árbol 3	162.3	242.7	.110	145.37
4.1	257.7	280.4	.101	178.18
4.2	208.4	279.4	.144	177.69
4.3	237.4	281.8	.131	166.03
4.4	222.5	284.3	.115	171.81
4.5	216.8	287.5	.089	166.92
4.6	231.0	292.8	.077	174.83
Promedios árbol 4	229.0	284.4	.109	172.58
5.1	188.9	249.5	.147	144.30
5.2	149.0	207.0	.111	179.33
5.3	147.2	253.0	.145	136.71
5.4	181.4	220.1	.129	141.44
5.5	186.7	248.9	.136	126.47
5.6	132.0	205.0	.113	182.30
Promedios árbol 5	164.2	230.6	.130	151.76
Promedio Total	185.3	252.1	.120	154.31
Desviac. Standard	34.5	27.9	.029	19.22
Coef. Variación	18.6	11.0	24.470	12.45

11.1.5 Ensayo de Compresión Paralela a la Fibra en Madera

Especie Strobilus ch.

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	106.3	162.7	.074	219.56
1.2	90.3	149.0	.058	201.28
1.3	106.9	169.1	.072	234.34
1.4	105.0	171.3	.086	210.29
1.5	98.1	157.8	.051	174.20
1.6	82.2	128.3	.035	206.38
Promedios árbol 1	98.1	156.4	.063	207.68
2.1	177.2	204.1	.088	77.89
2.2	187.4	229.2	.083	73.03
2.3	176.5	208.3	.135	46.68
2.4	181.0	213.3	.098	119.91
2.5	144.9	205.9	.088	82.74
2.6	163.4	212.4	.080	109.47
Promedios árbol 2	171.7	212.2	.095	84.95
3.1	144.8	179.8	.080	100.84
3.2	166.3	228.9	.076	152.04
3.3	143.1	192.0	.074	159.01
3.4	88.0	183.6	.077	105.93
3.5	149.5	233.0	.084	165.14
3.6	155.7	182.3	.081	95.93
Promedios árbol 3	141.2	199.9	.079	129.81
4.1	128.0	171.2	.066	120.71
4.2	154.7	204.8	.076	148.78
4.3	155.4	195.0	.061	136.30
4.4	136.0	195.2	.063	71.21
4.5	139.3	203.6	.081	141.92
4.6	145.1	207.6	.100	115.09
Promedios árbol 4	143.1	196.2	.075	122.34
5.1	129.1	189.9	.119	62.72
5.2	163.7	204.0	.095	75.96
5.3	130.2	176.1	.076	73.31
5.4	157.7	193.7	.080	58.97
5.5	142.4	198.6	.124	56.00
5.6	160.5	205.6	.144	76.59
Promedios árbol 5	147.3	194.7	.101	67.26
Promedio Total	140.3	191.9	.083	122.41
Desviac. Standard	28.8	24.0	.021	54.34
Coef. Variación	20.5	12.5	25.602	44.39

11.1.5 Ensayo de Compresión Paralela a la Fibra en Madera

Especie Oocarpa

Muestra	Lim. elast. kg/cm ²	Mod. rupt. kg/cm ²	Mod. elast. kg/cm ² x 10 ⁶	Humedad por ciento
1.1	236.2	323.6	.115	117.10
1.2	260.3	320.6	.124	115.43
1.3	216.8	339.4	.070	96.03
1.4	293.0	344.1	.144	108.32
1.5	246.5	341.1	.132	112.25
1.6	221.7	339.4	.081	70.88
Promedios árbol 1	245.8	334.7	.111	103.34
2.1	260.8	318.5	.118	112.10
2.2	276.1	331.3	.115	80.30
2.3	203.0	287.0	.106	128.63
2.4	217.0	289.0	.091	74.59
2.5	272.3	353.2	.111	112.09
2.6	252.9	354.5	.118	87.33
Promedios árbol 2	247.0	322.3	.110	99.17
3.1	168.6	221.6	.089	138.27
3.2	177.7	272.7	.101	121.30
3.3	236.7	314.2	.122	97.85
3.4	195.5	294.8	.087	103.72
3.5	150.1	222.1	.098	92.31
3.6	233.8	293.5	.115	125.64
Promedios árbol 3	193.7	269.8	.102	113.18
4.1	215.1	291.6	.140	131.21
4.2	209.6	303.2	.138	102.85
4.3	248.9	336.1	.172	126.46
4.4	244.8	336.7	.144	124.36
4.5	202.0	298.1	.156	122.92
4.6	251.5	331.4	.135	119.55
Promedios árbol 4	228.7	316.2	.147	121.22
5.1	276.4	330.4	.108	71.32
5.2	250.4	340.5	.115	87.39
5.3	231.8	360.9	.112	50.06
5.4	233.8	311.2	.089	118.80
5.5	211.7	304.2	.122	123.51
5.6	263.8	367.7	.095	74.01
Promedios árbol 5	244.7	335.8	.107	87.52
Promedio Total	232.0	315.8	.115	104.89
Desviac. Standard	33.3	35.0	.023	22.04
Coef. Variación	14.3	11.0	19.926	21.01

11.1.6 Ensayo de Compresión Perpendicular en Madera

Especie Rudis

	Muestra	Sent. rad. kg/cm ³	Humedad por ciento	Sent. tang. kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	69.8	123.254		
	1.2	46.5	155.383		
	1.3	58.5	103.431		
	1.4			43.9	165.111
	1.5			39.7	160.548
	1.6			45.3	128.110
Promedios árbol	1	58.3	127.356	43.0	151.256
	2.1	33.8	134.750		
	2.2	29.5	90.461		
	2.3	33.2	50.891		
	2.4			24.2	93.409
	2.5			24.7	56.518
	2.6			29.2	115.307
Promedios árbol	2	32.2	92.034	26.0	88.412
	3.1	40.4	188.127		
	3.2	35.8	200.741		
	3.3	40.5	188.322		
	3.4			41.0	188.038
	3.5			42.8	188.053
	3.6			37.8	194.779
Promedios árbol	3	38.9	192.397	40.5	190.290
	4.1	45.3	178.346		
	4.2	42.7	164.132		
	4.3	40.5	184.867		
	4.4			44.4	184.740
	4.5			40.2	195.127
	4.6			44.2	199.085
Promedios árbol	4	42.8	175.782	42.9	192.984
	5.1	33.2	186.612		
	5.2	35.5	186.384		
	5.3	38.8	195.327		
	5.4			32.4	187.479
	5.5			47.8	130.821
	5.6			46.4	190.371
Promedios árbol	5	35.8	189.441	42.2	169.557
Promedio Total		41.6	155.402	38.9	158.500
Desviac. Standard		29.0	45.126	7.7	43.781
Coef. Variación		25.2	29.038	19.8	27.622

11.1.6 Ensayo de Compresión Perpendicular en Madera

Especie Ayacahuite

Muestra	Sent. rad. kg/cm ²	Humedad por ciento	Sent. tang. kg/cm ²	Humedad por ciento
1.1	43.5	104.693		
1.2	43.8	110.967		
1.3	54.7	78.748		
1.4			49.6	93.717
1.5			54.7	78.653
1.6			57.9	77.639
Promedios árbol 1	47.3	98.136	54.1	83.336
2.1	39.9	221.767		
2.2	41.1	67.953		
2.3	43.3	173.923		
2.4			37.6	93.118
2.5			34.6	98.474
2.6			26.8	66.890
Promedios árbol 2	41.4	154.548	33.0	86.161
3.1	75.9	80.579		
3.2	80.7	80.276		
3.3	84.4	69.343		
3.4			70.2	99.027
3.5			69.9	98.600
3.6			86.9	95.173
Promedios árbol 3	80.3	76.733	75.7	97.600
4.1	50.7	84.413		
4.2	51.3	94.372		
4.3	62.3	122.763		
4.4			53.3	125.155
4.5			44.2	102.205
4.6			47.4	121.146
Promedios árbol 4	54.8	100.516	48.3	116.169
5.1	61.5	89.483		
5.2	62.5	78.671		
5.3	63.9	61.920		
5.4			56.4	51.715
5.5			47.9	51.258
5.6			52.0	58.749
Promedios árbol 5	62.6	76.692	52.1	53.907
Promedio Total	57.3	101.325	52.6	87.435
Desviac. Standard	42.8	43.425	15.0	22.823
Coef. Variación	25.3	42.857	28.5	26.103

11.1.6 Ensayo de Compresión Perpendicular en Madera

Especie Montezumae

	Muestra	Sent. rad. kg/cm ²	Humedad por ciento	Sent. tang. kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	69.0	97.944		
	1.2	95.5	106.183		
	1.3	113.1	60.963		
	1.4			85.9	120.084
	1.5			107.8	90.000
	1.6			84.5	122.087
Promedios árbol	1	92.5	88.363	92.7	110.723
	2.1	80.2	112.837		
	2.2	74.4	138.095		
	2.3	84.8	112.721		
	2.4			98.0	112.493
	2.5			82.6	54.172
	2.6			95.7	77.033
Promedios árbol	2	79.8	121.217	92.1	81.233
	3.1	68.0	113.200		
	3.2	61.2	111.099		
	3.3	73.1	109.601		
	3.4			77.4	83.621
	3.5			68.5	77.277
	3.6			87.9	110.205
Promedios árbol	3	67.4	111.300	77.9	90.368
	4.1	69.2	133.846		
	4.2	64.3	133.067		
	4.3	67.8	132.729		
	4.4			83.2	128.358
	4.5			85.3	136.353
	4.6			77.8	124.087
Promedios árbol	4	67.1	133.214	82.1	129.599
	5.1	63.3	92.451		
	5.2	61.3	154.539		
	5.3	59.4	94.740		
	5.4			65.0	107.864
	5.5			72.1	152.605
	5.6			68.5	148.899
Promedios árbol	5	61.3	113.910	68.6	136.456
Promedio Total		73.6	113.601	82.7	109.676
Desviac. Standard		20.1	22.879	11.8	28.265
Coef. Variación		19.9	20.139	14.2	25.772

11.1.6 Ensayo de Compresión Perpendicular en Madera

Especie Caribaea

	Muestra	Sent. rad. kg/cm ²	Humedad por ciento	Sent. tang. kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	64.6	75.869		
	1.2	61.9	89.441		
	1.3	78.4	76.440		
	1.4			105.5	86.266
	1.5			92.2	88.650
	1.6			108.5	85.856
Promedios árbol	1	68.3	80.583	102.1	86.924
	2.1	84.0	58.738		
	2.2	84.9	82.126		
	2.3	86.5	53.458		
	2.4			118.1	92.031
	2.5			101.4	86.969
	2.6			117.6	72.038
Promedios árbol	2	85.1	64.774	112.3	83.679
	3.1	72.8	86.623		
	3.2	106.6	75.102		
	3.3	116.9	82.868		
	3.4			110.0	97.640
	3.5			158.1	84.549
	3.6			112.8	90.641
Promedios árbol	3	98.8	81.531	127.0	90.943
	4.1	81.8	81.152		
	4.2	81.8	78.404		
	4.3	90.8	84.975		
	4.4			118.8	91.905
	4.5			139.5	86.901
	4.6			126.0	58.314
Promedios árbol	4	84.8	81.510	128.1	79.040
	5.1	58.6	94.643		
	5.2	73.0	105.518		
	5.3	55.8	94.982		
	5.4			100.1	126.510
	5.5			96.4	118.659
	5.6			108.1	132.740
Promedios árbol	5	62.5	98.381	101.6	125.969
Promedio Total		79.9	81.356	114.2	93.311
Desviac. Standard		16.2	13.221	17.0	19.440
Coef. Variación		21.1	16.250	14.9	20.834

11.1.6 Ensayo de Compresión Perpendicular en Madera

Especie Tenuifolia

	Muestra	Sent. rad. kg/cm ²	Humedad por ciento	Sent. tang. kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	73.3	127.397		
	1.2	69.1	124.010		
	1.3	82.2	126.514		
	1.4			66.4	72.938
	1.5			70.3	139.644
	1.6			70.8	141.141
Promedios árbol	1	74.9	125.974	69.2	117.908
	2.1	46.3	187.948		
	2.2	49.5	177.083		
	2.3	50.5	195.548		
	2.4			48.2	206.542
	2.5			60.4	180.687
	2.6			56.0	190.942
Promedios árbol	2	48.8	186.860	54.9	192.724
	3.1	52.5	100.067		
	3.2	60.4	103.504		
	3.3	57.2	119.128		
	3.4			34.3	108.269
	3.5			78.7	119.538
	3.6			69.7	115.969
Promedios árbol	3	56.7	107.566	60.9	114.592
	4.1	83.3	172.555		
	4.2	60.0	184.879		
	4.3	63.6	165.205		
	4.4			78.7	197.424
	4.5			63.5	175.299
	4.6			70.6	206.365
Promedios árbol	4	68.9	174.213	70.9	193.029
	5.1	44.4	138.083		
	5.2	44.8	132.507		
	5.3	44.0	136.106		
	5.4			63.2	106.081
	5.5			58.2	140.672
	5.6			55.1	147.339
Promedios árbol	5	44.4	135.565	58.8	131.364
Promedio Total		58.7	146.036	62.9	149.923
Desviac. Standard		21.6	31.573	11.6	41.279
Coef. Variación		22.5	21.620	18.5	27.533

11.1.6 Ensayo de Compresión Perpendicular en Madera

Especie Strobos ch.

Muestra	Sent. rad. kg/cm ²	Humedad por ciento	Sent. tang. kg/cm ²	Humedad por ciento
1.1	51.0	209.685		
1.2	55.6	222.604		
1.3	47.5	235.193		
1.4			40.2	218.410
1.5			43.6	212.613
1.6			59.6	154.576
Promedios árbol 1	51.3	222.494	47.8	195.199
2.1	45.3	80.872		
2.2	54.3	70.336		
2.3	56.9	65.882		
2.4			49.1	59.202
2.5			44.0	73.271
2.6			54.8	80.028
Promedios árbol 2	52.2	72.363	49.3	70.834
3.1	46.2	88.154		
3.2	58.3	166.666		
3.3	44.6	137.103		
3.4			56.5	92.720
3.5			44.1	124.666
3.6			70.0	167.446
Promedios árbol 3	49.7	130.641	56.9	128.278
4.1	93.4	89.269		
4.2	49.8	151.775		
4.3	54.7	111.478		
4.4			77.0	115.070
4.5			76.4	117.552
4.6			69.2	111.339
Promedios árbol 4	65.9	117.507	74.2	114.654
5.1	43.7	85.461		
5.2	49.0	71.359		
5.3	51.9	79.435		
5.4			37.2	88.452
5.5			39.8	89.053
5.6			40.6	68.355
Promedios árbol 5	48.2	78.752	39.2	81.953
Promedio Total	53.5	124.351	53.5	118.184
Desviac. Standard	47.6	59.280	13.9	49.733
Coef. Variación	22.3	47.671	26.1	42.081

11.1.6 Ensayo de Compresión Perpendicular en Madera

Especie Oocarpa

	Muestra	Sent. rad. kg/cm ²	Humedad por ciento	Sent. tang. kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	89.0	120.966		
	1.2	77.0	120.021		
	1.3	91.4	121.406		
	1.4			94.1	153.372
	1.5			81.3	116.993
	1.6			100.4	103.723
Promedios árbol	1	85.8	120.797	91.9	124.696
	2.1	84.1	118.595		
	2.2	76.4	81.161		
	2.3	93.0	112.745		
	2.4			92.9	111.025
	2.5			99.3	92.311
	2.6			109.2	112.684
Promedios árbol	2	84.5	104.167	100.5	105.340
	3.1	74.4	76.685		
	3.2	72.0	118.336		
	3.3	83.6	112.426		
	3.4			98.4	97.468
	3.5			85.9	98.778
	3.6			68.1	142.857
Promedios árbol	3	76.7	102.483	84.2	113.034
	4.1	73.4	123.320		
	4.2	69.3	135.580		
	4.3	79.6	152.322		
	4.4			80.4	125.214
	4.5			83.2	127.877
	4.6			86.5	125.527
Promedios árbol	4	74.1	137.074	83.4	126.206
	5.1	119.0	87.105		
	5.2	95.8	99.647		
	5.3	120.6	90.723		
	5.4			118.6	91.837
	5.5			120.3	88.967
	5.6			117.8	87.767
Promedios árbol		111.8	92.492	118.9	89.524
Promedio Total		86.6	111.403	95.8	111.760
Desviac. Standard		18.6	20.780	15.5	20.116
Coef. Variación		18.1	18.653	16.2	17.999

11.1.7 Ensayo de Corte Paralelo en Madera

Especie Rudis

	Muestra	Esf. máximo kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	57.0	151.62
	1.2	60.9	119.32
	1.3	60.8	104.08
	1.4	61.1	156.00
	1.5	69.4	143.14
	1.6	62.0	142.05
Promedios árbol	1	58.5	136.03
	2.1	42.1	46.92
	2.2	43.0	49.24
	2.3	45.4	23.90
	2.4	43.2	34.47
	2.5	39.2	39.11
	2.6	51.3	33.60
Promedios árbol	2	44.0	37.87
	3.1	49.1	180.26
	3.2	50.2	183.84
	3.3	48.9	186.60
	3.4	46.7	180.11
	3.5	49.9	185.32
	3.6	50.9	175.88
Promedios árbol	3	49.3	182.00
	4.1	43.2	182.47
	4.2	42.9	189.48
	4.3	41.8	196.35
	4.4	39.0	210.86
	4.5	40.9	193.09
	4.6	40.4	191.10
Promedios árbol	4	41.4	193.89
	5.1	41.7	188.80
	5.2	47.7	189.69
	5.3	46.1	198.09
	5.4	48.0	186.78
	5.5	45.0	189.69
	5.6	46.2	177.32
Promedios árbol	5	45.8	188.39
Promedio Total		47.8	147.64
Desviac. Standard		6.7	60.51
Coef. Variación		14.0	40.98

11.1.7 Ensayo de Corte Paralelo en Madera

Especie Ayacahuite

	Muestra	Esf. máximo kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	37.3	125.98
	1.2	49.6	61.87
	1.3	54.0	120.57
	1.4	47.1	88.33
	1.5	56.4	86.87
	1.6	53.4	138.48
Promedios árbol	1	49.6	103.69
	2.1	53.2	59.36
	2.2	47.8	72.58
	2.3	52.7	108.91
	2.4	48.2	161.97
	2.5	57.4	85.19
	2.6	45.3	179.83
Promedios árbol	2	50.8	111.31
	3.1	74.8	79.42
	3.2	56.4	115.07
	3.3	59.7	88.03
	3.4	54.8	97.67
	3.5	80.5	89.16
	3.6	63.8	110.84
Promedios árbol	3	65.0	96.70
	4.1	65.0	67.19
	4.2	63.8	88.21
	4.3	59.4	114.21
	4.4	64.5	111.93
	4.5	59.4	108.37
	4.6	61.3	94.15
Promedios árbol	4	62.2	97.34
	5.1	53.7	40.84
	5.2	61.0	85.78
	5.3	63.4	82.02
	5.4	58.2	50.92
	5.5	60.1	76.55
	5.6	61.0	64.15
Promedios árbol	5	59.6	66.71
Promedio Total		57.4	95.15
Desviac. Standard		8.5	30.80
Coef. Variación		14.8	32.37

11.1.7 Ensayo de Corte Paralelo en Madera

Especie Montezumae

	Muestra	Esf. máximo kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	71.6	107.29
	1.2	78.3	116.10
	1.3	75.9	110.89
	1.4	81.8	112.85
	1.5	77.3	113.65
	1.6	75.0	115.45
Promedios árbol	1	76.7	112.70
	2.1	64.7	90.38
	2.2	66.7	95.50
	2.3	73.6	107.45
	2.4	72.3	107.68
	2.5	66.7	109.19
	2.6	74.2	108.62
Promedios árbol	2	69.7	103.14
	3.1	66.9	136.92
	3.2	70.6	131.77
	3.3	77.1	134.80
	3.4.	66.2	90.56
	3.5	63.8	76.51
	3.6	69.2	130.17
Promedios árbol	3	69.0	116.79
	4.1	64.5	136.37
	4.2	66.1	132.33
	4.3	78.4	134.23
	4.4	60.1	140.00
	4.5	67.5	83.76
	4.6	64.8	133.98
Promedios árbol	4	66.9	126.78
	5.1	69.6	140.68
	5.2	69.2	151.31
	5.3	61.3	144.62
	5.4	72.2	144.37
	5.5	61.6	131.77
	5.6	71.2	152.88
Promedios árbol	5	67.5	144.27
Promedio Total		70.0	120.73
Desviac. Standard		5.6	20.55
Coef. Variación		8.0	17.02

11.1.7 Ensayo de Corte Paralelo en Madera

Especie Caribaea

	Muestra	Esf. máximo kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	77.5	52.38
	1.2	76.2	59.47
	1.3	84.0	77.47
	1.4	75.9	52.79
	1.5	81.1	51.10
	1.6	81.0	55.14
Promedios árbol	1	79.3	58.06
	2.1	73.4	53.21
	2.2	85.0	71.87
	2.3	80.3	76.30
	2.4	86.1	80.14
	2.5	87.5	75.58
	2.6	78.8	72.80
Promedios árbol	2	81.9	71.65
	3.1	72.9	81.66
	3.2	83.9	69.57
	3.3	80.6	61.97
	3.4	68.5	85.44
	3.5	80.4	81.83
	3.6	92.4	47.50
Promedios árbol	3	79.8	71.33
	4.1	78.3	99.12
	4.2	72.0	92.84
	4.3	80.9	96.65
	4.4	80.1	98.98
	4.5	79.5	101.86
	4.6	81.3	100.25
Promedios árbol	4	78.7	98.28
	5.1	74.7	72.48
	5.2	75.8	76.30
	5.3	76.7	81.00
	5.4	67.1	73.40
	5.5	70.3	73.98
	5.6	76.5	72.90
Promedios árbol	5	73.5	75.01
Promedio Total		78.6	74.87
Desviac. Standard		5.6	15.80
Coef. Variación		7.1	21.11

11.1.7 Ensayo de Corte Paralelo en Madera

Especie Tenuifolia

	Muestra	Esf. máximo kg/cm ²	Humedad porciento
	1.1	57.8	153.56
	1.2	57.2	164.30
	1.3	65.0	186.68
	1.4	83.2	121.42
	1.5	65.8	184.87
	1.6	77.0	187.91
Promedios árbol	1	67.7	166.46
	2.1	58.1	134.82
	2.2	60.4	166.50
	2.3	63.7	124.46
	2.4	53.5	122.54
	2.5	62.6	128.95
	2.6	62.4	147.20
Promedios árbol	2	60.1	137.41
	3.1	59.1	154.18
	3.2	60.1	154.70
	3.3	60.4	154.06
	3.4	61.8	151.57
	3.5	65.0	151.25
	3.6	64.5	142.65
Promedios árbol	3	61.8	151.40
	4.1	64.6	156.01
	4.2	70.1	161.85
	4.3	73.6	153.02
	4.4	59.6	155.82
	4.5	60.8	163.45
	4.6	80.1	163.80
Promedios árbol	4	68.1	158.99
	5.1	63.1	142.29
	5.2	63.6	141.20
	5.3	66.2	139.14
	5.4	61.8	138.77
	5.5	59.2	172.18
	5.6	56.3	173.83
Promedios árbol	5	61.7	151.23
Promedio Total		63.9	153.10
Desviac. Standard		6.8	17.85
Coef. Variación		10.7	11.66

Especie Strobus

	Muestra	Esf. máximo kg/cm ²	Humedad porciento
	1.1	45.9	195.05
	1.2	46.0	177.69
	1.3	51.1	193.39
	1.4	51.9	187.27
	1.5	51.2	159.86
	1.6	59.0	212.86
Promedios árbol	1	50.8	187.69
	2.1	58.3	103.09
	2.2	57.4	91.42
	2.3	60.7	76.90
	2.4	60.4	80.93
	2.5	60.8	72.84
	2.6	55.2	65.69
Promedios árbol	2	58.8	81.81
	3.1	67.7	176.49
	3.2	58.0	137.54
	3.3	66.1	129.75
	3.4	63.0	142.36
	3.5	61.5	176.47
	3.6	60.9	89.74
Promedios árbol	3	62.9	142.06
	4.1	60.5	108.14
	4.2	55.6	99.30
	4.3	53.1	120.08
	4.4	64.1	95.59
	4.5	64.9	72.60
	4.6	65.7	81.74
Promedios árbol	4	60.6	96.24
	5.1	44.9	116.86
	5.2	45.3	107.67
	5.3	48.1	95.97
	5.4	49.0	106.55
	5.5	52.2	97.93
	5.6	51.4	114.76
Promedios árbol	5	48.5	106.62
Promedio Total		56.3	122.88
Desviac. Standard		6.8	42.75
Coef. Variación		12.0	34.78

11.1.7 Ensayo de Corte Paralelo en Madera

Especie Oocarpa

	Muestra	Esf. máximo kg/cm ²	Humedad por ciento
	1.1	71.4	115.32
	1.2	72.2	112.58
	1.3	76.9	94.75
	1.4	70.3	110.25
	1.5	78.5	109.40
	1.6	67.1	113.02
Promedios árbol	1	72.7	109.22
	2.1	76.1	99.87
	2.2	78.1	73.86
	2.3	78.0	91.28
	2.4	89.1	102.50
	2.5	74.6	102.10
	2.6	74.5	98.64
Promedios árbol	2	78.4	94.71
	3.1	83.9	97.32
	3.2	67.0	86.17
	3.3	84.9	102.63
	3.4	81.3	98.89
	3.5	71.8	122.83
	3.6	81.6	108.33
Promedios árbol	3	78.4	102.69
	4.1	66.2	122.88
	4.2	70.2	138.24
	4.3	57.8	148.61
	4.4	59.7	132.14
	4.5	67.9	129.87
	4.6	73.7	125.28
Promedios árbol	4	65.9	132.84
	5.1	74.5	91.22
	5.2	65.0	110.44
	5.3	68.6	104.40
	5.4	64.5	102.31
	5.5	67.5	94.74
	5.6	61.6	105.99
Promedios árbol	5	67.0	101.52
Promedio Total		72.5	108.20
Desviac. Standard		7.5	16.10
Coef. Variación		10.4	14.88

11.1.8 Ensayo de Dureza en Madera

Especie Rudis

	Muestra	Sentido radial kg	Sentido tangencial kg	Extremos kg	Humedad por ciento
	1.1	195.8	180.0	212.5	150.73
	1.2	151.6	132.5	155.0	132.06
	1.3	190.8	242.5	250.0	115.26
	1.4	183.3	174.1	210.0	147.05
	1.5	148.3	138.3	175.0	140.96
	1.6	164.1	151.6	185.0	138.44
Promedio árbol	1	172.3	169.8	197.9	137.42
	2.1	100.0	84.1	112.5	43.75
	2.2	93.3	92.5	132.5	155.12
	2.3	90.8	85.8	120.0	40.72
	2.4	96.6	88.3	132.5	114.28
	2.5	113.3	87.5	127.5	59.08
	2.6	114.1	95.0	132.5	137.93
Promedio árbol	2	101.3	88.8	126.2	91.81
	3.1	139.1	124.1	155.0	195.88
	3.2	132.5	128.3	160.0	202.27
	3.3	138.3	138.3	150.0	188.15
	3.4	130.8	139.1	160.0	194.24
	3.5	140.8	139.1	145.0	204.75
	3.6	140.8	126.6	157.5	208.24
Promedio árbol	3	137.0	132.6	154.5	198.92
	4.1	164.1	141.6	187.5	184.50
	4.2	143.3	136.6	187.5	197.07
	4.3	136.6	146.6	170.0	201.92
	4.4	161.6	155.8	190.0	165.36
	4.5	141.6	147.5	182.5	187.93
	4.6	160.8	144.1	187.5	182.04
Promedio árbol	4	151.3	145.4	184.1	186.47
	5.1	126.6	133.3	182.5	185.03
	5.2	147.5	151.6	192.5	186.13
	5.3	126.6	128.3	162.5	186.56
	5.4	145.0	138.3	177.5	188.77
	5.5	142.5	155.8	170.0	190.19
	5.6	153.3	146.6	175.0	126.88
Promedio árbol	5	140.2	142.3	176.6	177.26
Promedio Total		140.4	135.8	167.9	158.38
Desviac. Standard		26.3	32.3	29.8	46.81
Coef. Variación		18.7	23.7	17.7	29.55

11.1.8 Ensayo de Dureza en Madera

Especie Ayacahuite

	Muestra	Sentido radial kg	Sentido tangencial kg	Extremos kg	Humedad porciento
	1.1	210.0	238.3	252.5	77.55
	1.2	184.1	175.0	222.5	56.60
	1.3	207.5	220.0	230.0	82.34
	1.4	189.1	211.6	257.5	58.90
	1.5	195.0	198.3	215.0	110.71
	1.6	228.3	214.1	245.0	97.75
Promedio árbol	1	202.3	209.5	237.0	80.64
	2.1	121.6	113.3	147.5	155.58
	2.2	145.8	132.5	175.0	114.71
	2.3	120.8	109.1	157.5	172.66
	2.4	141.6	120.0	167.5	93.40
	2.5	154.1	140.8	190.0	184.89
	2.6	144.1	136.6	195.0	174.90
Promedio árbol	2	138.0	125.4	172.0	149.36
	3.1	145.0	135.0	190.0	137.62
	3.2	270.8	295.8	350.0	75.52
	3.3	145.8	142.5	200.0	126.12
	3.4	142.5	138.3	200.0	135.93
	3.5	243.3	325.0	350.0	72.99
	3.6	245.8	304.1	350.0	75.13
Promedio árbol	3	198.8	223.4	273.3	103.89
	4.1	205.8	240.0	275.0	86.34
	4.2	201.6	237.5	300.0	87.09
	4.3	174.1	169.1	225.0	111.74
	4.4	190.8	238.3	267.5	90.23
	4.5	170.0	162.5	212.5	113.31
	4.6	165.0	157.5	205.0	115.88
Promedio árbol	4	184.5	200.8	247.5	100.76
	5.1	180.8	185.0	225.0	57.50
	5.2	197.5	206.6	240.0	47.54
	5.3	195.0	190.8	237.5	51.51
	5.4	183.3	170.0	212.5	58.44
	5.5	172.5	190.8	235.0	75.00
	5.6	193.3	194.1	252.5	63.03
Promedio árbol	5	187.0	189.5	233.7	58.84
Promedio Total		182.1	189.7	232.7	98.70
Desviac. Standard		36.4	55.9	52.6	38.45
Coef. Variación		19.9	29.5	22.6	38.95

11.1.8 Ensayo de Dureza en Madera

Especie Montezumae

	Muestra	Sentido radial kg	Sentido tangencial kg	Extremos kg	Humedad por ciento
	1.1	333.3	337.5	400.0	76.58
	1.2	316.6	275.0	364.5	119.09
	1.3	304.1	262.5	297.5	109.13
	1.4	354.1	366.6	338.5	94.09
	1.5	333.3	320.8	325.0	66.31
	1.6	341.6	333.3	375.0	65.29
Promedio árbol	1	330.5	315.9	350.0	88.42
	2.1	275.0	250.0	262.5	135.41
	2.2	279.1	275.0	287.5	120.42
	2.3	316.6	270.8	275.0	113.89
	2.4	291.6	275.0	287.5	113.58
	2.5	312.5	279.1	287.5	99.79
	2.6	283.3	270.8	287.5	97.90
Promedio árbol	2	293.0	270.1	281.2	113.50
	3.1	254.1	358.3	350.0	98.71
	3.2	266.6	287.5	300.0	122.77
	3.3	250.0	291.6	275.0	119.72
	3.4	254.1	295.8	287.5	120.53
	3.5	266.6	312.5	275.0	117.84
	3.6	245.8	225.0	250.0	86.53
Promedio árbol	3	256.2	295.1	289.5	111.02
	4.1	280.0	260.8	325.0	99.83
	4.2	271.6	233.3	275.0	135.75
	4.3	246.6	259.1	300.0	125.83
	4.4	254.1	270.0	287.5	121.53
	4.5	270.0	245.0	267.5	132.67
	4.6	245.8	259.1	285.0	125.27
Promedio árbol	4	261.3	254.5	290.0	123.48
	5.1	262.5	229.1	262.5	141.38
	5.2	245.8	212.5	262.5	143.04
	5.3	220.8	200.0	237.5	71.74
	5.4	195.8	187.5	212.5	70.10
	5.5	266.6	237.5	275.0	127.76
	5.6	220.8	212.5	250.0	137.34
Promedio árbol	5	235.4	213.1	250.0	115.23
Promedio Total		275.3	269.8	292.1	110.33
Desviac. Standard		37.8	44.5	41.2	23.18
Coef. Variación		13.7	16.5	14.1	21.01

11.1.8 Ensayo de Dureza en Madera

Especie Caribaea

	Muestra	Sentido radial kg	Sentido tangencial kg	Extremos kg	Humedad porciento
	1.1	465.8	340.8	335.0	79.49
	1.2	355.8	285.8	327.5	78.93
	1.3	412.5	378.3	325.0	79.31
	1.4	411.6	327.5	377.5	72.82
	1.5	411.6	327.5	377.5	67.16
	1.5	403.3	354.1	357.5	78.90
Promedio árbol	1	410.1	335.6	350.0	76.10
	2.1	368.3	285.0	280.0	60.39
	2.2	323.3	316.6	325.0	52.90
	2.3	304.1	315.0	345.0	64.47
	2.4	360.8	273.3	280.0	88.41
	2.5	358.3	295.8	297.5	90.02
	2.6	336.6	356.6	282.5	88.09
Promedio árbol	2	341.9	307.0	301.6	74.05
	3.1	510.8	414.1	452.5	93.26
	3.2	454.1	385.8	450.0	83.46
	3.3	479.1	408.3	500.0	82.03
	3.4	465.0	443.3	420.0	83.79
	3.5	477.5	406.6	477.5	81.02
	3.6	331.6	262.5	310.0	95.19
Promedio árbol	3	453.0	386.8	435.0	86.46
	4.1	441.6	415.8	412.5	70.49
	4.2	420.0	371.6	385.0	95.18
	4.3	395.0	422.5	420.0	94.89
	4.4	397.5	399.1	427.5	91.46
	4.5	410.0	400.0	410.0	82.16
	4.6	415.0	396.6	410.0	93.59
Promedio árbol	4	413.1	400.9	410.8	87.96
	5.1	310.8	262.5	260.0	120.96
	5.2	305.0	265.8	270.0	106.58
	5.3	303.3	364.1	382.5	106.49
	5.4	293.3	339.1	357.5	93.14
	5.5	311.6	270.0	245.0	122.55
	5.6	318.3	260.0	287.5	90.62
Promedio árbol	5	307.0	293.6	300.4	106.73
Promedio Total		385.0	344.8	359.5	86.26
Desviac. Standard		62.8	57.4	68.8	15.67
Coef. Variación		16.3	16.6	19.1	18.17

11.1.8 Ensayo de Dureza en Madera

Especie Tenuifolia

	Muestra	Sentido radial kg	Sentido tangencial kg	Extremos kg	Humedad por ciento
	1.1	240.0	225.0	225.0	122.90
	1.2	295.0	308.3	325.0	122.31
	1.3	287.5	245.8	300.0	75.11
	1.4	229.1	225.8	312.5	98.47
	1.5	278.3	306.6	350.0	122.21
	1.6	291.6	260.8	292.5	87.45
Promedio árbol	1	270.2	262.0	305.8	104.74
	2.1	170.0	175.8	215.0	176.11
	2.2	138.3	149.0	207.5	181.58
	2.3	190.3	230.0	262.5	141.73
	2.4	185.8	182.5	225.0	171.52
	2.5	169.1	168.3	210.0	158.00
	2.6	145.8	151.6	217.5	181.91
Promedio árbol	2	166.5	176.2	222.9	168.47
	3.1	175.8	175.8	212.5	135.36
	3.2	143.3	147.5	167.5	125.26
	3.3	151.6	143.3	152.5	55.58
	3.4	192.5	185.0	205.0	157.19
	3.5	191.6	195.8	212.5	155.67
	3.6	184.1	193.3	225.0	151.36
Promedio árbol	3	173.1	173.4	195.8	130.07
	4.1	205.0	225.8	275.0	180.45
	4.2	248.3	272.5	367.5	120.14
	4.3	239.1	254.1	260.0	131.44
	4.4	283.3	306.6	340.0	75.95
	4.5	244.1	235.0	287.5	99.07
	4.6	244.1	235.0	287.5	99.07
Promedio árbol	4	244.0	254.8	302.9	117.68
	5.1	195.8	187.5	255.0	140.63
	5.2	197.5	185.0	232.5	142.59
	5.3	204.1	205.8	250.0	135.80
	5.4	208.3	191.6	240.0	144.94
	5.5	180.8	187.5	250.0	148.12
	5.6	187.5	188.3	250.0	140.49
Promedio árbol	5	195.6	190.9	246.2	142.10
Promedio Total		209.9	211.5	254.7	132.61
Desviac. Standard		46.0	47.0	51.6	33.11
Coef. Variación		21.9	22.2	20.2	24.96

11.1.8 Ensayo de Dureza en Madera

Especie Strobilus ch.

	Muestra	Sentido radial kg	Sentido tangencial kg	Extremos kg	Humedad por ciento
	1.1	145.0	175.8	155.0	150.15
	1.2	120.8	131.6	137.5	143.89
	1.3	118.3	140.8	145.0	196.70
	1.4	119.1	143.3	145.0	201.90
	1.5	95.0	169.1	142.5	155.74
	1.6	115.8	110.8	130.0	221.71
Promedio árbol	1	119.0	145.2	142.5	178.35
	2.1	158.3	125.0	205.0	129.90
	2.2	125.0	150.0	175.0	67.63
	2.3	125.0	141.6	187.5	53.27
	2.4	125.0	137.5	175.0	58.68
	2.5	120.8	137.5	162.5	65.82
	2.6	133.3	116.6	187.5	60.80
Promedio árbol	2	131.2	134.7	182.0	72.68
	3.1	191.6	235.0	225.0	119.61
	3.2	202.5	140.8	187.5	124.79
	3.3	161.6	160.8	175.0	155.53
	3.4	212.5	223.3	225.0	90.73
	3.5	163.3	123.3	175.0	137.51
	3.6	171.6	201.6	225.0	120.71
Promedio árbol	3	183.0	180.8	202.0	124.81
	4.1	132.5	172.5	200.0	125.16
	4.2	197.5	221.6	262.5	70.18
	4.3	155.8	250.0	295.0	87.73
	4.4	108.3	130.8	175.0	184.01
	4.5	114.1	148.3	212.5	109.47
	4.6	177.5	195.8	225.0	77.18
Promedio árbol	4	147.6	186.5	228.3	108.95
	5.1	136.6	89.1	182.5	115.83
	5.2	123.3	121.6	172.5	81.75
	5.3	127.5	95.8	175.0	106.66
	5.4	129.1	119.1	180.0	79.67
	5.5	135.0	136.6	172.5	69.02
	5.6	132.5	102.5	172.5	107.01
Promedio árbol	5	130.6	110.8	175.8	93.32
Promedio Total		142.4	151.6	186.1	115.62
Desviac. Standard		30.1	41.6	36.5	45.75
Coef. Variación		21.1	27.4	19.6	39.56

11.1.8 Ensayo de Dureza en Madera

Especie Oocarpa

	Muestra	Sentido radial kg	Sentido tangencial kg	Extremos kg	Humedad por ciento
	1.1	320.0	312.5	315.0	120.83
	1.2	290.8	314.1	275.0	123.58
	1.3	269.1	298.3	330.0	119.15
	1.4	288.3	298.3	347.5	123.45
	1.5	309.1	300.8	310.0	118.92
	1.6	287.5	291.6	275.0	123.86
Promedio árbol	1	294.1	302.6	308.7	121.63
	2.1	298.3	290.0	347.5	102.33
	2.2	304.1	347.5	312.5	82.34
	2.3	293.3	297.5	355.0	112.48
	2.4	323.3	291.6	345.0	89.08
	2.5	290.0	290.0	312.5	113.55
	2.6	303.3	272.5	335.0	121.10
Promedio árbol	2	302.0	298.1	334.5	103.48
	3.1	312.5	285.8	280.0	73.74
	3.2	300.8	275.0	322.5	117.47
	3.3	304.1	326.6	367.5	115.90
	3.4	309.1	326.6	352.5	113.44
	3.5	319.1	315.8	370.0	114.66
	3.6	288.3	272.0	322.5	124.38
Promedio árbol	3	305.6	300.3	335.8	109.93
	4.1	278.3	249.1	290.0	131.27
	4.2	242.5	220.8	250.0	150.98
	4.3	236.6	233.3	242.5	150.90
	4.4	260.0	270.8	302.5	127.50
	4.5	304.1	265.0	267.5	122.29
	4.6	250.8	259.1	285.0	127.90
Promedio árbol	4	262.0	249.7	272.9	135.14
	5.1	290.8	310.8	315.0	105.97
	5.2	380.0	370.8	372.5	86.88
	5.3	420.0	395.0	482.5	77.69
	5.4	308.3	316.6	300.0	105.18
	5.5	319.1	307.5	307.5	107.04
	5.6	267.5	280.8	302.5	106.59
Promedio árbol	5	330.9	330.2	346.6	98.23
Promedio Total		298.9	296.2	319.7	113.68
Desviac. Standard		35.9	36.4	46.0	18.28
Coef. Variación		12.0	12.2	14.4	16.08

ANEXO 11.2.- Cuadros de Factores de corrección de los esfuerzos básicos de la ma
dera

- 11.2.1 FACTORES QUE DEBEN TOMARSE PARA CORREGIR LOS ES
FUERZOS BASICOS DE LA MADERA.
- 11.2.2 FACTORES DE CORRECCION A ESFUERZOS BASICOS POR
RIESGO DE DECAIMIENTO O PUDRICION DE LA MADERA.
- 11.2.3 FACTORES DE CORRECCION DE ESFUERZOS BASICOS POR
SOBRECARGAS DE CORTA DURACION.

FACTORES QUE DEBEN TOMARSE PARA CORREGIR LOS ESFUERZOS BASICOS DE LA MADERA

Esfuerzo de trabajo	Tipo de piezas	Esfuerzos básicos que deben ser corregidos por			
		1 (a)	2 (b)	3 (c) y (d)	4 (e)
		Defectos en la madera	Peso, edad crecimiento	Sazonamiento y riesgo pudric.	Tipo y duración de carga
Flexión estática y tensión paralela a la fibra	Tablas, tabloneras, viguetas, piezas a tensión	Sf	Sf	Sf	Sf
Corte horizontal	Todo tipo de piezas	Sf	No	Sf	Sf
Compresión paralela a la fibra	Todo tipo de piezas	Sf	Sf	Sf	Sf
Compresión perpendicular a la fibra	Todo tipo de piezas	No	Sf	Sf	Sf
Módulo de elasticidad	Todo tipo de piezas	No	No	Sf	No

OBSERVACIONES

(a) Los defectos que afectan principalmente la resistencia de la madera son los nudos, grietas y fibra entrelazada o torcida. Su efecto depende de su tamaño, localización y el tipo de esfuerzo a que está sometida la zona donde están ubicados. Para las correcciones por defectos puede consultarse referencias (2) Norma ASTM D-245, (3) y (4). Además con gráficos de Anexo 11.2 puede deducirse los tamaños permisibles de defectos de acuerdo con el grado estructural de la madera. Para la correcta medida de defectos consultar referencias (3) y (4).

Continúa

- (b) La evaluación de la influencia de la edad de la madera y su velocidad de crecimiento depende en gran parte de datos basados en la experiencia. En ausencia de esta, la variación del peso específico aparente de la madera seca, puede ser un índice de evaluación aceptable. Una variación dentro del 10% de los pesos indicados en tabla no afectaría gran cosa las propiedades, pero debe excluirse el uso de piezas livianas. En referencias (3) y (4) se encuentran fórmulas para estimaciones de resistencia de la madera en función de la variación del peso específico.
- (c) La resistencia de la madera aumenta al disminuir el contenido de humedad, pero este incremento es contrarrestado en muchos casos por la aparición de defectos de secado. Los esfuerzos de tabla 1, pueden aplicarse a madera verde y poco sazonada y a madera seca al aire para piezas mayores de 10 cm. de grueso. Para piezas de menor espesor pueden lograrse algunos incrementos de esfuerzos. Ver referencias (3) y (4) al respecto.
- (d) Se supone que la madera a emplearse estará protegida contra la intemperie para reducir el riesgo de pudrición. Cuando esto no sea posible, debe usarse madera tratada o escoger madera de acuerdo con su durabilidad. Además puede aplicarse las correcciones señaladas en Cuadro N^o
- (e) Si las condiciones de uso de la madera involucran la acción de cargas sobre la estructura, por cortos períodos de tiempo, los esfuerzos de trabajo (excepto el módulo de elasticidad) pueden incrementarse en la forma indicada en este mismo anexo.

FACTORES DE CORRECCION A ESFUERZOS BASICOS, POR RIESGO DE DECAIMIENTO O PUDRICION DE LA MADERA (a)

Esfuerzo:	Riesgo de pudrición		
	Ninguno (b)	Moderado	Grande
Flexión estática tensión paralela compresión paralela	100	80	70
Compresión perpendicular	100 (a)	70	60
Corte horizontal	100	100	100
Módulo de elasticidad	100	100	100

Observaciones:

- a) Estos valores son aplicables a madera seca al aire, el riesgo de pudrición de madera verde es usualmente alto y el de madera tratada, bajo.
- b) Estos valores son aplicables a madera que estará continuamente seca o continuamente húmeda.
- c) Para madera que estará continuamente húmeda, tomar 70% de este valor.

FACTORES DE CORRECCION DE ESFUERZOS BASICOS
POR SOBRECARGAS DE CORTA DURACION

Para sobrecargas de corta duración se pueden incrementar los esfuerzos de trabajo en los porcentajes señalados.

Estos incrementos no son aplicables al Módulo de Elasticidad (a)

- 1.- Sobrecargas temporales hasta de 2 meses de duración: 15%
- 2.- Sobrecargas temporales hasta de 7 días de duración: 25%
- 3.- Sobrecargas de viento o sismo: 35%
- 4.- Cargas ocasionales de impacto:100%

Entendiéndose que la estructura debe de resistir siempre la combinación de carga muerta y carga viva normal, para la que fue diseñada.

- (a) Cuando la Estructura pueda estar sometida durante un período largo de tiempo a una carga mayor que para la que fue diseñada, provocando una deflexión mayor que la permisible ($1/360$ de la luz libre), se deberá aumentar la carga de diseño o disminuir el módulo de elasticidad para el cálculo de la deflexión permisible para evitar que la deflexión sea excesiva.

ANEXO 11.3

Gráficas para obtener los tamaños permisibles de Nudos y Grietas en las piezas de madera para los 3 grados estructurales de maderas.

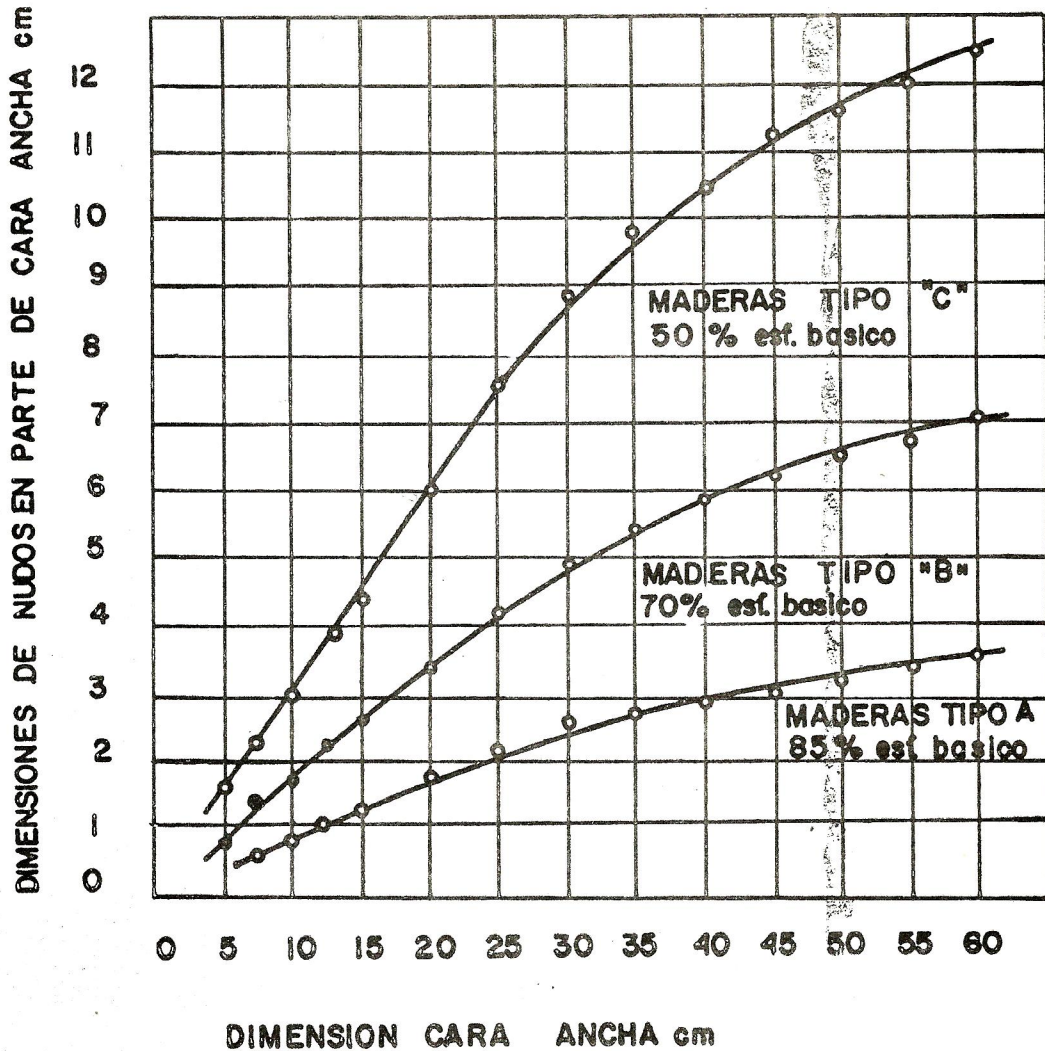
Grado A- Esfuerzos de trabajo: 85% de esfuerzos básicos

Grado B- Esfuerzos de trabajo: 70% de esfuerzos básicos

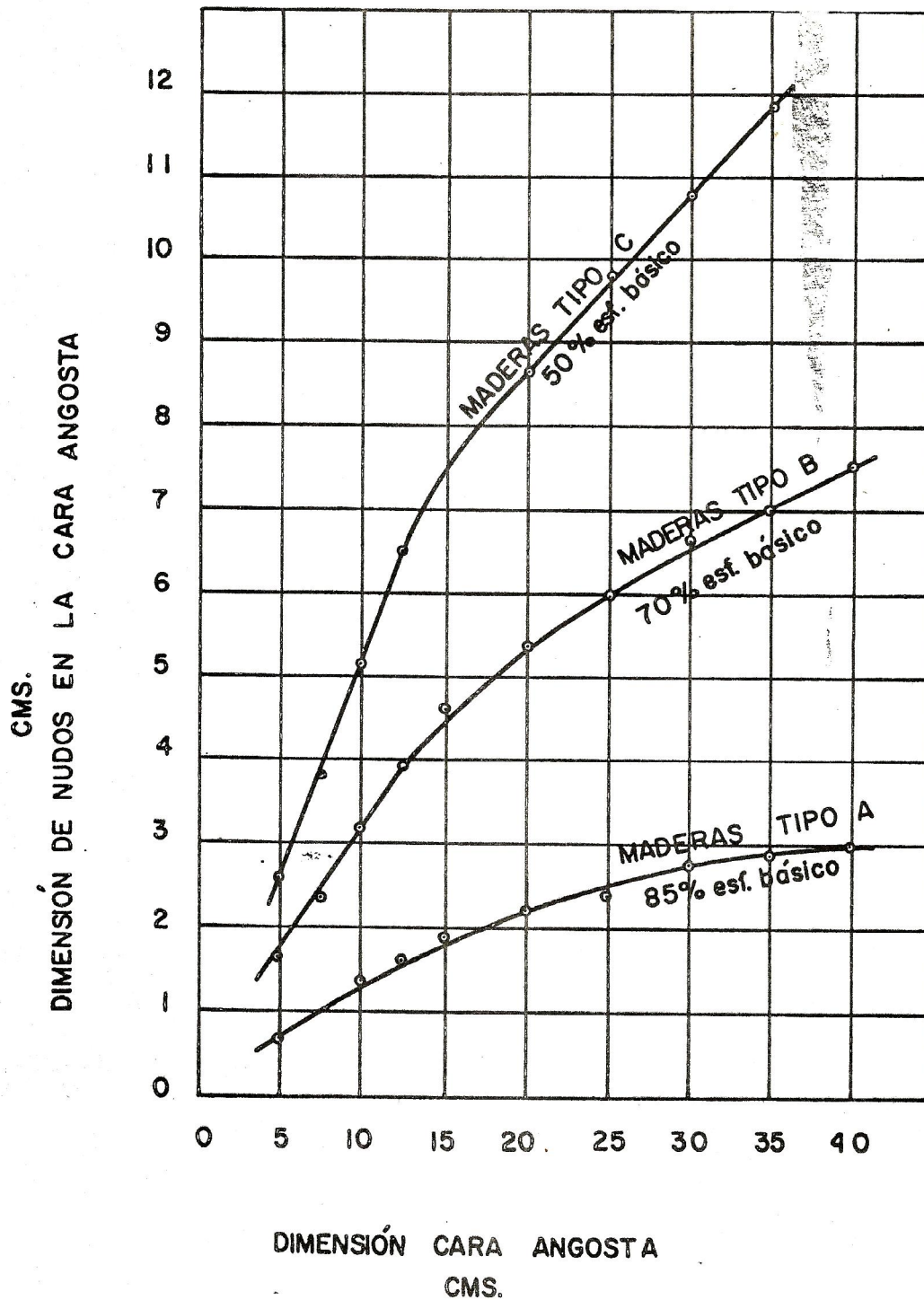
Grado C- Esfuerzos de trabajo: 50% de esfuerzos básicos

A continuación se encuentran curvas que dan los tamaños permisibles para nudos, grietas y venteaduras para los 3 grados establecidos. Determinándose el grado de la madera por el defecto más crítico. Cuando los defectos más críticos queden entre dos de las curvas de grados de madera, se deberán usar los esfuerzos más bajos, salvo cuando se pueda hacer una interpolación adecuada, en cuyo caso se podrán usar esfuerzos correspondientes a esa interpolación.

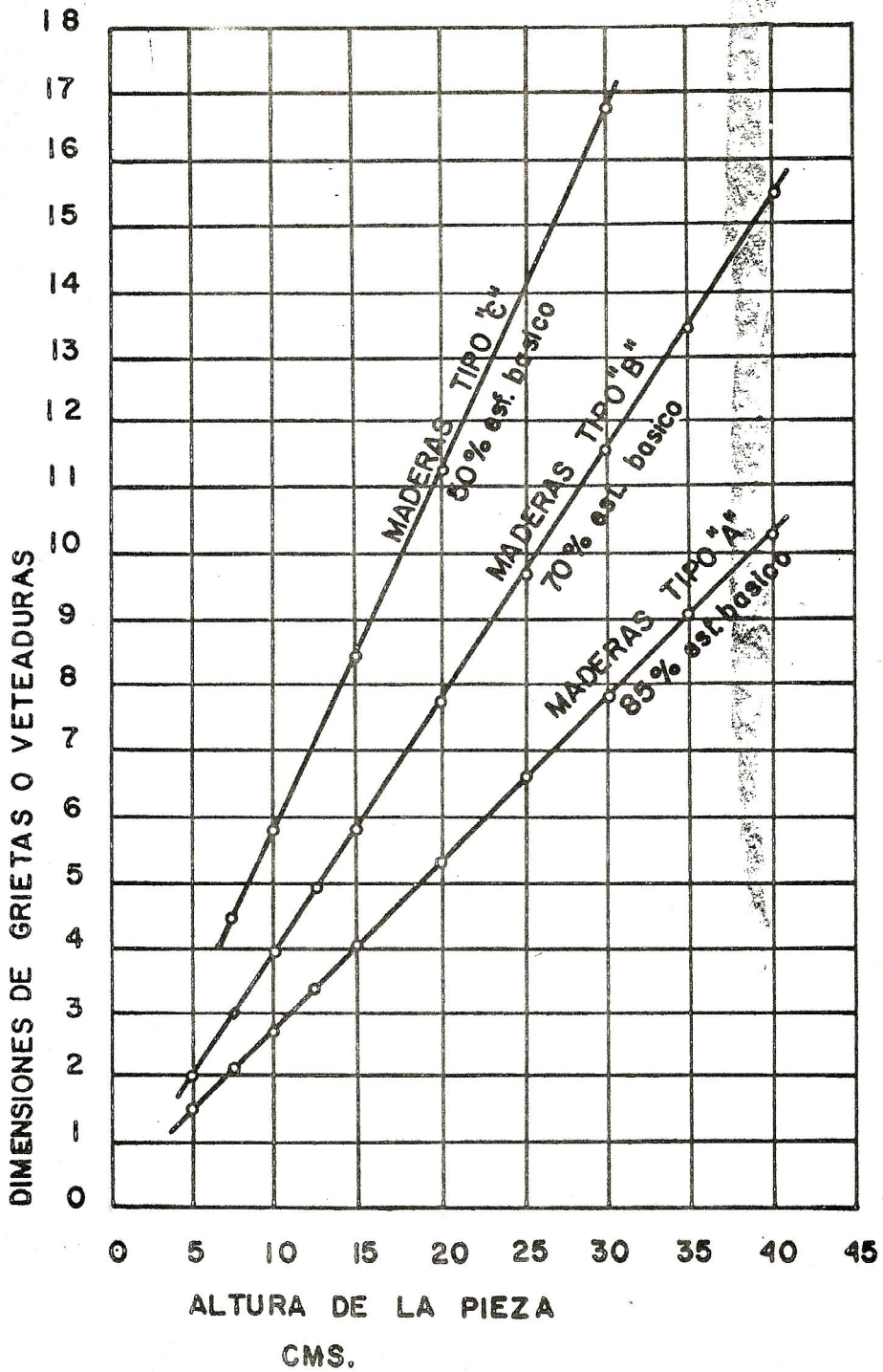
Las curvas fueron tomadas del trabajo "Determinación de los Esfuerzos permisibles de Trabajo para maderas de Guatemala" del Ing. Emilio Beltranena M. Director del C.I.I. y del trabajo "Normas Preliminares de Seguridad e Higiene para el Diseño de Edificios de Uso Público. Tesis de graduación del Ing. Rodolfo M. Morales.



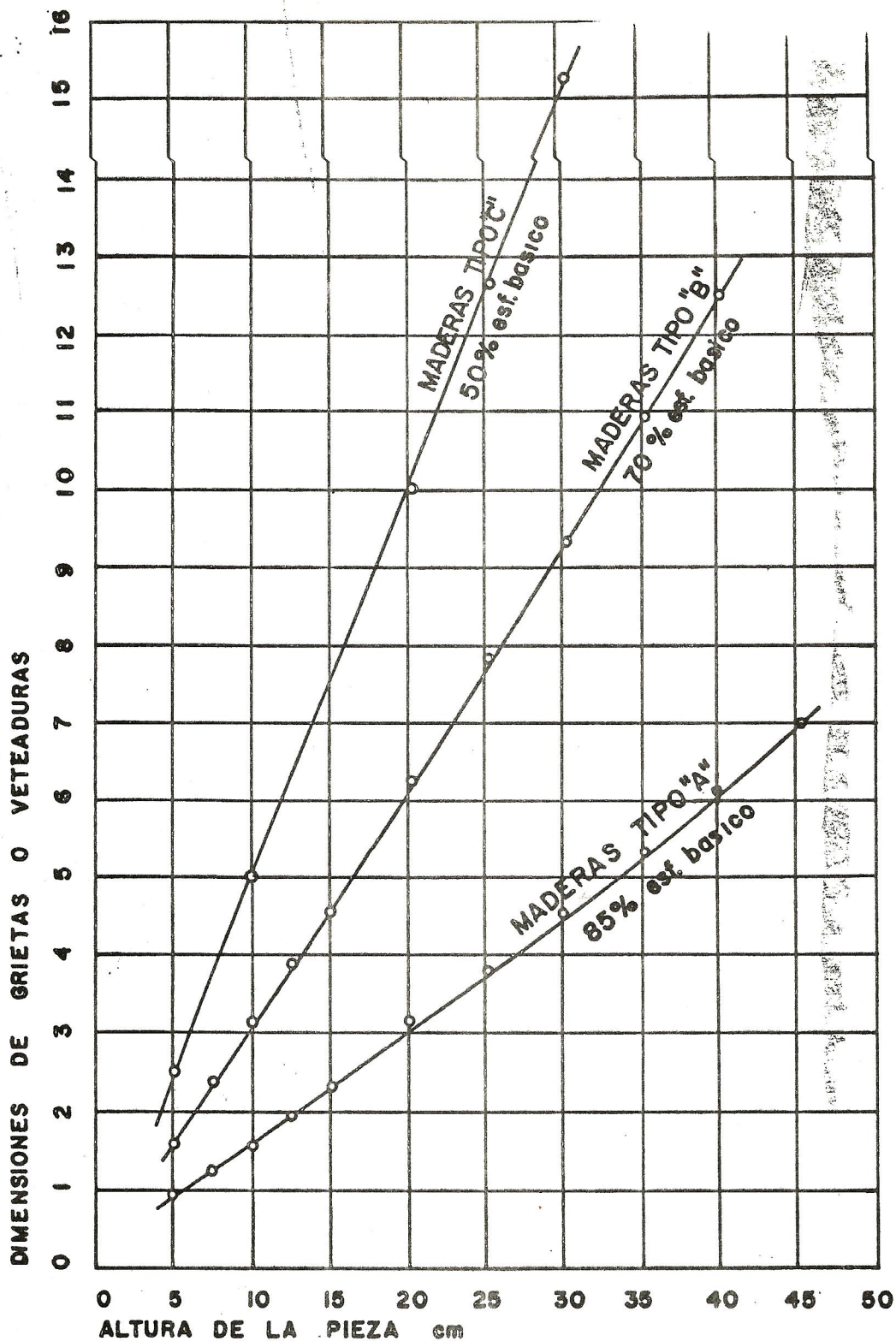
DIMENSIONES PERMITIDAS DE NUDOS EN LOS BORDES DE CARAS ANCHAS EN MIEMBROS EN TENSION



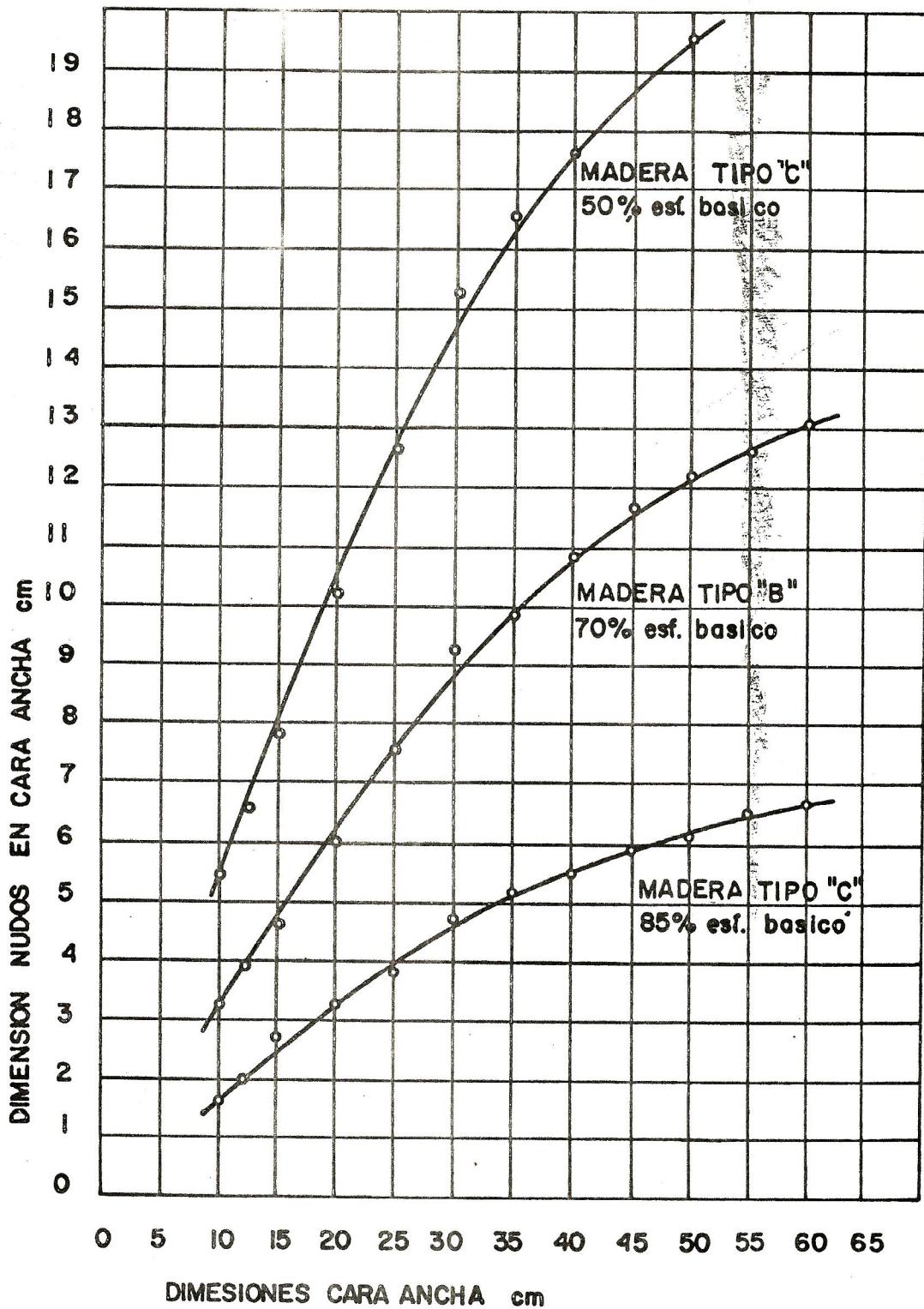
DIMENSIONES PERMITIDAS DE NUDOS EN EL TERCIO MEDIO DE LA LONGITUD EN LA CARA ANGOSTA EN MIEMBROS TRABAJANDO A FLEXION



DIMENSIONES PERMITIDAS DE GRIETAS EN LA MITAD CENTRAL DE LA ALTURA, EN LOS EXTREMOS DE MIEMBROS EN FLEXIÓN
MADERAS SASONADAS



DIMENSIONES PERMITIDAS DE GRIETAS EN LA MITAD CENTRAL DE LA ALTURA, EN LOS EXTREMOS DE MIEMBROS EN FLEXIÓN MADERAS VERDES



DIMENSIONES PERMITIDAS DE NUDOS EN FAJA CENTRAL DE LAS CARAS ANCHAS DE MIEMBROS EN FLEXION O TENSION Y EN CUALQUIER PUNTO DE CUALQUIER CARA EN MIEMBROS EN COMPRESION

ANEXO 11.4

Cuadros de esfuerzos de trabajo de varias especies de madera analizadas en el C.I.I. clasificándolas en los tres grados estructurales A, B, C. según sean sus defectos.

Los datos de estos cuadros se tomaron de las referencias citadas en párrafo anterior incorporándose a dichos cuadros los datos correspondientes a las especies de pino estudiadas en el presente trabajo.

ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERA GRADO "A" APLICABLES
A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE

Especie	Peso seco aparente gr/cm ³	Flexión Estática kg/cm ²	Módulo de Elasticidad kg/cm ²	Compresión paralela kg/cm ²	Compresión Perpendicular kg/cm ²	Tensión paralela kg/cm ²	Tensión perpendicular kg/cm ²	Corte paralelo kg/cm ²	Clivaje kg/cm ²	Dureza kg	Extracción de clavos kg
Ciprés	0.51	136	0.75 x 10 ⁵	60	23	136	6	6	6.8	225	19
Caoba	0.48	136	0.76 x 10 ⁵	60	45	106	6	8.5	13.6	265	30
Canoj	0.65	110	1.00 x 10 ⁵	60	20	85	8.5	8.5	16.2	200	
Cedro	0.43	81	0.46 x 10 ⁵	34	35	68	8.5	6	13.6	180	19
Cenicero	0.61	110	0.72 x 10 ⁵	55	45	85	8.5	8.5	9.4	350	30
Conacaste	0.42	81	0.56 x 10 ⁵	30	20	77	8.5	6	7.7	195	9
Chichique	0.72	206	1.38 x 10 ⁵	102	60	200	6.0	7.7	10.2	450	
Chichipate	0.72	178	1.20 x 10 ⁵	89	55	136	8.5	12.8	21.3	730	55
Marfo	0.62	85	0.85 x 10 ⁵	51	45	124	6.8	10.2	17.0	360	40
Volador	0.65	140	1.05 x 10 ⁵	64	35	132	8.5	9.4	20.4	430	50
Pino Colorado		170	1.19 x 10 ⁵	76	20			17.0		75	
Pino de El Petén		182	1.20 x 10 ⁵	76	17			18.7		85	
Otros Pinos		97	0.66 x 10 ⁵	46	11			13.6		34	

ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERA GRADO "B" APLICABLES
A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE

Especie	Peso Seco Aparente gr/cm ³	Flexión Estática kg/cm ²	Módulo de Elasticidad kg/cm ²	Compresión paralela kg/cm ²	Compresión Perpendicular kg/cm ²	Tensión paralela kg/cm ²	Tensión perpendicular kg/cm ²	Corte paralelo kg/cm ²	Clivaje kg/cm ²	Dureza kg	Extracción de clavos kg
Ciprés	0.51	112	0.75 x 10 ⁵	49	23	112	5.0	5.0	5.6	223	19
Caoba	0.48	112	0.76 x 10 ⁵	49	45	87.5	4.9	7.0	11.2	265	30
Canoj	0.65	91	1.00 x 10 ⁵	49	20	70	7.0	7.0	13.3	200	
Cedro	0.43	67	0.46 x 10 ⁵	28	35	56	7.0	5.0	11.2	180	19
Cenicero	0.61	91	0.72 x 10 ⁵	45.5	45	70	7.0	7.0	7.7	350	30
Conocaste	0.42	67	0.56 x 10 ⁵	24.5	20	63	7.0	5.0	6.3	195	9
Chichique	0.72	172	1.38 x 10 ⁵	84	60	164	5.0	6.3	8.4	450	
Chichipate	0.72	147	1.20 x 10 ⁵	74	55	112	7.0	10.5	17.5	730	55
Marfo	0.62	70	0.85 x 10 ⁵	42	45	101	5.6	8.4	14.0	360	40
Volador	0.65	115	1.05 x 10 ⁵	52.5	35	108	7.0	7.7	16.8	430	50
Pino Colorado		140	1.19 x 10 ⁵	63	16			14.0		60	
Pino de el Petén		150	1.20 x 10 ⁵	63	14			15.4		70	
Otros Pinos		80	0.66 x 10 ⁵	38	9			11.2		28	

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE GUATEMALA

ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERA GRADO "C" APLICABLES
A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE

Especie	Peso Seco Aparente gr/cm ³	Flexión Estática kg/cm ²	Módulo de Elasticidad kg/cm ²	Compresión paralela kg/cm ²	Compresión Perpendicular kg/cm ²	Tensión paralela kg/cm ²	Tensión perpendicular kg/cm ²	Corte paralelo kg/cm ²	Clivaje kg/cm ²	Dureza kg	Extracción de clavos kg
Ciprés	0.51	80	0.75×10^5	35	23	80	3.5	3.5	4	225	19
Caoba	0.48	80	0.76×10^5	35	45	63	3.5	5	8	265	30
Canoj	0.65	65	1.00×10^5	35	20	50	5	5	9.5	200	
Cedro	0.43	48	0.46×10^5	20	35	40	5	3.5	8	180	19
Canicero	0.61	65	0.72×10^5	33	45	50	5	5	5.5	350	30
Conacaste	0.42	48	0.56×10^5	18	20	45	5	3.5	4.5	195	9
Chichique	0.72	123	1.38×10^5	60	60	118	3.5	4.5	6	450	
Chichipate	0.72	105	1.20×10^5	53	55	80	5	7.5	12.5	730	55
Marfo	0.62	50	0.85×10^5	30	45	73	4	6	10	360	40
Volador	0.65	83	1.05×10^5	38	35	78	5	5.5	12	430	50
Pino Colorado	0.57	100	1.19×10^5	45	11			10.0		45	
Pino de El Petén	0.67	105	1.20×10^5	45	10			11.0		50	
Otros Pinos	0.37	58	0.66×10^5	27	7			8.0		20	