

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA
"CACHIMBO" CARINIANA DOMESTICATA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO CIVIL

VICTOR VILLANUEVA PEÑA

LIMA – PERU

2005

INDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	01
ANTECEDENTES	03
<u>CAPÍTULO I</u> CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y PROPIEDADES DE LA MADERA	
1.1 Identificación y Nomenclatura de las Maderas Tropicales	05
1.1.1 Identificación de especies	05
1.1.1.1 Identificación anatómica	05
1.1.1.2 Identificación dendrológica	05
1.1.1.3 Componentes del árbol	05
1.1.1.4 Caracteres organolépticos de la madera	06
1.1.2 Nomenclatura del árbol	07
1.2 Estructura y Características Anatómicas de la Madera	08
1.2.1 El tronco	08
1.2.2 Estructura anatómica	10
1.2.2.1 Estructura macroscópica	10
1.2.2.2 Estructura microscópica	12
1.2.2.3 Estructura submicroscópica	13
1.2.3 Composición química de la madera	13
1.3 Agentes que Afectan el Comportamiento de la Madera	14
1.3.1 Agentes de origen vegetal	14
1.3.2 Agentes de origen animal	15
1.3.3 Agentes de origen no biológico	16
1.4 Aserrado, Secado y Protección de la Madera	16
1.4.1 Aserrado	17
1.4.2 Secado	18
1.4.2.1 Influencia del secado sobre los elementos de madera	18
1.4.2.2 Secado natural	20
1.4.2.3 Secado artificial	21
1.4.2.4 Variación dimensional	21
1.4.3 Protección de la madera	21
1.4.3.1 Preservantes para la madera	22
1.4.3.2 Tipos de preservantes	22

1.4.3.3	Métodos de preservación	24
1.4.3.4	Protección y cuidado de los materiales en obra	25

CAPÍTULO II LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

2.1	El Material de Construcción	27
2.1.1	Escuadrías o secciones preferenciales	27
2.1.2	Uso de la madera en el sector habitacional en el Perú	29
2.1.3	Usos según densidades	31
2.2	Madera de Construcción No Estructural	31
2.2.1	Contenido de humedad, durabilidad natural y preservación	32
2.2.2	Requisitos generales	32
2.3	Madera de Construcción Estructural	33
2.3.1	Contenido de humedad, durabilidad natural y preservación	33
2.3.2	Requisitos generales	34
2.4	Clasificación Visual por Defectos para Madera Estructural	34
2.5	Tolerancias de los Defectos en Maderas Estructurales	35

CAPÍTULO III PROGRAMA DE DESARROLLO FORESTAL SOSTENIBLE SEGÚN LA CÁMARA NACIONAL FORESTAL

3.1	Introducción	38
3.2	Potencial Económico de los Bosques	39
3.3	Lineamientos para el Desarrollo Forestal Sostenible	40
3.4	Propuesta Estratégica para el Desarrollo Forestal	40
3.4.1	Biodiversidad Amazónica y sus estatus	40
3.4.2	Producción forestal sostenible	41
3.4.3	Competitividad y globalización de la economía	41
3.4.4	Orientación de las inversiones forestales a industrias	42
3.4.5	Productividad forestal e industrial	42
3.4.6	Servicios globales de la Amazonía	43

CAPÍTULO IV DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MADERA "CACHIMBO"

4.1	Descripción Organoléptica de la Madera "Cachimbo"	45
4.1.1	Descripciones generales	45
4.1.1.1	Nombre y familia	45
4.1.1.2	Procedencia y antecedentes	45

4.1.1.3	Descripción del árbol en pie	47
4.1.1.4	Descripción de la madera	47
4.1.1.5	Características de la troza	47
4.1.1.6	Durabilidad natural, preservación y usos	48
4.1.1.7	Aserrío y secado	48
4.1.2	Descripción organoléptica	49
4.2	Caracteres Macroscópicos de la Madera “Cachimbo”	49
4.3	Caracteres Microscópicos de la Madera “Cachimbo”	50

CAPÍTULO V ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS EN PROBETAS PEQUEÑAS LIBRES DE DEFECTOS SEGÚN NORMAS

5.1	Colección de Muestras	54
5.1.1	Procedencia de las muestras	54
5.1.2	Preparación de las muestras	54
5.1.3	Número de muestras para cada tipo de ensayo	54
5.2	Ensayo de Propiedades Físicas	56
5.2.1	Contenido de Humedad	56
5.2.1.1	Conceptos previos	56
5.2.1.2	Procedimiento para calcular el contenido de humedad	57
5.2.1.3	Resultados	58
5.2.2	Densidad Básica	61
5.2.2.1	Conceptos previos	61
5.2.2.2	Procedimiento para calcular la densidad básica	61
5.2.2.3	Resultados	62
5.3	Ensayo de Propiedades Mecánicas	65
5.3.1	Ensayo de Flexión Estática en Probetas Libre de Defectos	65
5.3.1.1	Procedimiento para realizar el ensayo de flexión estática	65
5.3.1.2	Expresión de resultados	66
5.3.1.3	Resultados	68

CAPÍTULO VI ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

6.1	Colección de Muestras	71
6.2	Condición de Humedad en las Vigas a Ensayarse	71
6.3	Registro de Defectos y Clasificación	72

6.4	Métodos de Ensayos según Normas	72
6.4.1	Expresión de resultados	74
6.4.1.1	Esfuerzo de la Fibra al Límite Proporcional	74
6.4.1.2	Módulo de Rotura	74
6.4.1.3	Módulo de Elasticidad	74
6.4.1.4	Módulo de Elasticidad considerando deformación por corte	75
6.5	Resultado de Ensayos	75

CAPÍTULO VII ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1	Análisis de Resultados de los Ensayos Físicos	81
7.1.1	Análisis estadístico de los ensayos físicos	81
7.2	Análisis de Resultados de los Ensayos Mecánicos	83
7.2.1	Comparación de propiedades del cachimbo (tesis) con otros estudios de esta misma especie	83
7.2.2	Comparación de resultados entre probetas y vigas, estudio de la presente tesis	83
7.2.3	Análisis estadístico de los ensayos mecánicos en vigas a escala natural	84
7.2.4	Influencia del contenido de humedad y defectos de la madera en la resistencia	88
7.2.4.1	Influencia del contenido de humedad	88
7.2.4.2	Influencia de los defectos de la madera	90
7.2.5	Tipos de fallas presentadas luego del ensayo de flexión en vigas a escala natural	91
7.3	Tabla de Resumen Final de Datos Obtenidos en el Laboratorio	94
7.4	Proceso de Agrupamiento para Uso Estructural de la Madera Cachimbo según la Norma NTP ININVI E-101	97
7.4.1	Determinación del esfuerzo admisible y módulos de elasticidad	97
7.4.1.1	Determinación de los esfuerzos	97
7.4.1.2	Determinación del módulo de elasticidad	99
7.4.2	Proceso de agrupamiento	99
7.4.3	Comparación de resultados de los ensayos físicos con otras especies del grupo estructural "B"	103
7.4.4	Comparación de resultados de los ensayos mecánicos con otras especies del grupo estructural "B"	103

CAPÍTULO VIII ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MADERA

8.1	Términos de referencia para realizar los estudios para la fijación de los precios de venta de madera al estado natural	106
8.1.1	Objetivos	107
8.1.2	Determinación de la fórmula para el cálculo del precio de la madera al estado natural	107
8.1.3	Aplicación de la fórmula del precio de venta de madera al estado natural	108
8.2	Costos comparativos con otras especies	109

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111
--	--------------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

- ANEXO A AGRUPAMIENTO DE MADERAS PARA USO ESTRUCTURAL, NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E. 101
- ANEXO B NORMAS TÉCNICAS PERUANAS
- ANEXO C REGISTRO DE DATOS DEL ENSAYO A FLEXIÓN ESTÁTICA EN PROBETAS PEQUEÑAS
- ANEXO D REGISTRO DE DATOS DEL ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

FOTOGRAFÍAS

INTRODUCCIÓN

El tema del presente trabajo de investigación es la Clasificación Estructural de la Madera "Cachimbo" cariniana domesticata, fue elegido por la necesidad de conocer especies maderables capaces de sustituir a las ya tradicionales, y disminuir los costos en el sector construcción y mueblería.

El material se presenta agrupado en ocho capítulos:

En el Capítulo I se presenta las características y propiedades de la madera, su identificación, los tratamientos a los que se la somete para protegerla.

En el Capítulo II se presenta los diversos usos de la madera en el sector construcción y normas de calidad para material estructural.

En el Capítulo III se presentan los lineamientos de la Cámara Nacional Forestal para que la actividad del sector forestal se fortalezca y sea sostenible.

En el Capítulo IV se presenta la descripción general de la madera Cachimbo, zonas de vida, durabilidad, preservación recomendada, secado y aserrado.

En el Capítulo V trata del proceso seguido para la colección de las muestras de Cachimbo, Incluye los métodos, resultados, de los ensayos de propiedades físicas y mecánicas en probetas pequeñas según normas.

En el Capítulo VI se presentan métodos y resultados del ensayo a flexión en vigas a escala natural según normas.

En el Capítulo VII se presenta los análisis de los resultados de los ensayos físicos y mecánicos practicados en vigas y probetas, análisis estadísticos, se incluye además la influencia del contenido de humedad y defectos de la madera en las resistencias.

En el Capítulo VIII, se presenta una fórmula que trata de explicar la determinación del precio de venta de la madera al estado natural, se incluye los precios de algunas especies madereras.

Según la Norma técnica de Edificación E. 101, la incorporación de especies a los grupos establecidos se hará en función de la densidad básica y de la resistencia mecánica obtenida mediante ensayos de flexión de vigas de madera de tamaño natural

La divulgación del presente trabajo, considero que contribuirá más al uso de la especie Cachimbo en el sector construcción y mueblería, y seguirá abriendo brecha para estudios de otras especies madereras.

ANTECEDENTES

La actividad forestal se limitaba a unas pocas especies de alto valor (Caoba, Cedro, Tornillo y Cumala), a medida que éstas especies se hacían más difíciles de extraer, se fueron integrando otras especies progresivamente al mercado, gracias principalmente a los estudios anatómicos y tecnológicos que realizara la Universidad Nacional Agraria La Molina, estudios del PADT-REFORT de la Junta del Acuerdo de Cartagena orientados a la industria de la construcción y los realizados por la Cámara Nacional Forestal e INRENA, entre otros.

El estudio de las especies madereras ha sido tema de investigación de otras tesis, en la Facultad de Ing. Civil se tienen las siguientes tesis realizadas:

Incorporación de las especies maderables Quinilla Colorada (*manilkara bidentata*) para uso estructural.

Clasificación e influencia del contenido de humedad y defectos en las propiedades físico-mecánicas de la madera Capirona (*calycophyllum spruceanum*).

Estudio de las propiedades físico mecánicas de la madera Huamanchilca.

Estudio de las propiedades físico mecánicas de la madera Catahua.

Propiedades físicas y mecánicas de la madera Copaiba.

Clasificación estructural de la madera "Capirona" *calycophyllum spruceanum*.

Uso estructural de la madera Moena Amarilla.

POSICIÓN EN LA TESIS

Capítulo I <i>Características Tecnológicas y Propiedades de la Madera</i>	Capítulo II <i>La Madera como Material de Construcción</i>	Capítulo III <i>Programa de Desarrollo Forestal Sostenible según la Cámara Nacional Forestal</i>
Capítulo IV <i>Descripción General de la Madera Cachimbo</i>	Capítulo V <i>Ensayos para determinar las Propiedades Físicas-Mecánicas en Probetas Pequeñas Libres de Defectos según Normas</i>	Capítulo VI <i>Ensayo a Flexión en Vigas a Escala Natural</i>
Capítulo VII <i>Análisis de Resultados</i>	Capítulo VIII <i>Análisis de Costos de la Madera</i>	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>

Capítulo I

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y PROPIEDADES DE LA MADERA

1.1 IDENTIFICACIÓN Y NOMENCLATURA DE LAS MADERAS TROPICALES

Este Ítem se desarrolló recopilando información de la Tesis de Grado Uni-Fic: "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA MADERA CATAHUA", cuyo autor es el Ing. Bejarano Rivera, William Teddy.

1.1.1 IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

La identificación de los árboles de determinada especie es llevada a cabo por los productores en el momento de su extracción del bosque. Pero debería llevarse a cabo luego del proceso de aserrado en los depósitos de madera. Para ello es posible usar las características macroscópicas, o sea visibles a simple vista o con lupa de 10 aumentos, aunque en algunos casos será necesario análisis microscópicos de muestras de la madera.

Para la identificación de la especie se debe saber las siguientes definiciones relativas:

1.1.1.1 IDENTIFICACIÓN ANATÓMICA

Consiste en reconocer a que especie pertenece una muestra de madera, basándose en sus características anatómicas macroscópicas y microscópicas como vasos, radios, fibras, parénquima, etc. Estas características se describen en el ítem 1.2

1.1.1.2 IDENTIFICACIÓN DENDROLÓGICA

Consiste en reconocer a que especie pertenece un árbol, en base al estudio de sus características externas como hojas, flores, frutos, corteza, raíces y sustancias que segregan tales como látex, gomas y resinas.

1.1.1.3 COMPONENTES DEL ÁRBOL

ÁRBOL: Es una planta superior, en el que se distinguen la raíz, el tronco o fuste y la copa.

TRONCO O FUSTE: Su función es el sostén, conducción y almacenamiento de sustancias de reserva. Se describe la altura y el diámetro del tronco que usualmente es tomado a la altura del pecho (aproximadamente a 1.30 m de la base del árbol).

RAÍZ: Su función es absorber agua, nutrientes minerales y fijar la planta al suelo.

ALETONES: Se denomina así a las raíces comprimidas lateralmente cuyas porciones tablares superiores sobresalen considerablemente del suelo, también son llamadas bambas, gambas o contrafuertes.

COPA: Conjunto de ramas y hojas que forman la parte superior del árbol, en ella se efectúa el proceso de fotosíntesis.

HOJAS: Es el principal órgano sintetizador de alimento de los vegetales. Sus características son cruciales para la identificación de las especies. Las características más importantes es la posición de las hojas, forma, dimensiones de ellas.

FLORES: Son de gran importancia para el reconocimiento de cada especie.

FRUTOS: Constituido por la semilla o las semillas y una envoltura más o menos compleja, la flor origina al fruto.

1.1.1.4 CARACTERES ORGANOLÉPTICOS DE LA MADERA

Son los que pueden ser percibidos por los órganos de los sentidos, tales como: color, olor, sabor, grano, brillo, textura y veteado.

COLOR: Se considera el color del tronco recién cortado y cuando la madera está en condición seca.

OLOR: Es una característica útil para la identificación de ciertas especies. Cuando la madera está en condición seca se determinan los olores humedeciéndola, sucede que cuando los árboles son recién talados presentan olores característicos, los cuales se van volatilizandando con el tiempo.

SABOR: Puede ayudar al reconocimiento de algunas especies, de acuerdo a las sustancias químicas que posee, puede ser distintivo o no distintivo.

LUSTRE O BRILLO: Es una característica típica de algunas especies, producida por el reflejo que causan los elementos que forman los radios cuando son expuestos a la luz. Se observa en forma notoria en la sección o corte radial de la madera. Se califica de bajo, mediano o moderado hasta elevado o intenso.

GRANO: Es la disposición de las fibras de la madera con relación al eje longitudinal de la pieza, originada por la propia distribución de las fibras durante el crecimiento del árbol y por la orientación en el aserrío de las piezas en relación con dicha distribución. En el árbol las especies presentan distintas configuraciones del grano que al obtener la pieza aserrada se manifiesta como grano recto, inclinado y entrecruzado.

TEXTURA: Impresión visual dado por el volumen y la disposición de los poros. Generalmente es palpable en las secciones longitudinales. Puede ser fina, media o gruesa.

VETEADO: Es el dibujo característico que presenta una pieza de madera en sus caras, debido a la disposición de los elementos constitutivos del leño, especialmente los vasos, radios y anillos de crecimiento, así como también por el tamaño y la abundancia de ellos.

1.1.2 NOMENCLATURA DEL ÁRBOL

FAMILIA: Es la clasificación biológica, grupo de géneros con características comunes. En la clasificación moderna el nombre que designa la familia procede de un género de la familia denominado el género tipo.

GÉNERO: En taxonomía, es la categoría de clasificación de los seres vivos; concretamente un grupo de especies estrechamente emparentadas en estructura y origen evolutivo. Un organismo se nombra mediante la asignación de dos términos, el nombre del género seguido del de la especie.

ESPECIE: Grupo de organismos que se caracteriza por tener una forma, un tamaño, una conducta y un hábitat similares y que estos rasgos comunes permanecen constantes a lo largo del tiempo.

SINONIMIA: Se refiere a los nombres científicos de la especie con los que fueron sucesivamente identificados por los botánicos.

NOMBRES COMUNES: Son los nombres regionales, aplicados a la especie en cada localidad en los diferentes países de la subregión andina. Inicialmente se cita el nombre común del país que investigó la especie.

NOMBRE COMERCIAL INTERNACIONAL: Es el nombre que se aplica a la especie en el contexto del comercio internacional de la madera.

1.2 ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LA MADERA

Este ítem se desarrolló recopilando información del libro: "MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO", editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena

1.2.1 EL TRONCO

El tronco de un árbol maduro presenta en su sección transversal las siguientes partes (Fig. 1.1).

Corteza exterior(a), es la cubierta que protege al árbol de los agentes atmosféricos, en especial de la insolación; está formada por tejido llamado floema que cuando muere forma esta capa.

Corteza interior (b), es la capa que tiene por finalidad conducir el alimento elaborado en las hojas hacia las ramas, tronco y raíces, está constituido por el tejido floemático vivo, llamado también liber.

Cambium (c), es el tejido que se encuentra entre la corteza interior y la madera. Las células del cambium tienen la capacidad de dividirse y conservan esa facultad hasta cuando el árbol muere. El cambium forma células de madera hacia el interior y floema o liber hacia el exterior.

La Madera o xilema (d), es la parte maderable o leñosa del tronco, se puede distinguir en ella la albura, el duramen y la médula.

La albura (e), es la parte exterior del xilema cuya función principal es la de conducir el agua y las sales minerales de las raíces a las hojas; es de color claro y de espesor variable según la especie. La albura es la parte activa del xilema.

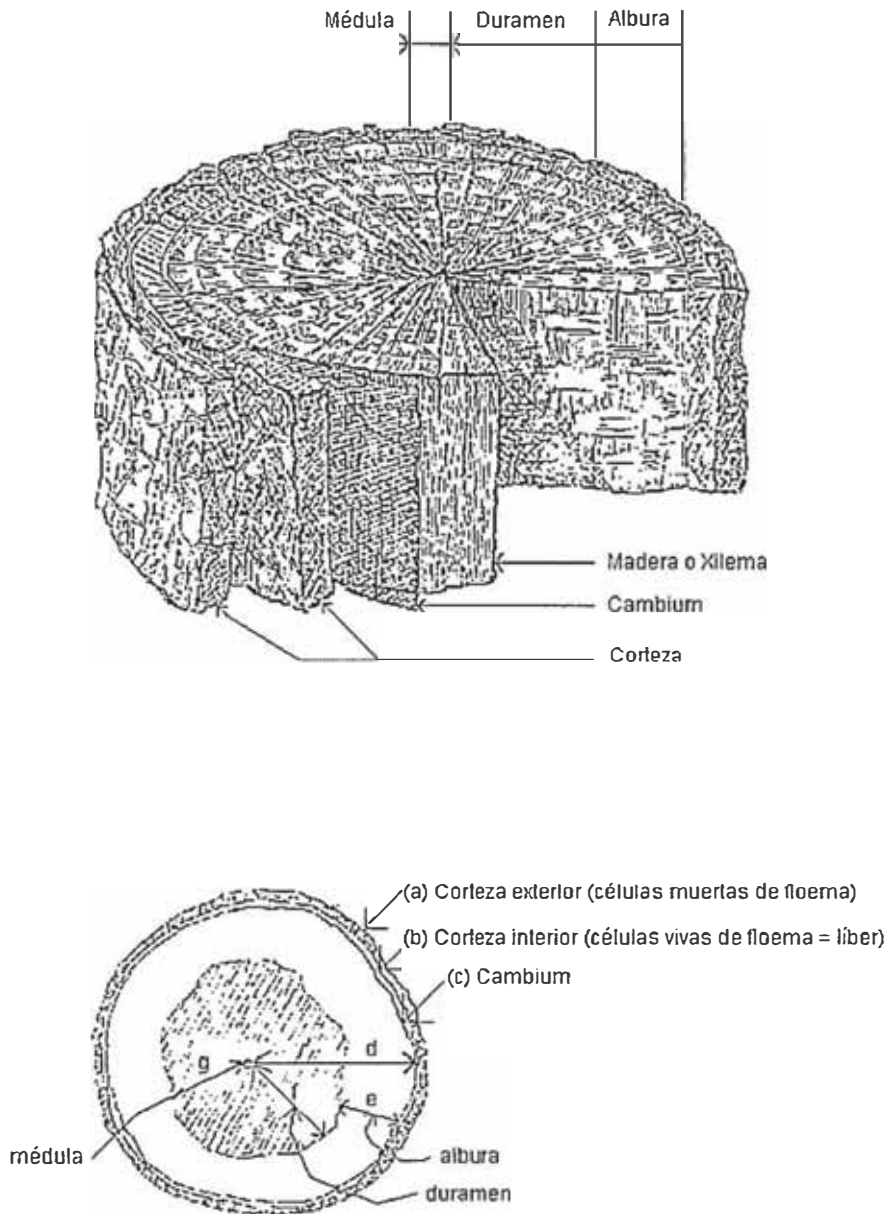


Fig. 1.1 Partes del tronco

El duramen (f), es la parte inactiva del xilema y tiene como función proporcionar resistencia para el soporte del árbol.

Médula (g), es la parte central de la sección del tronco y está constituida por un tejido parenquimático.

1.2.2 ESTRUCTURA ANATOMICA

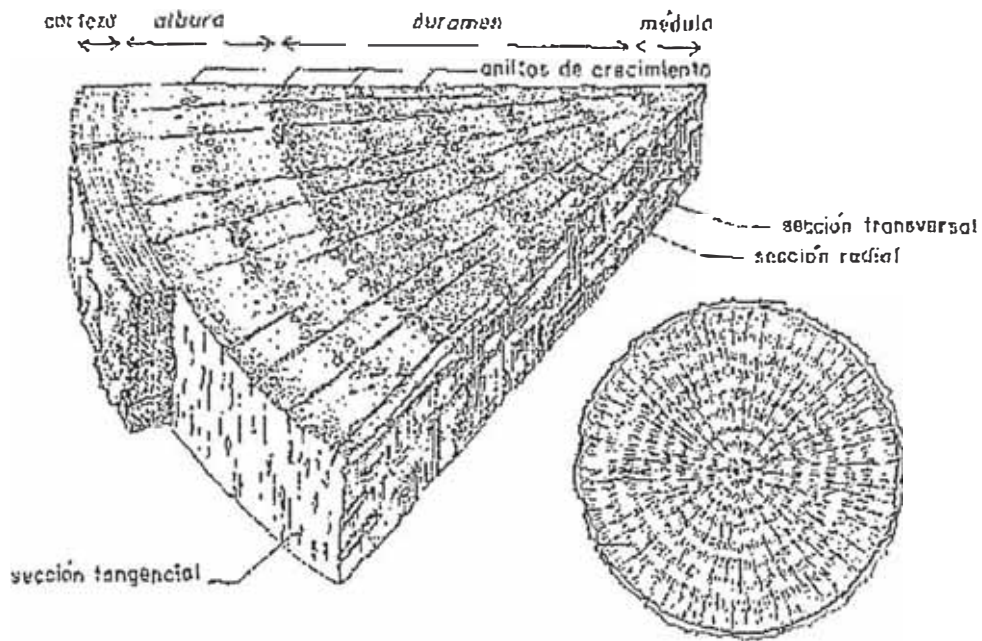
Las tres funciones básicas de la parte maderable del árbol son: conducción de agua, almacenamiento de sustancias de reserva y resistencia mecánica. Para cumplir con estas funciones en la madera se distinguen tres tipos de tejidos: Tejido vascular (de conducción), Tejido parenquimático (de almacenamiento) y el tejido fibroso (de resistencia). Para entender la estructura anatómica se realizan secciones a la troza de madera, será "sección transversal" cuando el corte es practicado perpendicularmente al eje principal del tronco, cuando el corte se efectúa en forma paralela a dicho eje, se obtendrá una "sección longitudinal", y será "sección tangencial" cuando el corte corra paralelamente a los anillos de crecimiento y perpendicularmente a los radios.

El estudio de la estructura anatómica se realizará en tres niveles: macroscópico, microscópico y submicroscópico.

1.2.2.1 ESTRUCTURA MACROSCOPICA

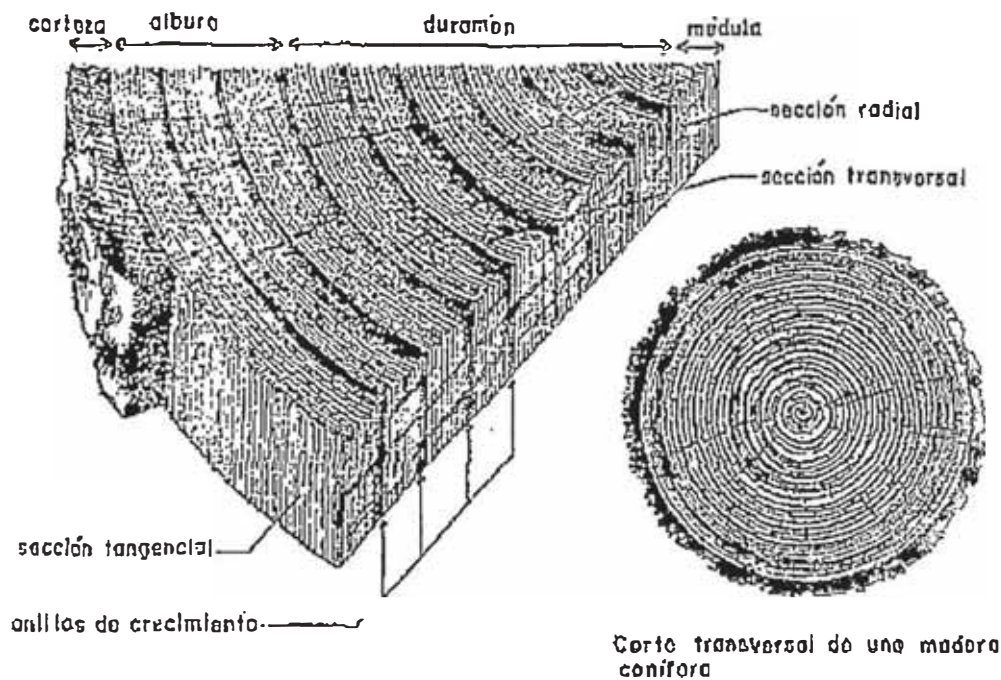
En la estructura macroscópica se consideran las características de los diferentes tejidos de la madera, las cuales pueden ser observadas a simple vista o con la ayuda de una lupa de 10 aumentos; se observan las siguientes características: (Fig. 1.2 y 1.3).

- **Anillos de crecimiento.**- Son capas de crecimiento que tienen la forma de una circunferencia, el último anillo siempre se extiende desde el extremo inferior del árbol hasta la copa. En las zonas templadas, en las cuales las estaciones son bien marcadas, todos los árboles tienen anillos bien definidos. En las zonas tropicales, en donde las estaciones no son muy marcadas, los anillos de crecimiento no siempre se distinguen claramente debido al crecimiento casi continuo del árbol.



Corte transversal de una madera latifoliada.

Fig. 1.2 Estructura anatómica de las maderas latifoliadas (tropicales)



Corte transversal de una madera conífera

Fig. 1.3 Estructura anatómica de las maderas coníferas

Radios medulares.- Son líneas que van desde el interior hacia el exterior del árbol, siguiendo la dirección de los radios del círculo definido por el tronco, formando el sistema transversal del tronco. Los radios están constituidos por células parenquimáticas, es por ello que son líneas débiles de la madera y durante el secado se produce grietas a lo largo de ellos

- **Parénquima longitudinal.-** Formado por tejido parenquimático constituye parte del sistema longitudinal del tronco. El parénquima longitudinal tiene un color más claro que el tejido fibroso. Las maderas con mayor porcentaje de tejido parenquimático son maderas de baja resistencia mecánica y más susceptibles al ataque de los hongos e insectos.

1.2.2.2 ESTRUCTURA MICROSCÓPICA

En la estructura microscópica se consideran los diferentes tipos y características de las células que forman los tejidos. Según la estructura celular, las especies maderables se dividen en dos grandes grupos: las maderas latifoliadas y las maderas coníferas.

- **Maderas latifoliadas.-** La madera tiene una estructura anatómica heterogénea, constituidas por diferentes células leñosas, tales como: los vasos o poros que tienen la función de conducción del agua y sales minerales. Existen fibras que son células adaptadas a la función mecánica y que forman el 50 por ciento o más del volumen de la madera; a mayor porcentaje de fibras mayor densidad y por tanto mayor resistencia mecánica. Asimismo se observan células de parénquima que tienen la función de almacenamiento de sustancias de reserva y forman un tejido leñoso blando; en muchas especies tropicales superan el 50 por ciento del volumen total.

Según estudios realizados por "Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales que ejecutó la Junta del Acuerdo de Cartagena" afirman que en los Bosques Andinos predomina las maderas latifoliadas por ser el clima tropical y subtropical a las cuales se las denomina maderas tropicales. Se puede afirmar que a igual densidad, las maderas latifoliadas de los bosques andinos muestran mayor resistencia que las maderas coníferas.

- **Maderas coníferas.**- Generalmente crecen en climas templados. La madera tiene una estructura anatómica homogénea y está constituida por elementos leñosos llamados traqueidas; éstas forman del 80 al 90 por ciento del volumen total de la madera y tienen la función de resistencia y conducción. Asimismo, presentan células de parénquima en menor proporción.

1.2.2.3 ESTRUCTURA SUBMICROSCÓPICA

La estructura de la fibra o célula leñosa, presenta una cavidad central denominada lumen, delimitada por la pared celular propiamente dicha. La pared presenta tres capas:

- **Lámina media.**- Llamada capa intercelular porque une células adyacentes y está compuesta principalmente por lignina (60 a 90 por ciento de la pared celular) y pectina.
- **Pared primaria.**- Es la capa exterior de la célula compuesta principalmente de lignina y pectina distinguiéndose de la lámina media por la presencia de un 5 por ciento de celulosa en forma de fibrillas.

Pared secundaria.- Compuesta principalmente por celulosa o fibrillas, llegando a alcanzar el 94 por ciento. La orientación de las fibrillas es fundamental en la resistencia de la fibra. Las fibrillas están formadas por la unión de microfibrillas. Las microfibrillas están compuestas de micelas o cristalinós, las mismas que están constituidas por cadenas moleculares de celulosa.

1.2.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA

La madera está constituida por los siguientes elementos:

Elementos	Porcentaje (%)
Carbono (C)	49
Hidrógeno (H)	6
Oxígeno (O)	44
Nitrógeno (N) y minerales	1

La combinación de éstos elementos forman los siguientes componentes de la madera: Celulosa (40 – 60 %), Hemicelulosa (5 – 25 %) y la Lignina (20 – 40 %).

1.3 AGENTES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LA MADERA

Este Ítem se desarrolló recopilando información del libro: "MANUAL DEL GRUPO ANDINO PARA LA PRESERVACIÓN DE MADERAS", realizada por la Junta del Acuerdo de Cartagena

La madera por ser un material de origen orgánico, está expuesta a una serie de ataques, sea por organismos biológicos como bacterias, hongos, insectos, perforadores marinos, e incluso animales superiores, o por causas no biológicas, como el fuego, desgaste mecánico y acción de la intemperie.

1.3.1 AGENTES DE ORIGEN VEGETAL

HONGOS XILOFAGOS

Viven en forma parásita (viven a costa de otras) por su incapacidad de producir por si solos sus alimentos. La característica más importante de este grupo de destructores de la madera es que crecen por micelio (conjunto de células del hongo) y se reproducen mediante esporas. El micelio de los hongos es el verdadero destructor de la madera. Son los agentes responsables en gran parte de la desintegración de la materia orgánica y como tales algunos de ellos afectan a la madera lo que les ha merecido el nombre de hongos xilófagos. Los hongos xilófagos causan pudrición en la madera.

HONGOS CROMÓGENOS

Son hongos capaces de producir cambios de coloración en los tejidos de la madera o manchas biológicas. Las manchas biológicas pueden tener coloración negra, roja, castaña, amarilla, marrón y gris, pero de todas ellas la más importante es la mancha azul o mancha de savia, caracterizada por la tonalidad azul oscura que proporciona a la madera atacada. Después de muchas investigaciones se ha comprobado que la mancha azul no causa efecto considerable sobre los esfuerzos de flexión y compresión, pero cuando el ataque es muy intenso, puede reducir la resistencia al impacto.

BACTERIAS

No constituyen un peligro importante en la destrucción de la madera; sin embargo, el *Bacillus Polimixa* es la bacteria capaz de atacar a la madera sumergida en agua dulce, pero esta degradación es poco significativa si se le compara con la que producen otros agentes.

MOHOS

Son los hongos de humedad, se desarrollan fundamentalmente en los depósitos y patios de madera aserrada, cuando no se apila el material en forma correcta y se impide de esta forma un secado rápido de su superficie. Al igual como los cromógenos, no influyen sobre las propiedades de resistencia mecánica de la madera ya que se desarrollan sobre la superficie de la misma y nunca en su interior, pudiendo ser eliminados por medios mecánicos.

1.3.2 AGENTES DE ORIGEN ANIMAL

INSECTOS XILÓFAGOS

Los insectos al realizar su metamorfosis completa, pasan por cuatro estados sucesivos; huevo, larva, pupa e insecto adulto. El tiempo más largo del ciclo de vida corresponde al estado larvario y es precisamente la etapa durante la cual lleva a cabo la destrucción de la madera para satisfacer sus necesidades alimenticias, produciendo en ellas orificios característicos de la especie atacante, éstos agujeros modifican el aspecto de la madera y alteran su resistencia mecánica al interrumpir la continuidad de sus elementos. Dentro de este grupo de insectos se encuentran los termites, comejenes u hormigas blancas, los coleópteros.

PERFORADORES MARINOS

Son los destructores de la madera de astilleros, embarcaciones, muelles y otras estructuras, fijas o flotantes, establecidas en el mar. Las maderas destinadas para obras portuarias deben ser sometidas a tratamientos con preservantes para impedir su destrucción por organismos marinos. Entre ellos se encuentran los moluscos y crustáceos.

1.3.3 AGENTES DE ORIGEN NO BIOLÓGICO

FUEGO

La madera por ser un material combustible, crea siempre el riesgo de incendio y esa es una de las limitaciones a su mayor uso en construcción de casas y edificios, pero la cantidad real de madera destruida por el fuego es de importancia secundaria al compararla con aquella destruida por la pudrición o el ataque de insectos.

DESGASTE MECANICO

Al ser sometida la madera a condiciones de movimiento está expuesta al deterioro por desgaste mecánico, como los durmientes de ferrocarril, tablas para pasos de nivel, maderas de puentes, etc. Para la instalación de rieles, en los durmientes de madera se usa placas metálicas de asiento, para defender la zona de contacto entre ambas superficies, retardando la acción del desgaste por rozamiento. La preservación con productos oleosolubles y pinturas al aceite o similares disminuye la acción del desgaste mecánico.

ACCIÓN CLIMÁTICA

Debido a las variaciones de temperatura y humedad causan la contracción y dilatación de la madera, formándose así pequeñas grietas en su superficie o lo que se denomina grano levantado, que la vuelve áspera y arrugada. Conforme transcurre el tiempo la madera se desfibra, produciéndose en sus caras pequeñas hendiduras y fisuras que se pueden convertir en grandes grietas o rajaduras. Además la acción química del oxígeno del aire, la radiación solar y otros gases del ambiente oxidan la madera y la envejece. Para protegerla de la intemperie se aplican pinturas, lacas o barnices, que la defienden de los cambios climáticos.

1.4 ASERRADO, SECADO Y PROTECCIÓN DE LA MADERA

Este ítem se desarrolló recopilando información del libro: "MANUAL DEL GRUPO ANDINO PARA LA PRESERVACIÓN DE MADERAS", editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena

1.4.1 ASERRADO

Es el primer proceso al que se somete un tronco luego de su extracción del bosque. Se realiza mediante sierras de cinta o con sierras circulares de grandes dimensiones. La idea es obtener piezas de dimensiones grandes, dejando para una etapa posterior la obtención de secciones más pequeñas. Esta última operación se denomina reaserrado y por lo general se ejecuta con sierras de menor dimensión y muchas veces directamente en los depósitos.

La mayoría de las especies del bosque tropical puede aserrarse sin mayores dificultades. Maderas que oponen dificultades al aserrado también pueden trabajar con éxito, introduciendo variantes en la velocidad de las sierras o en la inclinación de los dientes (ángulo de ataque).

La madera puede cortarse del tronco de tres maneras distintas: madera de "corte tangencial" cuyo corte es tangente a los anillos de crecimiento; madera de "corte radial" cuyo corte es perpendicular a los anillos, siguiendo la dirección de los radios o de los radios de las circunferencias definidas por los anillos y madera de "corte oblicuo" cuyo corte se realiza siguiendo una dirección arbitraria (Fig. 1.4).

Para producir madera de calidad estructural es conveniente aserrar las piezas en corte radial, para reducir las distorsiones y defectos debidos al secado. Para controlar las distorsiones por concentración de esfuerzos, es necesario realizar el aserrado liberando progresivamente las tensiones presentes en el árbol. Esto se efectúa alternando los cortes entre ambos lados del tronco.

Normalmente la madera radial o tangencial no es exactamente cortada perpendicular o paralelamente a los anillos de crecimiento, se considera sin embargo madera radial a aquella cuyos anillos hacen un ángulo de entre 60 y 90° con la cara mayor. Se acepta como madera tangencial a aquella cuyos anillos hacen un ángulo de 0° a 30°. A la madera cuyos anillos hacen ángulo entre 30 y 60° se la denomina oblicua. Madera para otros usos no estructurales se produce con otro corte que no es radial y muchas veces se prefieren por razones decorativas.

1.4.2 SECADO

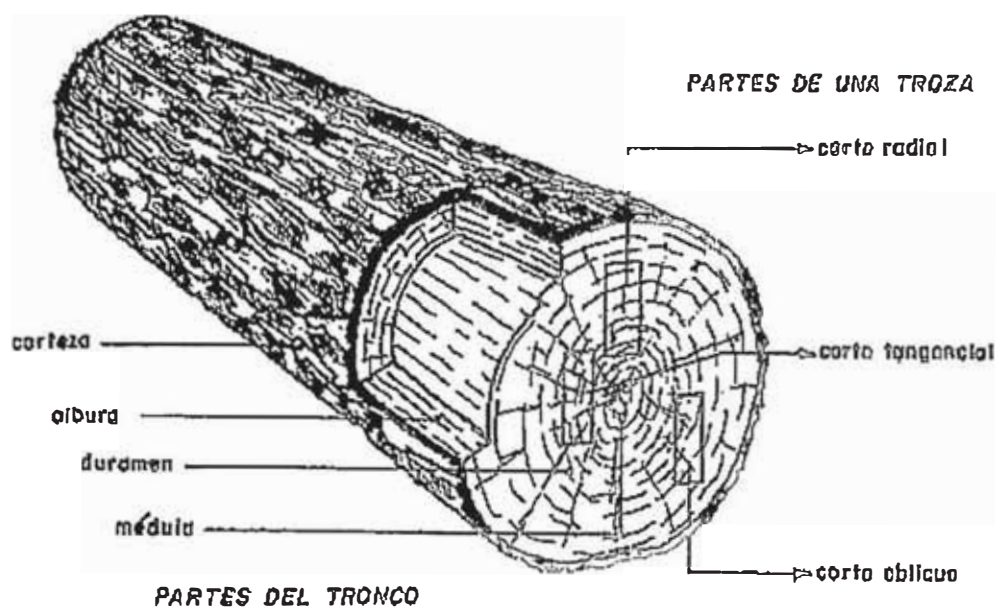
1.4.2.1 INFLUENCIA DEL SECADO SOBRE LOS ELEMENTOS DE MADERA

La madera seca tiene menor peso, mayor capacidad mecánica, mejor estabilidad dimensional, menor susceptibilidad al ataque de organismos xilófagos, permite un mejor aislamiento térmico, acústico y eléctrico, una mejor penetración de preservantes en tratamientos industriales y una aplicación más eficiente de pinturas y barnices.

La técnica del secado tiende a evitar fundamentalmente la aparición de defectos y debe además aplicarse tomando en cuenta la rapidez y economía del secado. Otra de las funciones del secado es obtener un producto que tenga un contenido de humedad (CH) compatible con el tendrá que adquirir una vez que esté puesto en servicio. Este CH denominado de equilibrio (CHE) depende fundamentalmente de las condiciones ambientales a las que se encuentra sujeta la madera.

Para usos en la construcción, si las piezas de madera que van a ser utilizadas bajo agua o en contacto con el suelo, no son necesarias que sean secadas a menos que vayan a ser sometidas a tratamientos de preservación. La madera estructural para vigas puede ser utilizada directamente en estado verde si el tiempo y el costo del secado resultan excesivos. En caso de viguetas, se debe utilizar la madera con un CH cercano al CHE. La madera que será utilizada en pisos, ya sea en forma de tablas o parquet, en molduras, puertas, ventanas o machihembrado, requiere de un secado cuyo grado puede ser incluso inferior al de la humedad de equilibrio del lugar.

Para reducir el CH de la madera se tiene dos tipos de métodos comúnmente usados en la industria. Secado al aire o secado natural y secado artificial.



PARTES DEL TRONCO

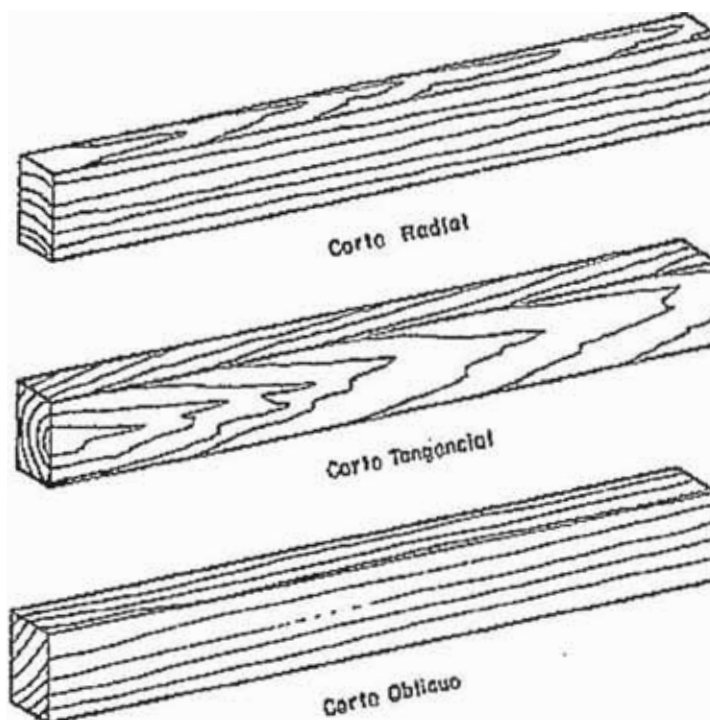


Fig. 1.4 Denominación de los tipos de corte según su orientación en el tronco.

1.4.2.2 SECADO NATURAL

El secado al aire es la forma más sencilla y a veces la más económica para secar la madera, se realiza generalmente en patios de secado ubicados en un terreno plano, alto, con buen drenaje y sin obstáculos que impidan la libre circulación del aire. El sitio debe mantenerse limpio, cortando el crecimiento de vegetación, así como la acumulación de desperdicios que puedan afectar el estado sanitario de la madera

La madera recién aserrada no debe exponerse directamente al sol, por ser propensa al agrietamiento. La migración en forma radial de la humedad es de 20 a 25 por ciento menor a la longitudinal, es decir que la salida de agua es muy rápida y se rajan los extremos. Por eso se suele pintar los extremos con pintura de aluminio o al óleo para evitar la pérdida acelerada de humedad.

El apilado de la madera puede hacerse de varias formas, pero la más común, para la madera aserrada, es la denominada pila horizontal.

Apilado horizontal.- Es el más común, el apilado de madera debe hacerse siempre sobre bases o cimientos elevados para evitar que las tablas se apoyen directamente sobre el suelo. Los cimientos pueden hacerse de concreto, madera preservada u otro material, sobre los travesaños se colocan las piezas que deben ser preferentemente de la misma especie y de igual espesor, espaciadas unas de otras, mediante separadores de madera adecuadamente escuadrados. Estos deben estar perfectamente alineados uno debajo del otro para evitar defectos en el secado de las piezas y también deben estar bajo un techo.

Apilado en Caballete.- Para ello, las tablas se inclinan o se recargan de canto, en forma más o menos vertical, sobre una viga transversal, colocada de 1 a 3 m del piso, debiéndose observar que una tabla se coloque a un lado de la citada viga y la siguiente al lado opuesto, para formar así la pila en X, es decir, con los extremos de las tablas cruzadas.

Apilado por los Extremos.- Este tipo de apilado es como que si se inclinase una pila horizontal hasta que las tablas queden en posición casi vertical. A este tipo de pila se le llama también "apilado de pie".

1.4.2.3 SECADO ARTIFICIAL

Es el proceso por el cual se elimina el agua de la madera mediante el empleo de temperatura, humedad y ventilación, diferentes a las naturales, obtenida por medio de aparatos e instalaciones especiales, siendo los hornos secadores los más comunes. El secado artificial reduce considerablemente el tiempo de secado y la madera seca artificialmente puede adquirir valores muy bajos de CH, la madera obtenida es de mejor calidad que la secada al aire, debido a que la madera se seca en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa.

1.4.2.4 VARIACIÓN DIMENSIONAL

Durante el secado de la madera se presenta contracciones que son las que originan los cambios dimensionales de las piezas de madera al cambiar su contenido de humedad. Para disminuir los cambios dimensionales en los elementos de la estructura, la madera se seca a un contenido de humedad de entre 12 y 15 por ciento antes de usarla. Los diferentes cortes de las piezas pueden influir notablemente en las deformaciones que ésta pueda presentar luego de secarse debido a las diferencias entre la contracción radial y tangencial, por lo que se recomienda que las piezas para material estructural presenten de preferencia corte radial.

Los defectos originados por el secado en la madera se presentan como: encorvaduras, torceduras, arqueaduras, abarquillado y cuando las tensiones exceden cierto límite se producen rajaduras y grietas.

1.4.3 PROTECCIÓN DE LA MADERA

Una de las limitaciones importantes de la madera es la posibilidad de sufrir ataque de insectos y hongos; o de ser afectada por el fuego, desgaste mecánico y otros, por lo que es necesario preservarla.

La durabilidad natural de la madera es la resistencia que opone este material a la pudrición por hongos o al ataque de insectos u otros agentes destructores. La densidad de la madera es un índice de durabilidad; así por ejemplo las más pesadas son en general las más durables. La durabilidad natural se puede aumentar mediante procedimientos artificiales, ya sea por un simple secado o por tratamientos preservadores especiales.

La preservación o inmunización de la madera tiene por objeto modificar la composición química de este material, haciéndolo no apetecible a los organismos biológicos, tornando a la madera venenosa o repelente a los elementos biológicos, que la atacarían si no estuviese preservada

1.4.3.1 PRESERVANTES PARA LA MADERA

Los preservantes son sustancias químicas que aplicadas convenientemente a la madera, la protegen de la acción simple o combinada de sus enemigos naturales. La preservación aumenta la durabilidad de la madera, lo que permite que ciertas especies no durables se puedan transformar en elementos capaces de competir ventajosamente con las especies durables y con otros materiales. La madera preservada se considera hoy en día como un material de larga duración, para que esto ocurra y todas las ventajas de la preservación se cumplan, se deben seleccionar cuidadosamente los preservantes a utilizarse.

1.4.3.2 TIPOS DE PRESERVANTES

Los preservadores por lo general son compuestos sólidos, que requieren de un solvente para penetrar en la madera. Se agrupan según el tipo de solvente que necesitan en: hidrosolubles y oleosolubles, según sea agua o aceite lo que necesitan para disolverse. En la madera se desea un grado elevado de protección, en consecuencia, el preservador debe penetrar hasta una profundidad considerada.

Para que una sustancia química pueda ser reconocida como preservadora de la madera, debe reunir las siguientes características:

- a) Toxicidad.- Para que transformen a la madera en un material venenoso para los organismos xilófagos que pretenden vivir o desarrollarse en su interior.
- b) Penetrabilidad.- La penetración que alcanza un preservante en la madera es un factor que depende del grado de viscosidad del producto químico, de las características y contenido de humedad de la madera y del método de tratamiento.
- c) Permanencia.- La madera tratada debe durar muchos años, por ende los componentes tóxicos del preservante deben ser de tal naturaleza que puedan fijarse a la madera en forma permanente, sus precipitados tóxicos no deben alterarse por lixiviación, volatización o ni por cambios químicos.

- d) Inocuidad.- Los preservantes deben ser seguros de manejar, algunos productos ofrecen cierto riesgo para las personas que los manipulan, ya que son concentrados tóxicos para el hombre y los animales domésticos.
- e) No corrosivos.- Los preservantes no deben ser corrosivos para los metales como clavos, pernos, equipos, etc.
- f) No combustibles.- No deben aumentar el poder de combustión de la madera tratada
- g) De fácil aplicación.- No deben ofrecer dificultades para su incorporación en la madera.
- h) Permitir acabados.- No deben interferir en los acabados que se realicen en la madera tratada.
- i) No fitotóxicos.- La madera tratada que será empleada en labores agrícolas no debe afectar por exudados a los productos como la vid, pimiento, maracuyá, etc.
- j) Económicos y accesibles.- El costo de los preservantes influye sobre el valor final de la madera tratada. En la selección de un preservante debe tenerse en cuenta su disponibilidad en los mercados locales y el destino que se pretenda dar a la madera.

Los principales preservantes son:

- CREOSOTAS

- Creosota Ordinaria

- Creosota Líquida

- Mezclas de Creosota.

PRODUCTOS ORGÁNICOS (oleosolubles)

- Naftenatos

- Pentaclorofenol

- Pentaclorofenato de sodio (soluble en agua)

- Oxido Tributyl Estannoso

- Quinolinolato 8 de Cobre

- PRODUCTOS INORGÁNICOS (hidrosolubles)

Sales Múltiples:

- Arsénico – Cobre – Amoniacales (ACA)
- Cupro – Cromo – Arsenicales (CCA)
- Cupro – Cromo – Bóricas (CCB)

Compuestos de Boro

Otros compuestos Hidrosolubles

Creosotas.- Son hidrocarburos aromáticos, se le considera por excelencia para el tratamiento de postes y durmientes principalmente.

Pentaclorofenol.- Es un compuesto químico cristalino, es el más empleado dentro de los preservantes orgánicos oleosolubles, ha resultado muy eficaz contra los hongos e insectos xilófagos, pero ineficaz contra los perforadores marinos.

Naftenatos.- Son compuestos cerosos o gomosos, no cristalinos y solubles en aceite y que se aplican con brocha, por aspersion o por inmersión.

Hidrosolubles o Inorgánicos.- Son los más generalizados en la impregnación de la madera, sobre todo en los últimos tiempos, en donde han demostrado ser muy eficaces, permiten el uso del agua como disolvente, no son fitotóxicos, no aumentan la inflamabilidad ni imparten olores a la madera y permiten buenos acabados con laca, barniz o pintura. Su mayor desventaja es la de humedecer o hinchar la madera, lo cual obliga a no poder utilizarla de inmediato por tener que secarla nuevamente. Las multisales que han demostrado ser las más eficaces en la preservación de la madera son las del grupo CCB (cobre-cromo-boro) y las CCA (cobre-cromo-arsénico), éstas últimas predominan hoy en el día en el mercado mundial de las sales hidrosolubles, son muy eficientes en la protección de la madera en contacto directo con el suelo y bajo las condiciones más desfavorables, como el agua de mar.

1.4.3.3 MÉTODOS DE PRESERVACIÓN

Los métodos de preservación protegen la madera a largo plazo se dividen en los siguientes procesos:

- Proceso sin presión
- Proceso a presión

Proceso sin presión.- La forma de aplicación es sencilla, siendo los más conocidos los métodos por brocha, inmersión (sumergir la madera en una solución preservante empleando recipientes apropiados), baño caliente –frío (sumergir la madera durante un tiempo determinado en una solución preservante o en agua caliente y luego en otra a temperatura ambiente).

Proceso a presión.- El preservador se aplica a la madera utilizando presiones distintas a la atmosférica dentro de un autoclave. Tiene ventajas sobre los métodos sin presión. En la mayoría de casos, puede conseguirse una penetración profunda y uniforme, así como una mayor absorción, con lo cual la madera tendrá una protección más eficaz. Estos procedimientos se adaptan mejor a la producción en gran escala de la madera preservada. Entre los inconvenientes que se presentan a estos métodos, está el valor elevado de las instalaciones.

1.4.3.4 PROTECCIÓN Y CUIDADO DE LOS MATERIALES EN OBRA

En obra la madera deberá ser protegida de la lluvia y daños adicionales. La madera de construcción ya colocada como parte de la estructura antes de ser revestida puede mojarse debido a la lluvia, pero puede secarse rápidamente porque la humedad está principalmente en la superficie.

Las piezas secas pueden apilarse directamente unas sobre otras, sin espaciadores, pero el apilado deberá estar separado del suelo por lo menos de 15 a 20 cm y estar cubierta por una lona o tela impermeable.

Las piezas de madera verde o casi verde, deben apilarse sobre separadores bajo techo. El mismo procedimiento deberá utilizarse para madera preservada que no se ha secado completamente.

POSICIÓN EN LA TESIS

Capítulo I <i>Características Tecnológicas y Propiedades de la Madera</i>	Capítulo II <i>La Madera como Material de Construcción</i>	Capítulo III <i>Programa de Desarrollo Forestal Sostenible según la Cámara Nacional Forestal</i>
Capítulo IV <i>Descripción General de la Madera Cachimbo</i>	Capítulo V <i>Ensayos para determinar las Propiedades Físicas-Mecánicas en Probetas Pequeñas Libres de Defectos según Normas</i>	Capítulo VI <i>Ensayo a Flexión en Vigas a Escala Natural</i>
Capítulo VII <i>Análisis de Resultados</i>	Capítulo VIII <i>Análisis de Costos de la Madera</i>	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>

Capítulo III

LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION

2.1 EL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Este ítem se desarrolló recopilando información de los libros:

“MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO”, editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena y “LOS RETOS DE LA INDUSTRIA DE LA MADERA EN EL PERÚ; INNOVANDO PARA COMPETIR”, cuyo autor es el Arquitecto Mendoza Christian, Arbaiza.

En una vivienda de construcción liviana a base de madera se distinguen dos categorías de material. La primera es “Madera de Construcción Estructural”, donde la madera es empleada con fines resistencia, como para entramados de muros, techos, pisos elevados, columnas, vigas, que constituyen la estructura de la edificación. La segunda es “Madera de Construcción No Estructural”, donde la madera es empleada para fines de no resistir cargas importantes, como para revestimientos, puertas, ventanas, muebles. La madera se comercializa en volúmenes, siendo la cubicación cuantificada en metros cúbicos (m³) y en varios países andinos pies cuadrados o pies tablares. Esta última equivale a una pieza cuadrada de 1 pie de lado y una pulgada de espesor. (Fig. 2.1).

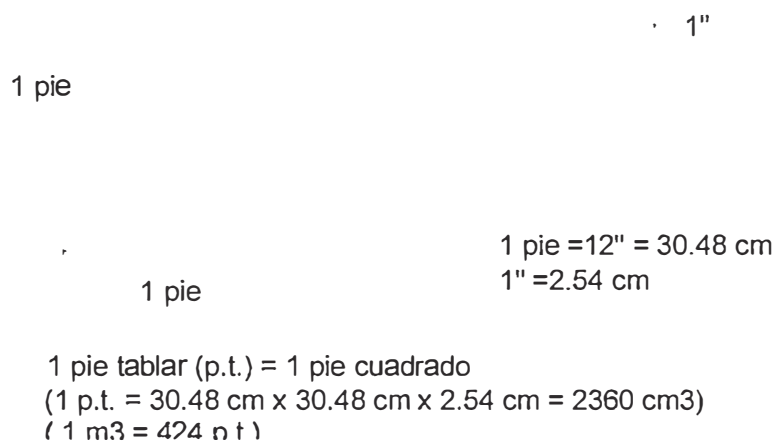


Fig. 2.1 Unidades para comercializar la madera

2.1.1 ESCUADRÍAS O SECCIONES PREFERENCIALES

Según Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT) de la Junta del Acuerdo de Cartagena, por la necesidad de contar con un grupo de escuadrías con dimensiones

estandarizadas apropiadas para la construcción y para el diseño con madera, han dado origen a las denominadas secciones preferenciales,

Debido al proceso de cortes sucesivos, cepillado y por las contracciones naturales de la pieza debidas a la disminución del contenido de humedad durante el secado, las piezas de madera experimentan disminuciones progresivas en las dimensiones de su sección transversal, haciendo diferentes las medidas iniciales, denominadas nominales o equivalentes comerciales y aquellas que finalmente presentan (dimensión real), con éstas últimas dimensiones se trabaja para el diseño y son las que deben tener al momento de la construcción. (Fig. 2.2)

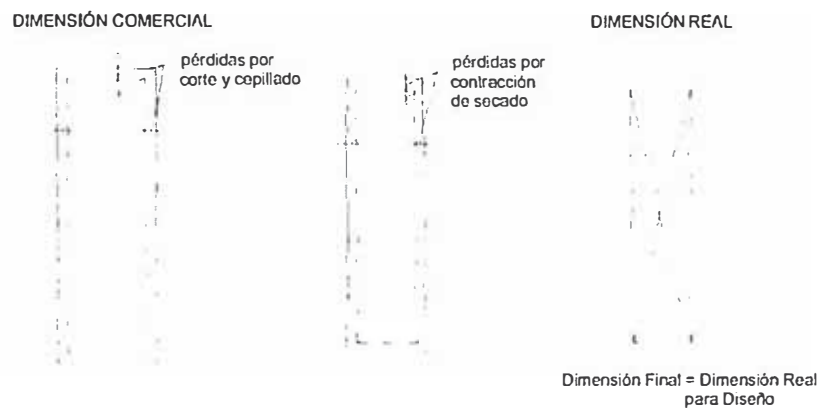


Fig. 2.2 Dimensiones comerciales y reales de la escuadría (sección transversal)

En la Tabla N° 2.1 se observan las dimensiones de las secciones preferenciales PADT-REFORT así como el uso más frecuente que puede asignárseles.

TABLA N° 2.1 SECCIONES PREFERENCIALES DE MADERA SEGÚN PADT-REFORT

Equivalente Comercial b x h (pulgadas)	Dimension Real b x h (centímetros)	Uso más frecuente
2 x 2 *	4 x 4	Pie derechos
2 x 3 *	4 x 6,5	Pie derechos, viguetas
2 x 4 *	4 x 9	Pie derechos, viguetas, columnas
2 x 6 *	4 x 14	Viguetas, vigas
2 x 7	4 x 16,5	Viguetas, vigas
2 x 8 *	4 x 19	Viguetas, vigas
2 x 10	4 x 24	Viguetas, vigas
3 x 3 *	6,5 x 6,5	Columnas
3 x 4 *	6,5 x 9	Columnas, vigas
4 x 4 *	9 x 9	Columnas
4 x 6	9 x 14	Columnas, vigas
4 x 8	9 x 19	Vigas
4 x 10	9 x 24	Vigas
4 x 12	9 x 29	Vigas
6 x 6	14 x 14	Columnas
6 x 8	14 x 19	Vigas, columnas
6 x 10	14 x 24	Vigas
6 x 12	14 x 29	Vigas

Fuente: PADT-REFORT (Junta del Acuerdo de Cartagena)

(*) Secciones comerciales en la Ciudad de Lima.

2.1.2 USO DE LA MADERA EN EL SECTOR HABITACIONAL EN EL PERÚ

Según el último censo de 1993, se observa que 35.7% de la población peruana tiene como material predominante en sus paredes el ladrillo o bloque de cemento, el 43.33% tiene paredes de adobe, el 1.2% tienen paredes de piedra o sillar, el 19.8% restante corresponde a materiales ligeros como la quincha, madera, piedra con barro, estera u otro material similar.

Las viviendas con paredes de madera no han tenido variación y mantienen una representatividad del 7% del total nacional, pero ha habido un aumento real de más de 80000 viviendas en el período intercensal.

En la Tabla N° 2.2 se observan los coeficientes de consumo de madera por metro cuadrado de construcción sin considerar pérdidas y reutilizaciones para diferentes tipos de vivienda.

TABLA N° 2.2 COEFICIENTE DE CONSUMO DE MADERA POR m² DE CONSTRUCCIÓN, SIN CONSIDERAR PÉRDIDAS Y REUTILIZACIONES

SECTOR DE USO	COEFICIENTE CONSUMO PT madera/m ² cons	TIPO DE VIVIENDA
Encofrado	33.92 8.48	Edificios Casas
Obras provisionales Cercos, andamiso	16.11	Todo tipo
Revestimientos de paredes	0.53	Principalmente Casas
Puertas	2.12 3.65	Edificios Casas
Ventanas Persianas	0.18 1.26	Edificios Casas
Paneles decorativos	0.17	Básicamente en viviendas nivel alto
Muebles - pisos	0.21	Niveles medios y Altos de vivienda
Pisos por Contrazócalo	0.78	Todo tipo de Vivienda

FUENTE: "Aplicación de Madera y sus Derivados en la Construcción Habitacional", Instituto Brasileño de Desarrollo Forestal IBDF – 1974.

Esta investigación presentada en esta Tabla es antigua pero es tal vez la más completa de ese tipo realizada en Latinoamérica, en donde se muestran los coeficientes de consumo de los diferentes tipos de uso (estructural y no estructural, temporal, permanente), permite deducir un consumo promedio de 7.5 m³ de madera aserrada, de 0.55 m³ de tablero contrachapado y de 0.008 m³ de otros paneles de madera por unidad de vivienda de 65 m² de promedio. El consumo de madera aserrada en el sector de construcción representa el 31% del volumen total producido en Brasil en ese año.

En el Perú no existe todavía información documentada para saber como es el patrón de consumo de la madera aserrada producida en el país. Se estima que entre 40 y 60% de la madera se consume en el sector construcción. El resto, aproximadamente el 30 y 40% se consume en la industria del mueble y la diferencia en artesanías y otros usos.

2.1.3 USOS SEGÚN DENSIDADES

Madera dura o pesada

Densidad entre 0.8 y 1.12 gr/cm³, humedad de 15%, no necesita tratamiento preservador. Generalmente se las usa como pisos, pasos de escaleras, elementos torneados (baranda y pasamanos).

Madera medianamente dura

Densidad entre 0.72 y 0.88 gr/cm³, se recomienda usarlas con tratamiento preservador. Generalmente se las usa en carpintería de obra como marcos de puertas y ventanas; como forros para cielos rasos, paredes; como molduras de barandas y pasamanos, tapa marcos, rondones, zócalos y contrazócalos.

Maderas Blandas

Densidad entre 0.4 y 0.72 gr/cm³, humedad de 15%, no son muy durables, pero tratadas convenientemente pueden usarse en construcción con éxito. Son las maderas denominadas de utilidad general, usadas en maderas de carpintería, mueblería, decorativas, etc.

2.2 MADERA DE CONSTRUCCIÓN NO ESTRUCTURAL

Este Ítem se desarrolló recopilando información del libro: "MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO", editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena

La madera es empleada para fines de no resistir cargas importantes, como los usados en contrazócalos, muebles, cielo raso, puertas, ventanas, etc. Pueden presentarse en dos formas dentro de una construcción: La primera "Madera Vista", son aquellas maderas de calidad, de buena apariencia, y en general limpia de defectos, llevan un acabado transparente o al natural. La segunda es "Madera Cubierta o No Vista", son maderas de menor calidad y pudiendo tener algunos defectos, son pintadas o cubiertas por barnices opacos, pintura u otros materiales tales como maderas y enchapes.

2.2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD, DURABILIDAD NATURAL Y PRESERVACIÓN

La madera de uso no estructural, deberá trabajarse en términos generales, seca con un contenido de humedad cercano al equilibrio o correspondiente al clima normal en el cual será usada. Para la comercialización se recomienda que el contenido de humedad sea menor que 20 %.

Las especies de alta durabilidad natural deberán ser usadas preferentemente, más aún en zonas de posible presencia de agua o humedad y cercanas o en contacto con el suelo. Las de poca durabilidad natural, deberán preservarse por métodos reconocidos e indicarse el mantenimiento a seguir posteriormente. Se deberán tomar precauciones en el tipo de preservación para madera que va a estar en contacto directo con el hombre o con sus alimentos.

2.2.2 REQUISITOS GENERALES

Las maderas a ser usadas en construcción no estructural deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- a) La pieza de madera debe ser sana o libre de ataque visible de hongos o pudrición alguna. No deben contener la médula del árbol y no debe presentar rajaduras severas ni aristas faltantes.
- b) La presencia de agujeros por insectos está permitida si se trata de diámetros menores 3 mm y escasos, sobre todo esparcidos, no más de 10 unidades por metro lineal.
- c) No se permiten la presencia de nudos sueltos, deberán ser sanos, firmes y no mayores que el 25 por ciento del ancho de la pieza.
- d) Los defectos de secado como grietas y arqueaduras deberán ser leves, de tal suerte que puedan corregirse en la instalación con el acabado final de la pieza.

2.3 MADERA DE CONSTRUCCIÓN ESTRUCTURAL

Este Ítem se desarrolló recopilando información del libro: "MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO", editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena.

Madera para uso estructural es aquella que es sometida a la acción de esfuerzos permanentes y específicos y por lo tanto requiere de un proceso de análisis y diseño estructural. La madera constituye el armazón estructural de la edificación. Es decir forma parte resistente de componentes como muros o paredes, pisos, techos, tales como: pie-derechos, columnas, vigas, entre otros. La característica común a todos estos elementos es su función básicamente resistente.

2.3.1 CONTENIDO DE HUMEDAD, DURABILIDAD NATURAL Y PRESERVACION

Siempre es conveniente construir con madera en estado seco o al contenido de humedad de equilibrio. De esta forma se garantiza la estabilidad dimensional de las piezas y disminuyen el riesgo de ataque de hongos e insectos. Pero en las especies de mayor densidad (grupo estructural A y algunas del grupo B), éstas ofrecen dificultades al clavado y labrado cuando secas, por lo que se debe trabajar en estado verde ($CH > 30\%$). En este caso se deben adoptar precauciones para garantizar que:

- Las piezas al secarse mantengan su forma inicial.
- Los elementos de unión estén protegidos contra el ataque corrosivo de la madera húmeda.
- Los detalles constructivos permitan a la madera contraerse libremente a medida que se seca.

La madera para estructuras debe tener una durabilidad natural o estar adecuadamente preservada. Adicionalmente deben aplicarse en el diseño aquellos detalles constructivos destinados a proteger la edificación contra agentes dañinos a la madera. Factores externos como la humedad, mal controlados pueden deteriorar el material o propiciar el crecimiento de hongos e insectos que atacan la madera

2.3.2 REQUISITOS GENERALES

- a) Debe ser material clasificado como de calidad estructural para lo cual debe cumplir con la Norma de Clasificación Visual por Defectos (Norma ITINTEC 251.104).
- b) Debe ser madera proveniente de las especies forestales agrupadas según la Norma Técnica de Edificación E. 101 "Agrupamiento de Maderas para uso Estructural".

2.4 CLASIFICACIÓN VISUAL POR DEFECTOS PARA MADERA ESTRUCTURAL

Este ítem se desarrolló teniendo como fuente a la Norma, NTP 251.104 "CLASIFICACIÓN VISUAL Y REQUISITOS PARA MADERA ASERRADA DE USO ESTRUCTURAL", y del libro: "MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO", editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena.

Se puede considerar como defecto a cualquier irregularidad o imperfección que afecta a las propiedades físicas, químicas y mecánicas de una pieza de madera. La finalidad de la Clasificación Visual por Defectos es limitar la presencia, tipo, forma, tamaño y ubicación de los mismos con la finalidad de obtener piezas de madera con características mínimas garantizadas. La clasificación es del tipo "visual" lo que implica una verificación de las tolerancias por personal humano entrenado y eventualmente certificado oficialmente.

En el Anexo B se describe la Norma de Clasificación Visual por Defectos para madera aserrada para uso estructural.

En la Fig. 2.3 se ilustran algunos términos usados en la Norma de Clasificación Visual por Defectos.

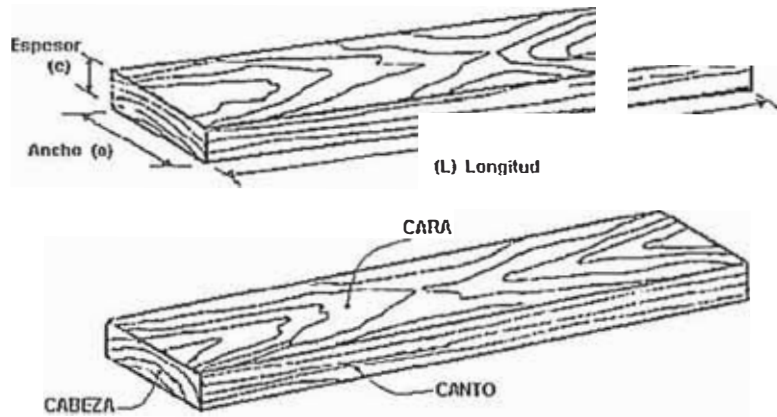


Fig. 2.3 Términos usados en la Norma de Clasificación Visual por Defectos

2.5 TOLERANCIAS DE LOS DEFECTOS EN MADERAS ESTRUCTURALES

Corresponden a la Norma, NTP 251.104 "CLASIFICACIÓN VISUAL Y REQUISITOS PARA MADERA ASERRADA DE USO ESTRUCTURAL". En donde se establece la Clasificación Visual por Defectos y los requisitos que debe cumplir la madera aserrada para uso estructural.

En la Tabla N° 2.3 se describen los defectos y tolerancias en maderas estructurales, para mayor comprensión de esta Tabla, en el Anexo B, se describe en forma gráfica los defectos y tolerancias de la Norma.

TABLA Nº 2.3 DEFECTOS Y TOLERANCIAS EN MADERAS ESTRUCTURALES

DEFECTOS	CARACTERÍSTICAS	TOLERANCIA
1. Grieta		
1.1 Grietas superficiales	En cara y canto	
	Número	Ilimitado
1.2 Grietas profundas	En cara y canto	
	Suma de longitudes	Máx. 1/4 longitud de la pieza
	Ancho	Máx. 2 mm
2. Escamadura o acebolladura	En la cara	
	Longitud	Máx. 25% de la longitud de la pieza
	Ancho	Máx. 25% del ancho de la pieza
3. Rajadura	En un solo extremo	
	Longitud	Máx. 5% de la longitud de la pieza
4. Grano inclinado	En cara o canto	Pendiente, máx. 1/8
5. Nudo	*Nudos dispersos, redondos u ovalados, en la cara o cantos fijos y sanos:	
	Ancho o espesor de la pieza mayor a 175 mm	Diámetro máx. 1/4 del ancho
	Ancho de la pieza menor a 175 mm	Diámetro máx. de 40 mm
	*Nudos dispersos, redondos u ovalados, en la cara o cantos sueltos y sanos:	
	Ancho o espesor de la pieza mayor a 175 mm	Diámetro máx. 1/8 del ancho
	Ancho de la pieza menor a 175 mm	Diámetro máx. de 20 mm
6. Mancha	En la cara	Máx. 25% del área total de la pieza.
7. Perforaciones	Grandes, en la cara o canto no alineados, ni pasantes	Máx. 3 en 1000 mm
	Pequeñas, en la cara o canto no alineados, ni pasantes	Máx. 6 en 100 cm ²
8. Arista Faltante	En una sola arista:	
	Espesor de la arista faltante	Máx. 25% del espesor de la pieza
	Ancho de la arista faltante	Máx. 25% del ancho de la pieza
	Longitud de la arista faltante	Máx. 25% de la longitud de la pieza
9. Abarquillado		Máx. 1% del ancho de la pieza
10. Arqueadura		Máx. 0.3% de la longitud de la pieza
11. Encorvadura		Máx. 0.3% de la longitud de la pieza
12. Torcedura	En una sola arista	Máx. 0.3% de la longitud de la pieza

Fuente: NTP 251.104

POSICIÓN EN LA TESIS

Capítulo I <i>Características Tecnológicas y Propiedades de la Madera</i>	Capítulo II <i>La Madera como Material de Construcción</i>	Capítulo III <i>Programa de Desarrollo Forestal Sostenible según la Cámara Nacional Forestal</i>
Capítulo IV <i>Descripción General de la Madera Cachimbo</i>	Capítulo V <i>Ensayos para determinar las Propiedades Físicas-Mecánicas en Probetas Pequeñas Libres de Defectos según Normas</i>	Capítulo VI <i>Ensayo a Flexión en Vigas a Escala Natural</i>
Capítulo VII <i>Análisis de Resultados</i>	Capítulo VIII <i>Análisis de Costos de la Madera</i>	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>

Capítulo III

PROGRAMA DE DESARROLLO FORESTAL SOSTENIBLE SEGÚN LA CÁMARA NACIONAL FORESTAL

3.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo se desarrolló teniendo como fuente el libro: "LOS RETOS DE LA INDUSTRIA DE LA MADERA EN EL PERÚ; INNOVANDO PARA COMPETIR", cuyo autor es el Arquitecto Mendoza Christian, Arbaiza.

La deforestación constituye el principal problema ambiental en la Amazonía y es causada principalmente por la expansión desordenada de la frontera agropecuaria mediante actividades de agricultura migratoria y de ganadería. Desde el punto de vista ambiental y de conservación, la pobreza de la mayoría de la población es muy preocupante, porque existe una gran presión por nuevas tierras de cultivo para satisfacer la creciente demanda de alimentos y es en la Amazonía, la región donde mayor deterioro se producirá si no se desarrollan programas forestales y agroforestales sostenibles a largo plazo. La tasa actual de deforestación es de 261158 ha/año, de acuerdo a estudios realizados por el Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA.

Existen del orden de 80 millones de ha. de patrimonio forestal que posee el Perú en Costa, Sierra y Selva; más de la mitad de ellas tienen comprobada capacidad para la producción forestal en forma permanente, lo cual representa un enorme potencial para el desarrollo sostenible del Perú.

La conservación de los bosques está directamente vinculada a su valoración económica en el mercado de los productos forestales madereros, no madereros y servicios ambientales. Los bosques tienen una enorme capacidad de producción del manejo forestal integrado a industrias madereras eficientes y competitivas a nivel internacional. Asimismo se deberá promover el desarrollo forestal de los productos no madereros y los servicios ambientales.

3.2 POTENCIAL ECONÓMICO DE LOS BOSQUES

De acuerdo a estadísticas FAO – 1995, por cada hectárea de bosques que existe en el mundo, el país que la posee recibe por la producción de madera, US\$ 116.61 cada año como contribución al Producto Bruto Interno y US\$ 40.95 por concepto de exportaciones.

Solamente hay 6 países con extensión de bosques mayores que el Perú por lo cual, las expectativas serían las de figurar entre los mayores productores y exportadores de madera en el mundo, tal como ocurre con otros recursos naturales, también abundantes como la minería y la pesca. Sin embargo, por las especiales características del recurso forestal, que es uno de los soportes de la calidad del ambiente y que es el albergue de una de las mayores diversidades biológicas del mundo, es recomendable programar cautelosamente en Costa, Sierra y Selva la incorporación progresiva de una porción de los bosques y tierras forestales cuya aptitud natural sea la producción de madera y otros productos consumibles para alcanzar recién en el año 2021, fecha en que se celebran 200 años de independencia del Perú, las metas de producción y exportación que nos hubieran correspondido alcanzar en el año 1995, de acuerdo a los promedios internacionales (Ver Tabla N° 3.1).

TABLA N° 3.1 PRONÓSTICOS DE LA CÁMARA NACIONAL FORESTAL

		AÑOS			
		2000	2005	2013	2021
Concesiones Forestales	millones de has	6.5	10.2	12.7	12.7
Costa y Sierra		0.7	1.4	1.4	1.4
Selva		5.8	8.8	11.3	11.3
Producción de Madera	millones de m3	2000	15000	25000	34000
Aporte al PBI primario	millones de US\$	590	4026	6709	9125
Participación en el PBI Nacional		1.20%	6.40%	8.40%	9.00%
Consumo interno por habitante	m3/año	0.39	0.82	1.06	1.11
Exportaciones	miles de US\$	75000	560000	1600000	3200000
PEA FORESTAL					
Empleos rurales	unidad	200000	234780	266780	301380
Empleos urbanos	unidad	100000	134000	166780	201380

Fuente: CÁMARA NACIONAL FORESTAL

3.3 LINEAMIENTOS PARA EL DESARROLLO FORESTAL SOSTENIBLE

El desarrollo forestal sostenible implica la conservación de los recursos naturales en una economía de mercado, mediante la aplicación de políticas eficientes, tecnologías forestales e industriales adecuadas y la activa participación de los pobladores locales y empresas privadas.

Los objetivos principales del desarrollo forestal sostenible propuestos por la Cámara Nacional Forestal son:

- Mejoramiento de la Calidad de Vida de la Población.
- Conservación de la Biodiversidad Amazónica.
- Producción Forestal Sostenible.

Sostienen que el manejo forestal requiere de una política y legislación clara y estable en el largo plazo y del desarrollo de opciones participativas de los pobladores locales y empresarios privados, a partir de modelos que incorporen tecnologías adecuadas para productos de mayor valor agregado y que sean eficientes y competitivas en una economía globalizada.

El reto de desarrollo institucional y participativo será crear sistemas eficientes en educación ambiental y forestal, transferencia de tecnologías y en oportunidades de inversión empresarial.

3.4 PROPUESTA ESTRATÉGICA PARA EL DESARROLLO FORESTAL

3.4.1 BIODIVERSIDAD AMAZÓNICA Y SUS ESTATUS

La Amazonía alberga más de 50% de la diversidad biológica de la Tierra, contiene el 20% de agua dulce del planeta y el 56% de los bosques tropicales existentes. Los diversos ecosistemas, la variedad de aves y especies de mamíferos y plantas y con sus grandes recursos genéticos abren grandes posibilidades para su aprovechamiento, vinculado con el medio ambiente.

La diversidad biológica representa una gran capacidad de generación de riqueza a partir de programas de investigación para el uso sostenible de los recursos, en lo que se desarrollen tecnologías adecuadas que garanticen su sostenibilidad.

La población amazónica participará en programa de conservación de la diversidad biológica cuando existan beneficios directos para su economía.

3.4.2 PRODUCCIÓN FORESTAL SOSTENIBLE

El desarrollo forestal sostenible debe partir de una **Visión Estratégica Común** en base a la concentración entre el Estado y los actores de la sociedad civil con claros criterios ecológicos, económicos y sociales y considerando las capacidades reales de sostenibilidad de los recursos forestales amazónicos.

La visión estratégica común debe considerar lo siguiente:

- Política y legislación forestal eficiente a largo plazo.
- Definición de las Zonas Forestales de Producción Permanente.
- Recursos forestales maderables y no maderables usados en forma sostenible.
Contratos de concesiones forestales a largo plazo.
- Gerencia privada de los bosques de producción.
- Participación de los pobladores locales.
- Tecnologías forestales e industriales adecuadas, que permitan mejorar la productividad, la calidad y el valor agregado de los productos.
- Generación de miles de nuevos empleos productivos.
- El mercado internacional requiere cada vez más que los productos de madera provengan de bosques manejados.

3.4.3 COMPETITIVIDAD Y GLOBALIZACIÓN DE LA ECONOMÍA

En términos generales debidos a los altos costos de mano de obra en Europa, Estados Unidos y Japón, el comercio internacional de maderas requiere de productos de mayor valor agregado, lo cual permite reducir notoriamente la incidencia de los fletes de transporte a dichos mercados y mejorar la competitividad de los productos.

La globalización de la economía ha logrado partir de nuevos procesos tecnológicos que se requieran menos insumos por unidad de producto y un alto nivel de sustitución por otros productos. Se requiere mejorar la eficiencia en la valorización económica de los recursos, en la capacidad de la gestión empresarial y en disponer de información creciente.

Para tener Competitividad se exige lo siguiente:

- Desarrollar una mentalidad competitiva.
Identificación de productos forestales líderes.
Mejorar la efectividad operacional.
- Elegir una posición competitiva distinta.
- Reorientar la inversión.
Competir a nivel regional y global.

3.4.4 ORIENTACIÓN DE LAS INVERSIONES FORESTALES A INDUSTRIAS

Las inversiones forestales a industrias deben estar orientados a lograr:

- Manejo forestal sostenible.
- Tecnologías forestales e industriales eficientes.
- Recursos humanos calificados.
- Mejorar rendimientos y productividad industrial.
- Integración de recursos forestales – industrias – mercados.
- Productos de mayor valor agregado.
Transferencia de tecnologías y capacitación empresarial.
- Sistema de información eficientes.
Desarrollo de mercados internacionales.
- Calidad, precio competitivo y servicios a los consumidores.

3.4.5 PRODUCTIVIDAD FORESTAL E INDUSTRIAL

La competitividad forestal e industrial debe considerar la aplicación de adecuadas tecnologías con el propósito de mejorar los rendimientos y la productividad de las actividades tanto forestal como la industrial, en base a:

- Formación de recursos humanos.
- Manejo forestal de los bosques primarios y secundarios.
- Utilización de especies líderes en producción de cultivo y mercado. Por ejemplo: Bolaina blanca, Marupa, Capirona, Congona, Tornillo, Maquisapa ñaha, Quinilla y Shihuahuaco entre otras).
- Control de calidad en los procesos de aprovechamiento forestal, producción industrial y almacenamiento.
Mejoramiento de las capacidades de negociación empresarial.
- Promoción comercial en los mercados nacional e internacional.
- Líneas de financiamiento competitivas a nivel internacional.

3.4.6 SERVICIOS GLOBALES DE LA AMAZONIA

Las fuerzas que operan en el ámbito mundial, tales como el calentamiento global, la pérdida de biodiversidad, la desertificación y el avance de la pobreza, tienen un fuerte impacto sobre los recursos forestales. Los recursos forestales también tiene una influencia importante en las condiciones globales. Por ejemplo, los bosques contribuyen al almacenamiento de carbono y conservación de la biodiversidad. Todos estos impactos y efectos tienen dimensiones locales, nacionales y globales.

A nivel mundial, el ciclo carbono está siendo afectado principalmente por la emisión de gases de los países desarrollados, constituyendo una gran preocupación internacional, por los efectos negativos al medio ambiente, como por ejemplo, la lluvia ácida y la tendencia del sobrecalentamiento de la Tierra como consecuencia de dicha emanación.

En la Amazonía, como balance propio del ciclo de carbono, es importante implementar políticas y programas para reducir la expansión desordenada de la frontera agropecuaria, estimulando programas y proyectos de manejo forestal y agroforestal sostenible en base a una adecuada revalorización económica y política del bosque.

POSICIÓN EN LA TESIS

Capítulo I <i>Características Tecnológicas y Propiedades de la Madera</i>	Capítulo II <i>La Madera como Material de Construcción</i>	Capítulo III <i>Programa de Desarrollo Forestal Sostenible según la Cámara Nacional Forestal</i>
Capítulo IV <i>Descripción General de la Madera Cachimbo</i>	Capítulo V <i>Ensayos para determinar las Propiedades Físicas-Mecánicas en Probetas Pequeñas Libres de Defectos según Normas</i>	Capítulo VI <i>Ensayo a Flexión en Vigas a Escala Natural</i>
Capítulo VII <i>Análisis de Resultados</i>	Capítulo VIII <i>Análisis de Costos de la Madera</i>	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>

Capítulo IV

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MADERA "CACHIMBO"

4.1 DESCRIPCIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MADERA "CACHIMBO"

Este Ítem se desarrolló teniendo como fuente los libros:

"UTILIZACIÓN INDUSTRIAL DE NUEVAS ESPECIES FORESTALES EN EL PERÚ" de autores OIMT, CNF, INRENA.

"DESCRIPCIÓN GENERAL Y ANATÓMICA DE 105 MADERAS DEL GRUPO ANDINO", editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena.

"MAPA ECOLÓGICO DEL PERÚ – GUÍA EXPLICATIVA", realizada por el INRENA.

4.1.1 DESCRIPCIONES GENERALES

4.1.1.1 NOMBRE Y FAMILIA

Nombre Común : Cachimbo
Nombre Científico : *Cariniana Domesticata*
Familia : Lecythidaceae

4.1.1.2 PROCEDENCIA Y ANTECEDENTES

A. ABUNDANCIA

Según la zona y los resultados de inventarios disponibles, el volumen bruto del Cachimbo varía de 0.40 m³/ha a 3 m³/ha (con diámetro superior a 40 cm).

B. ZONAS DE VIDA

Una Zona de Vida es la expresión de las relaciones de los organismos vivos con su medio, incluyendo al hombre. Las Zonas de Vida en el Perú se identifican en función de sus principales características sobre su distribución geográfica, configuración topográfica, clima, suelo, vegetación y uso de la tierra. Se ha identificado en el país un total de 84 Zonas de Vida.

La especie maderable "Cachimbo" *cariniana domesticata* se desarrolla en las siguientes Zonas de Vida: bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo premontano tropical y bosques muy húmedo tropical. A continuación las características de cada una de ellas.

B.1 BOSQUE HÚMEDO TROPICAL

Se ubica en la región latitudinal tropical del país, ocupa el 18.8 % de la extensión territorial. Su distribución geográfica es amplia y tipifica la denominada Selva Baja, por debajo de los 350 m.s.n.m., pudiendo llegar hasta 650 m de altura en el Sector

del río Huallaga Central. Entre las localidades dominadas por esta Zona de Vida, se tiene a Yurimaguas, Iquitos y Requena, así como parte del río Tambo (Atalaya) y la Colonia Penal del Sepa. La temperatura media anual varía entre 23.2 y 25.7 °C. El promedio de precipitación total por año varía entre 1916 y 3419.5 milímetros. El relieve topográfico dominante es ondulado a colinado, las áreas suaves o planas se distribuyen a lo largo de los grandes ríos Amazónicos. Se componen de árboles grandes de amplias copas que se unen con otros conformando una masa cerrada que impide el paso de los rayos del sol, alcanzando una altura de hasta 40 metros y un diámetro entre 1 y 2 metros

B.2 BOSQUE MUY HÚMEDO TROPICAL

Se ubica en la franja latitudinal tropical del país. Ocupa el 6.53% de la extensión territorial. La distribución geográfica se sitúa en la Selva Baja, entre los 200 y 500 m de altitud. La temperatura anual es igual o más de 24 °C y el promedio de precipitación total por año varía entre 4000 y 8000 milímetros. La vegetación típica es la de un bosque muy exuberante, siempre verde.

B.3 BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO TROPICAL

Se distribuye en la región latitudinal del país, ocupa el 21.42% de la superficie territorial del país. Su distribución geográfica de estas Zonas de Vida es muy amplia, centrada en la Selva Alta y Selva Baja. Altitudinalmente se sitúa entre 600 y cerca de 2000 m.s.n.m. para el caso de la Selva Alta y entre 200 y 400 m.s.n.m. en la denominada Selva Baja. La temperatura media anual varía entre 18.5 y 25.6 °C. El promedio de precipitación total por año varía entre 2193 a 4376 milímetros. La configuración topográfica es abrupta. La vegetación es siempre verde, los grandes árboles emergentes alcanzan hasta 45 metros de altura.

C. DISTRIBUCION

Especie de amplia distribución en América (Guyana, Panamá y la Amazonía del Perú y Brasil). En el Perú se encuentra en los departamentos de Loreto, Ucayali, Huánuco y Madre de Dios.

D. ANTECEDENTES

Su comercialización no es en volúmenes importantes a pesar que se le viene utilizando hace muchos años. Esta madera se la puede ver en casas antiguas de Lima usada en vigas y escaleras.

4.1.1.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL EN PIE

COPA: Redonda, pequeña. Presenta hojas simples, alternas, enteras, pecioladas, flores blanco-amarillentas, agrupadas en racimos terminales o axilares; fruto pixidio leñoso parecido a la pipa del tabaco con semillas aladas en forma de mariposa.

TRONCO: Fuste recto cilíndrico con aletas basales de hasta 1 m de altura. Altura comercial promedio de 18 m. Altura total promedio de 22m. Diámetro promedio en el DAP(diámetro a la altura de pecho) es de 0.55 m.

CORTEZA: Corteza externa de color marrón oscuro, de 4 cm de espesor. Corteza interna de color blanco cremoso de apariencia fibrosa, exhala un olor a aceite rancio.

4.1.1.4 DESCRIPCIÓN DE LA MADERA

Albura : Poco visible, beige. En condición seca al aire no hay diferencia entre albura y duramen.

Duramen : Es de color pardo rojizo claro que al ser expuesto a la luz se decolora ligeramente.

4.1.1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA TROZA

Forma : Cilíndrica regular

Diámetros : Medianos a grandes (mayores de 25 pulgadas)

Defectos comunes : Muy pocos. Trozas regulares sin defectos.

Conservación : Los insectos y los hongos pueden atacar a las trozas de Cachimbo y por lo tanto se recomienda acortar el tiempo de almacenamiento en el bosque y aplicarles un tratamiento funguicida e insecticida.

Flotación : Por ser su densidad verde inferior a 1 es posible evacuar por flotación las trozas de Cachimbo de las zonas de extracción.

4.1.1.6 DURABILIDAD NATURAL, PRESERVACIÓN Y USOS

A. DURABILIDAD NATURAL

Moderadamente susceptible al ataque biológico.

B. PRESERVACIÓN RECOMENDADA

Tratamiento por inmersión para madera húmeda. Tratamiento baño caliente y frío para madera seca. Esta madera es de regular impregnabilidad.

C. USOS

Carpintería en general: Tabiquería, armario, puertas, muebles, molduras, machihembrados, mangos de herramientas y artesanía.

– En estructuras: Vigas, Viguetas, Pies derechos, Columnas, tijerales.

4.1.1.7 ASERRÍO Y SECADO

A. ASERRÍO

Intermedio. Permite obtener altas productividades. Esta especie presenta una madera muy homogénea y pocas tensiones en el aserrado. El efecto de desafilado, por el alto contenido de Sílice que presenta el Cachimbo, es de mínimo a mediano.

B. SECADO

B.1 SECADO AL AIRE LIBRE

El secado al aire es moderado. Tablas de una pulgada de espesor se secan en 40 días.

B.2 SECADO EN CÁMARAS

Gracias a las investigaciones realizadas por la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos (USAID) y Exportimo, fabricante y exportador de muebles han juntado esfuerzos para investigar dentro de otras especies, al Cachimbo, ensañándonos este programa de secado en cámaras.

Para secar madera de una pulgada de espesor se deberá seguir las siguientes pautas:

- Inicio del programa: $T = 25^{\circ}\text{C}$

Humedad relativa de la cámara = 85%

Tiempo = 24 horas

- Al segundo día se deberá aumentar la temperatura hasta 35°C manteniendo la cámara por encima del 85% de humedad relativa.
- Enseguida se irá incrementando la temperatura a un promedio de un grado cada dos horas y manteniendo la cámara con un nivel cercano al 75% de humedad hasta eliminar el agua libre. Para eliminar el agua celular se deberá administrar la temperatura hasta un máximo de 55°C e ir bajando la humedad de la cámara conforme bajen el nivel de humedad de los testigos. Al octavo día, la madera debe estar por debajo del 10%.
- Finalmente se deberá acondicionar la madera por espacio de 10 horas a una temperatura ligeramente mayor a los 55 C°, para luego aplicarle un enfriamiento controlado de 10 horas.

Con este programa benigno no se observaron agrietamientos ni deformaciones por encima del 5%.

4.1.2 DESCRIPCIÓN ORGANOLÉPTICA

Los caracteres organolépticos pueden ser percibidos por los órganos de los sentidos, tales como el color, brillo, veteado, sabor, grano, textura y olor.

Color	: Pardo oscuro
Brillo	: Medio
Veteado	: Suave
Dureza	: Media alta
Grano	: Recto
Textura	: Fina a media
Olor	: No perceptible

4.2 CARACTERES MACROSCÓPICOS DE LA MADERA "CACHIMBO"

El Ítem 4.2 y 4.3 se desarrollaron teniendo como fuente a libro: "DESCRIPCIÓN GENERAL Y ANATÓMICA DE 105 MADERAS DEL GRUPO ANDINO", editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena.

A. ANILLOS DE CRECIMIENTO

Visibilidad : Visibles a simple vista
Número promedio de anillos en
10 cm de radio : 37 anillos

B. POROS / LÍNEAS VASCULARES

Visibilidad : Visibles a simple vista
Porosidad : Difusa
Tipo y disposición : Solitarios y escasos múltiples radiales
Forma y contenido : Redonda a ovalada, la mayoría abiertos

C. PARÉNQUIMA LONGITUDINAL

Visibilidad : Visibles con lupa de 10 X
Cantidad : Regular
Tipo : Apotraqueal reticulado

D. RADIOS

Visibilidad : Visibles con lupa de 10 X
Contraste característico : Presente
Estratificación : Ausente

4.3 CARACTERES MICROSCÓPICOS DE LA MADERA "CACHIMBO"

A. POROS / VASOS

Tipo y disposición : Solitarios y múltiples radiales de 2 a 4 poros
Platinas de perforación : Horizontales a oblicuas, de tipo simple
Aberturas de punteaduras : Incluidas, de forma ovalada
Punteaduras intervasculares : Alternas, de forma redonda
Número promedio por milímetro
cuadrado : Moderadamente numeroso, de 6 poros
Diámetro tangencial promedio : Mediano, de 141 u

B. PARÉNQUIMA LONGITUDINAL

Tipo	: Apotraqueal en numerosas líneas uniseriadas continuas formando retículo con los radios y separadas entre sí por capas de fibras de 5 a 11 células
Contenido	: Series parenquimatosas cristalíferas abundantes
Estratificación	: Ausente

C. RADIOS

Tipo	: Heterogéneos Tipo II y III de Kribs
Punteaduras radiovasculares	: Similares a las intervasculares
Número promedio por milímetro lineal	: Numeroso, de 7 radios
Tamaño en número de células	: Ancho: de 1 a 3 células. Altura: de 6 a 29 células
Tamaño promedio en milímetros	: Bajo, de 0.34 mm
Contenido	: Glomérulos gomosos y abundante sílice y cristales romboidales ocasionales

D. FIBRAS

Septas	: Ausentes
Estratificación	: Ausente
Espesor de la pared	: Mediana a gruesa
Punteaduras	: Simples

E. INCLUSIONES

Conductos gomíferos	: No se observaron
Sustancias orgánicas	: Gomas, se encuentran en el parénquima y radios
Sustancias inorgánicas	: Cristales y sílice, se encuentran en el parénquima y radios

En la Fig. 4.1 se observan las secciones del Cachimbo, donde se puede observar en la sección transversal, la disposición de los poros de esta madera.

Secc. Transversal

Secc. Tangencial

Secc. Radial

Fig. 4.1 Secciones del Cachimbo

POSICIÓN EN LA TESIS

Capítulo I <i>Características Tecnológicas y Propiedades de la Madera</i>	Capítulo II <i>La Madera como Material de Construcción</i>	Capítulo III <i>Programa de Desarrollo Forestal Sostenible según la Cámara Nacional Forestal</i>
Capítulo IV <i>Descripción General de la Madera Cachimbo</i>	Capítulo V <i>Ensayos para determinar las Propiedades Físicas-Mecánicas en Probetas Pequeñas Libres de Defectos según Normas</i>	Capítulo VI <i>Ensayo a Flexión en Vigas a Escala Natural</i>
Capítulo VII <i>Análisis de Resultados</i>	Capítulo VIII <i>Análisis de Costos de la Madera</i>	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>

Capítulo V

ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS EN PROBETAS PEQUEÑAS LIBRES DE DEFECTOS SEGÚN NORMAS

5.1 COLECCIÓN DE MUESTRAS

5.1.1 PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS

La madera rolliza de Cachimbo (*Cariniana Domesticata*), proviene de la zona que el Estado otorgó en Concesión a la Empresa "Inversiones HST S.A.C", en la Provincia de Atalaya, en el Departamento de Ucayali y corresponde a la Zona de Vida de "bosque húmedo tropical". En el mapa de la Fig. 5.1 se observa el lugar de procedencia de las muestras.

5.1.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

No habiéndose presentado la oportunidad de ir a la misma zona de extracción, las muestras fueron colectadas directamente del Aserradero de la Maderera M.V. en el Parque Industrial de Villa El Salvador en la Ciudad de Lima. Para la verificación de la madera Cachimbo, se contó con el apoyo del Ing. Forestal Raúl Párraga. Teniéndose la seguridad de que se ha seleccionado muestras de 5 trozas diferentes, es decir 5 árboles diferentes, estando dentro de lo establecido por la Norma E.101 Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural. En el Aserradero se procedió a la habilitación de las muestras mediante maquinaria especial, como:

- Sierra de cinta vertical, cuyo volante era de un metro de diámetro y de alimentador automático, se usó para los corte iniciales de la viga.
- Sierra de disco de banco, se usó para realizar cortes longitudinales de las medidas solicitadas.
- Regruesadora (cepilladora), se usó para llegar a las secciones finales requeridas y dejar cepilladas las muestras.

5.1.3 NÚMERO DE MUESTRAS PARA CADA TIPO DE ENSAYO

Se aplicó dos veces la Norma de Clasificación Visual por Defectos para Madera Estructural (NTP 251.104), el primero se realizó en el mismo aserradero de la Maderera M.V, la segunda se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la UNI, por que algunas muestras pueden presentar algún tipo de defectos debido al transporte. Al final quedaron aptas para los ensayos las siguientes cantidades.

– **Número de muestras para el ensayo de flexión estática en probetas pequeñas libres de defectos.**- Quedaron aptas 24 probetas de 5x5 de sección transversal y 75 cm de longitud.

– Número de muestras para el ensayo de flexión en vigas a escala natural.-
Quedaron aptas 31 vigas de 4x14 de sección transversal y una longitud promedio
de 340 cm.

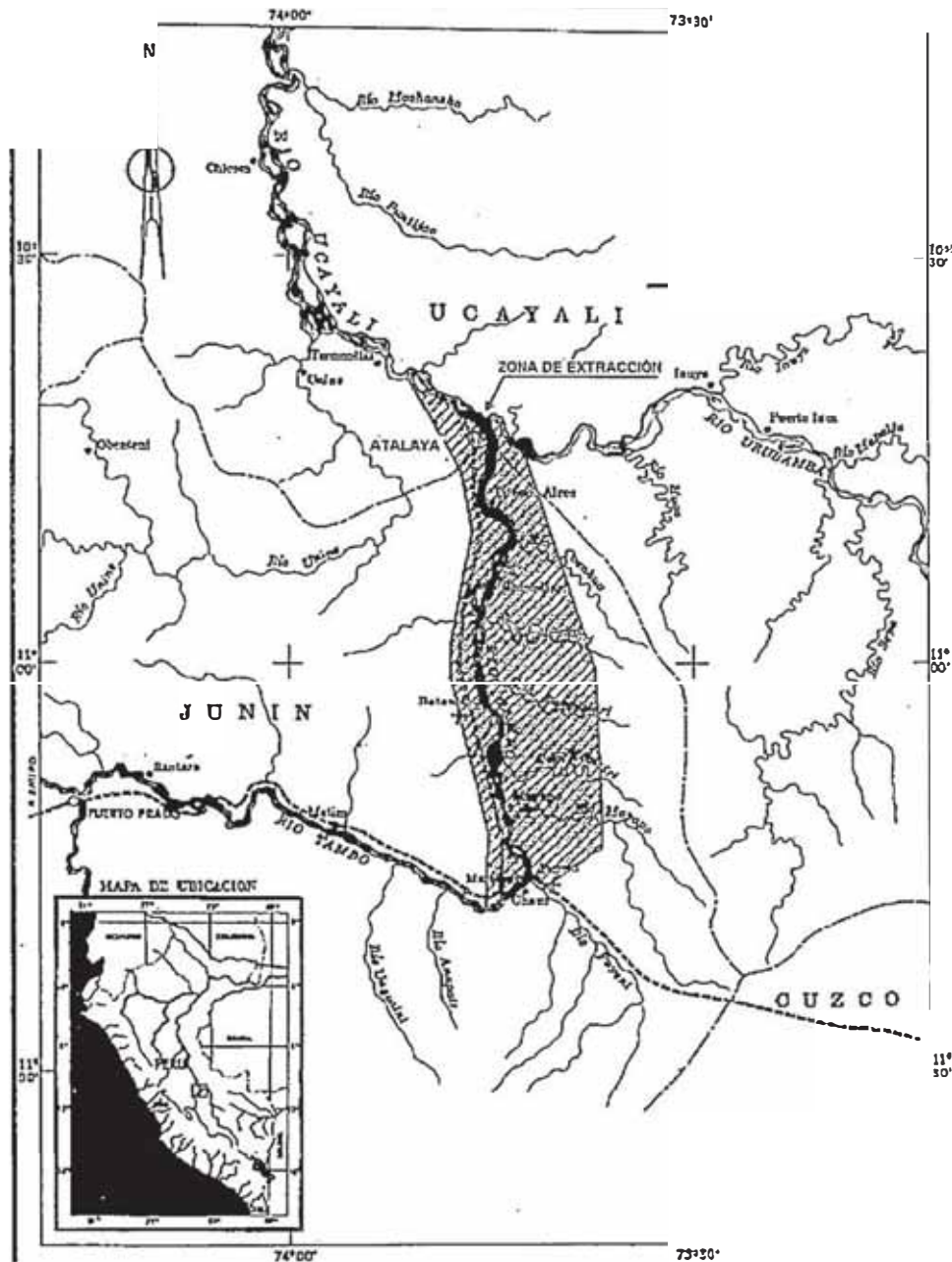


Fig. 5.1 Lugar de extracción de la madera Cachimbo

5.2 ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS

Para conocer las propiedades físicas de la muestra de madera seleccionada, se realizarán los ensayos de Contenido de Humedad (NTP 251.010) y Densidad Básica (NTP 251.011).

5.2.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

5.2.1.1 CONCEPTOS PREVIOS

En toda madera el agua se presenta bajo tres formas: agua libre, agua higroscópica y agua de constitución. El agua libre se encuentra llenando las cavidades celulares. El agua higroscópica se halla contenida en las paredes celulares. El agua de constitución se encuentra formando parte integrante de la estructura molecular. Al exponer la madera al medio ambiente, empieza el proceso de secado, se pierde primero el agua libre y después el agua higroscópica, el agua de constitución no se pierde sino por combustión de la madera. Es así que se presenta tres estados en la madera: verde, seco, anhidro. La madera está verde cuando ha perdido parte del agua libre, será madera seca cuando ha perdido la totalidad del agua libre y parte del agua higroscópica y será madera anhidra cuando ha perdido toda el agua libre y toda el agua higroscópica.

El Contenido de humedad es el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera anhidra.

Según Norma, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$CH = \frac{G - G1}{G1} * 100$$

Donde:

CH: Es el contenido de humedad, en por ciento

G: Es peso original de la muestra, en gramos

G1: Es el peso de la muestra anhidra, en gramos

El peso anhidro es conseguido mediante el uso de un horno a 103 ± 2 °C, también se le llama peso seco al horno.

Existen dos valores del Contenido de Humedad (CH). Al primero se le llama Punto de Saturación de las Fibras (PSF) y es el CH que tiene la madera cuando ha perdido la totalidad del agua libre y comienza a perder el agua higroscópica, es decir en la fórmula el peso húmedo viene a ser el peso de la madera seca, El PSF varía entre 25 a 35 %, pudiendo ser considerado igual al 30 %. Cuando el CH es menor que el PSF la madera sufre cambios dimensionales; también varían sus propiedades mecánicas.

Al segundo CH se le llama Contenido de Humedad de Equilibrio (CHE), cuando la madera está expuesta al aire, pierde parte del agua higroscópica hasta alcanzar un CH en equilibrio con la humedad relativa del aire.

5.2.1.2 PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

A. NORMA

NTP 251.010, se usó el método de secado en estufa.

B. MUESTRAS

Inmediatamente después del ensayo de flexión estática de cada probeta, de la parte no agrietada y cerca de la zona donde ocurre la falla, se corta una probeta de 2 cm de largo, es decir las muestras serán de 5 x 5 cm de sección transversal y una longitud de 2 cm. En total son 24 muestras.

Inmediatamente después de cada ensayo de flexión en vigas a escala natural, se extraen dos muestras de cada una de ellas, de la parte no agrietada y cerca de la zona donde ocurre la falla, las muestras serán de 3 x 3 cm de sección transversal y una longitud de 10 cm. En total son 62 muestras.

C. EQUIPO

- Balanza (0.1 gr)
- Estufa eléctrica

D. PROCEDIMIENTO

Se pesan las muestras, obteniéndose el valor de G.

- Se coloca en la estufa hasta alcanzar los 103 ± 2 °C, no menos de 20 horas. Luego se dejan enfriar y se pesan hasta obtener un peso constante, obteniéndose el valor de G1.

5.2.1.3 RESULTADOS

- En la Tabla N° 5.1 se muestran los resultados del contenido de humedad de las muestras de cada probeta.
- En la Tabla N° 5.2 se muestran los resultados del contenido de humedad de las muestras de cada viga.

TABLA N° 5.1
CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE 5x5x2 cm
EXTRAÍDAS DE CADA PROBETA DE 5x5x75 cm

PROBETA N°	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO HUMEDAD (%)
1	39.00	31.50	23.81
2	33.50	25.00	34.00
3	31.00	26.00	19.23
4	39.00	30.50	27.87
5	37.00	29.60	25.00
6	32.50	25.50	27.45
7	34.50	27.00	27.78
8	35.50	28.00	26.79
9	41.50	31.50	31.75
10	38.00	30.50	24.59
11	41.00	33.50	22.39
12	39.00	30.50	27.87
13	39.50	29.50	33.90
14	36.00	29.50	22.03
15	39.00	29.50	32.20
16	40.50	31.50	28.57
17	33.00	26.50	24.53
18	35.50	28.00	26.79
19	41.00	33.00	24.24
20	38.00	30.50	24.59
21	33.50	27.00	24.07
22	36.50	28.00	30.36
23	41.00	34.00	20.59
24	38.50	30.50	26.23
PROMEDIO			26.53
DESV. ESTANDAR			3.92
COEF. VARIACIÓN			14.77
PERCENTIL(5%)			20.81

TABLA N° 5.2
CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRAS DE 3x3x10 cm
EXTRAÍDAS DE CADA VIGA DE 4x14x340 cm

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO HUMEDAD (%)	HUMEDAD PROMEDIO (%)
1	M1	71.00	56.50	25.66	26.43
	M2	72.50	57.00	27.19	
2	M1	69.50	55.50	25.23	28.83
	M2	73.50	55.50	32.43	
3	M1	69.00	56.50	22.12	23.78
	M2	71.50	57.00	25.44	
4	M1	70.50	58.00	21.55	23.72
	M2	70.50	56.00	25.89	
5	M1	71.50	59.00	21.19	24.88
	M2	72.00	56.00	28.57	
6	M1	58.50	46.00	27.17	28.80
	M2	60.00	46.00	30.43	
7	M1	76.00	57.50	32.17	28.59
	M2	77.50	62.00	25.00	
8	M1	70.00	57.50	21.74	24.54
	M2	74.50	58.50	27.35	
9	M1	67.00	53.00	26.42	27.83
	M2	68.50	53.00	29.25	
10	M1	78.00	59.00	32.20	30.39
	M2	72.00	56.00	28.57	
11	M1	77.00	62.50	23.20	27.45
	M2	81.00	61.50	31.71	
12	M1	56.00	46.00	21.74	23.91
	M2	58.00	46.00	26.09	
13	M1	69.50	55.50	25.23	28.54
	M2	74.50	56.50	31.86	
14	M1	71.50	56.00	27.68	30.07
	M2	75.50	57.00	32.46	
15	M1	75.50	57.50	31.30	27.60
	M2	70.00	56.50	23.89	
16	M1	70.00	56.00	25.00	29.02
	M2	76.50	57.50	33.04	
17	M1	77.50	58.50	32.48	29.06
	M2	73.50	58.50	25.64	
18	M1	71.50	59.00	21.19	21.19
	M2	71.50	59.00	21.19	
19	M1	68.50	56.00	22.32	23.55
	M2	68.00	54.50	24.77	
20	M1	78.00	62.50	24.80	28.63
	M2	75.50	57.00	32.46	
21	M1	71.50	55.50	28.83	31.08
	M2	74.00	55.50	33.33	
22	M1	69.00	55.00	25.45	24.03
	M2	70.50	57.50	22.61	
23	M1	63.50	52.50	20.95	23.32
	M2	68.50	54.50	25.69	
24	M1	73.00	57.50	26.96	30.14
	M2	76.00	57.00	33.33	

Continúa:

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO HÚMEDO (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO HUMEDAD (%)	HUMEDAD PROMEDIO (%)
25	M1	70.00	56.00	25.00	25.12
	M2	67.00	53.50	25.23	
26	M1	69.00	54.00	27.78	26.16
	M2	68.50	55.00	24.55	
27	M1	72.50	59.00	22.88	23.73
	M2	73.50	59.00	24.58	
28	M1	68.50	55.50	23.42	25.93
	M2	70.00	54.50	28.44	
29	M1	69.00	56.50	22.12	23.34
	M2	71.00	57.00	24.56	
30	M1	69.00	56.00	23.21	25.00
	M2	71.00	56.00	26.79	
31	M1	71.00	59.50	19.33	22.27
	M2	72.00	57.50	25.22	
PROMEDIO					26.35
DESV. ESTANDAR					2.73
COEF. VARIACIÓN					10.36
PERCENTIL(5%)					22.80

5.2.2 DENSIDAD BÁSICA

5.2.2.1 CONCEPTOS PREVIOS

Es la relación entre el peso de la probeta anhidra (PSH) y el volumen en estado saturado (VS). Esta densidad es la que se usa con mayor ventaja ya que las condiciones en las que se basa (peso seco al horno y volumen verde) son estables en una especie determinada.

Según Norma, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$D.B = \frac{PSH}{VS}$$

Donde:

PSH: Es el peso seco al horno, en gramos

VS: Es volumen en estado saturado, en centímetros cúbicos

5.2.2.2 PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA DENSIDAD BÁSICA

A. NORMA

NTP 251.011

B. MUESTRAS

- Luego del ensayo a flexión de viga a escala natural, se extraen 2 muestras de cada una de ellas, de la parte no agrietada y cerca de la zona donde ocurre la falla, las muestras serán de 3 x 3 cm de sección transversal y una longitud de 10 cm. En total son 62 muestras.

C. EQUIPO

- Balanza (0.1 gr)
- Estufa eléctrica
- Probeta de PVC graduado, con capacidad suficiente para introducir la muestra, para determinar volúmenes por inmersión en agua

D. PROCEDIMIENTO

- Se introducen las muestras en agua (se saturan), hasta que alcancen un peso constante, en nuestro caso se saturó por 6 días.
- Luego de saturar la muestra, se introduce en el recipiente de PVC graduado, se coloca el espécimen verticalmente, en su cara superior se insertará una fina

aguja para mantenerla adherida al fondo del vaso, se vierte agua en el vaso hasta que el nivel del líquido sobrepase ligeramente la cara superior de la muestra. Se toma la lectura del enrasedamiento del nivel del líquido con la graduación del recipiente, se retira de inmediato la muestra y se lee de nuevo el enrasedamiento del nivel del agua con la graduación del recipiente. La diferencia entre ambas lecturas L1 y L2 nos da el volumen saturado de la probeta (VS), es decir: $VS = L1 - L2$

Luego de determinado el volumen en estado saturado, se coloca la muestra en la estufa hasta alcanzar los 103 ± 2 °C, no menos de 20 horas. Luego se deja enfriar y se pesa hasta obtener un peso constante, obteniéndose el valor de PSH.

5.2.2.3 RESULTADOS

En la Tabla N° 5.3 se muestran los resultados de la densidad básica (DB), de las muestras de cada de viga.

TABLA N° 5.3

DENSIDAD BÁSICA DE MUESTRAS DE 3x3x10 cm
EXTRAÍDAS DE CADA VIGA DE 4x14x340 cm

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO SECO (gr)	VOLUMEN SATURADO (cm ³)	DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	D.B PROMEDIO (gr/cm ³)
1	M1	59.00	97.00	0.61	0.60
	M2	56.00	96.00	0.58	
2	M1	58.00	97.00	0.60	0.57
	M2	53.50	97.00	0.55	
3	M1	59.00	96.00	0.61	0.61
	M2	57.50	96.00	0.60	
4	M1	55.00	99.00	0.56	0.57
	M2	57.50	98.00	0.59	
5	M1	57.00	97.00	0.59	0.58
	M2	57.50	99.00	0.58	
6	M1	57.50	97.00	0.59	0.59
	M2	57.00	98.00	0.58	
7	M1	49.50	98.00	0.51	0.52
	M2	51.50	96.00	0.54	
8	M1	59.50	94.00	0.63	0.62
	M2	60.50	100.00	0.61	
9	M1	52.50	96.00	0.55	0.56
	M2	55.00	97.00	0.57	
10	M1	55.50	98.00	0.57	0.56
	M2	54.00	96.00	0.56	
11	M1	62.00	97.00	0.64	0.64
	M2	61.50	97.00	0.63	
12	M1	57.50	96.00	0.60	0.59
	M2	57.00	97.00	0.59	
13	M1	57.50	97.00	0.59	0.59
	M2	57.50	99.00	0.58	
14	M1	56.00	97.00	0.58	0.57
	M2	55.50	97.00	0.57	
15	M1	58.50	95.00	0.62	0.62
	M2	59.50	96.00	0.62	
16	M1	55.50	99.00	0.56	0.57
	M2	56.50	96.00	0.59	
17	M1	57.50	96.00	0.60	0.61
	M2	58.50	95.00	0.62	
18	M1	61.50	97.00	0.63	0.63
	M2	61.00	97.00	0.63	
19	M1	55.00	96.00	0.57	0.58
	M2	57.00	98.00	0.58	
20	M1	57.50	98.00	0.59	0.59
	M2	57.00	97.00	0.59	
21	M1	55.00	100.00	0.55	0.56
	M2	55.50	99.00	0.56	
22	M1	50.00	96.00	0.52	0.53
	M2	51.50	95.00	0.54	
23	M1	54.50	96.00	0.57	0.56
	M2	54.50	98.00	0.56	
24	M1	53.50	99.00	0.54	0.56
	M2	56.00	97.00	0.58	

Continúa:

VIGA N°	MUESTRA N°	PESO SECO (gr)	VOL. SATURADO (cm ³)	DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)	D.B PROMEDIO (gr/cm ³)
25	M1	56.00	99.00	0.57	0.57
	M2	55.00	97.00	0.57	
26	M1	55.00	97.00	0.57	0.55
	M2	54.00	100.00	0.54	
27	M1	56.00	96.00	0.58	0.60
	M2	60.00	97.00	0.62	
28	M1	56.00	95.00	0.59	0.58
	M2	54.50	97.00	0.56	
29	M1	57.00	98.00	0.58	0.58
	M2	57.00	97.00	0.59	
30	M1	53.00	95.00	0.56	0.57
	M2	55.50	94.00	0.59	
31	M1	59.00	105.00	0.56	0.58
	M2	62.00	105.00	0.59	
PROMEDIO					0.58
DES. ESTANDAR					0.03
COEF. VARIACIÓN					4.49
PERCENTIL(5%)					0.54

5.3 ENSAYO DE PROPIEDADES MECÁNICAS

5.3.1 ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN PROBETAS LIBRE DE DEFECTOS

5.3.1.1 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA

A. NORMA

NTP 251.017

B. MUESTRAS

- Se ensayaron 24 probetas de 5 x 5 cm de sección transversal y una longitud de 75 cm (de luz 70 cm).

C. EQUIPO

Máquina Universal Amsler (sistema oleohidráulico, con un cilindro de doble efecto), con capacidad de hasta 50 toneladas.

Deflectómetro

D. PROCEDIMIENTO

La carga se aplica en el centro de luz de la probeta (distancia entre los soportes 70 cm)

La carga se realiza continuamente a la probeta con una velocidad constante de la cabeza móvil de la prensa de 2.5 mm/min.

- Se miden las deflexiones producidas en el centro de luz, para cargas progresivas, a intervalos de cada 100 kg, para poder trazar el gráfico de curva-deformación para determinar el Límite de Proporcionalidad.
- Anotar la carga bajo la cual ocurre la falla (carga máxima) y su deformación respectiva
- Inmediatamente después del ensayo de cada probeta, de la parte no agrietada y cerca de la zona donde ocurre la falla se corta una probeta de 2 cm de largo, para determinar el contenido de humedad de la probeta, éstos resultados se muestran en la Tabla N° 5.1.

5.3.1.2 EXPRESIÓN DE RESULTADOS

A. ESFUERZO DE LA FIBRA AL LÍMITE PROPORCIONAL (ELP)

Se calcula según la fórmula siguiente:

$$ELP = \frac{3P_L L}{2ae^2} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P_L : Carga al límite proporcional, en kg

L: Distancia entre los soportes (luz de la probeta), en cm

a: Ancho de la probeta, en cm

e: Espesor de la probeta, en cm

Para el ensayo:

a = 5 cm

e = 5 cm

L = 70 cm

FORMA DE DETERMINAR EL VALOR DE LA CARGA AL LÍMITE PROPORCIONAL(P_L)

La carga al límite proporcional, se determina sobre la curva carga-deformación, trazando una tangente desde cero y corresponde al punto donde la tangente se separa de la curva. Otra forma de determinar es añadiendo junto a la gráfica curva-deformación, la gráfica de la recta $Y = bX$, donde "b" es la pendiente que resulta de aplicar una regresión lineal a los primeros cinco o seis primeros puntos de los datos registrados de carga y deformación, y ubicar el punto en el cual se separa la recta de la curva carga-deformación.

B. MÓDULO DE ROTURA (MOR)

Se calcula según la fórmula siguiente:

$$MOR = \frac{3P_L L}{2ae^2} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P: Carga máxima, en kg

L: Distancia entre los soportes (luz de la probeta), en cm

a: Ancho de la probeta, en cm

e: Espesor de la probeta, en cm

Para el ensayo:

a = 5 cm

e = 5 cm

L = 70 cm

C. MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE)

Se calcula según la fórmula siguiente:

$$\text{MOE} = \frac{P_L L^3}{4ae^3 Y} \quad \text{o también: } \text{MOE} = \frac{L^3 \left(\frac{dp}{dy} \right)}{4ae^3} \quad \text{kg/cm}^2$$

Donde:

P_L: Carga al límite proporcional, en kg

L: Distancia entre los soportes (luz de la probeta), en cm

a: Ancho de la probeta, en cm

e: Espesor de la probeta, en cm

Y: Deflexión en el centro de la luz, al límite proporcional, en cm

$\frac{dp}{dy}$ = Pendiente de zona elástica de la curva carga-deformación, en kg/cm

Para el ensayo:

a = 5 cm

e = 5 cm

L = 70 cm

FORMA DE DETERMINAR EL VALOR DE “ $\frac{dp}{dy}$ ”

Trazada la curva carga-deformación, se procede a aplicar una regresión lineal con los cinco o seis primeros puntos (zona elástica de la gráfica), encontrándose la recta de la forma: $Y = a + bX$, donde “Y” es la carga aplicada en kilogramos, “X” es la deflexión en centímetros, “a” es el punto de intersección entre la recta y el eje de las cargas, “b” es la pendiente de la recta, que viene a ser el valor de $\frac{dp}{dy}$.

5.3.1.3 RESULTADOS

- En la Tabla N° 5.4 se muestran los resultados del ensayo de flexión estática en probetas pequeñas libres de defectos.

TABLA N° 5.4

RESULTADO DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN PROBETAS DE 5x5x75 cm

PROBETA N°	PENDIENTE ZONA ELÁSTICA dp/dw (kg/cm)	CARGA AL LÍMITE PROPORCIONAL P _L (Kg)	CARGA MÁXIMA P (kg)	ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL ELP (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA MOR (kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD MOE (kg/cm ²)
1	842.84	640.00	1030.00	537.60	865.20	115637.30
2	885.72	460.00	925.00	386.40	777.00	121521.27
3	883.30	490.00	930.00	411.60	781.20	121188.16
4	908.71	500.00	985.00	420.00	827.40	124674.67
5	913.95	460.00	800.00	386.40	672.00	125393.31
6	871.35	480.00	950.00	403.20	798.00	119548.87
7	837.43	470.00	840.00	394.80	705.60	114895.30
8	937.09	520.00	920.00	436.80	772.80	128569.36
9	956.15	530.00	1030.00	445.20	865.20	131183.25
10	941.59	520.00	995.00	436.80	835.80	129186.19
11	930.49	480.00	905.00	403.20	760.20	127663.06
12	937.96	470.00	1020.00	394.80	856.80	128687.77
13	920.59	520.00	940.00	436.80	789.60	126304.98
14	942.41	540.00	995.00	453.60	835.80	129298.28
15	894.08	510.00	980.00	428.40	823.20	122667.47
16	924.64	480.00	875.00	403.20	735.00	126861.00
17	836.80	500.00	805.00	420.00	676.20	114808.90
18	886.38	480.00	740.00	403.20	621.60	121611.33
19	991.43	510.00	1010.00	428.40	848.40	136023.80
20	995.98	500.00	1110.00	420.00	932.40	136648.56
21	956.58	470.00	790.00	394.80	663.60	131242.95
22	818.97	450.00	780.00	378.00	655.20	112363.07
23	958.69	530.00	1125.00	445.20	945.00	131532.68
24	1004.86	490.00	1000.00	411.60	840.00	137866.19
PROMEDIO		500.00	936.67	420.00	786.80	125640.74
DESV. EST.		38.79	103.3847	32.58	86.84	7022.40
COEF. VAR.		7.76	11.04	7.76	11.04	5.59
PERCENTIL(5%)		460.00	781.50	386.40	656.46	114821.86

POSICIÓN EN LA TESIS

Capítulo I <i>Características Tecnológicas y Propiedades de la Madera</i>	Capítulo II <i>La Madera como Material de Construcción</i>	Capítulo III <i>Programa de Desarrollo Forestal Sostenible según la Cámara Nacional Forestal</i>
Capítulo IV <i>Descripción General de la Madera Cachimbo</i>	Capítulo V <i>Ensayos para determinar las Propiedades Físicas-Mecánicas en Probetas Pequeñas Libres de Defectos según Normas</i>	Capítulo VI <i>Ensayo a Flexión en Vigas a Escala Natural</i>
Capítulo VII <i>Análisis de Resultados</i>	Capítulo VIII <i>Análisis de Costos de la Madera</i>	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>

Capítulo VI

ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

6.1 COLECCIÓN DE MUESTRAS

La colección de las muestras para el ensayo de flexión en vigas a escala natural se mencionó en el ítem 5.1, pero ahora se complementará la información. En el Aserradero de la Maderera M.V. en el Parque Industrial de Villa El Salvador, se procedió a comprobar si la madera era de la especie Cachimbo, con el apoyo del Ing. Forestal Raúl Párraga se verificó, observando los caracteres organolépticos de la madera, también se usó la lupa de 10x (diez aumentos) y una navaja especial para raspar la madera, así se pudo observar las disposición de los poros, los cuales tenían que ser iguales a la Fig. 4.1.

Se encontraron tablones de Cachimbo en secciones de 4"x8" y 4"x12" con longitudes de 11 pies y 12 pies respectivamente, para la preparación de las vigas se procedieron a cortarlos a una sección de 2"x6" con la sierra de cinta vertical, posteriormente se cortaron a una longitud promedio de 340 cm con la sierra de disco de banco, luego con la cepilladora se rebajó la sección transversal de 2"x6" a secciones de 4cm x 14cm, luego de dos pasadas en cada cara y canto de cada viga. Habilitadas las vigas a las medidas requeridas, se aplicó dos veces la Norma de Clasificación Visual por Defectos, una, en el Aserradero y la otra, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI, quedando aptas 31 vigas para el ensayo de flexión en vigas a escala natural.

6.2 CONDICIÓN DE HUMEDAD EN LAS VIGAS A ENSAYARSE

Las vigas antes del ensayo se apilaron en forma horizontal en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la UNI, el lugar es apropiado por presentar buena ventilación y es techado, porque la madera recién aserrada no debe exponerse directamente al sol, por ser propensa al agrietamiento

Las vigas fueron ensayadas en condición seca al aire. Para hallar el contenido de humedad de cada viga, se extrajeron dos muestras de cada viga inmediatamente después de realizado el respectivo ensayo de flexión. En la Tabla N° 5.2 se muestra el contenido de humedad de cada viga ensayada, resultando una humedad promedio de 26.35 %. El contenido de humedad resulta estar dentro del rango del

Punto de Saturación de las Fibras (PSF) que varía entre 25 a 35 % de humedad, entonces la madera no sufrió cambios dimensionales, ni variaron sus propiedades mecánicas durante el tiempo en que demoró en realizar todos los ensayos, que fueron alrededor de tres semanas.

El contenido de humedad hallado, está muy cercano al 30% que es lo que recomienda la NTP 251.107, para determinar los esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad mínimo y promedio.

6.3 REGISTRO DE DEFECTOS Y CLASIFICACIÓN

En total fueron 31 vigas que se ensayaron, las cuales cumplen la Norma de Clasificación Visual por Defectos (NTP 251.104, Ver Anexo B), entonces se les considera como Madera para Uso Estructural.

Algunas de éstas vigas presentaron defectos como por ejemplo:

- Encorvaduras, en promedio de 8 mm en una longitud total de viga de 340 cm.
- Grano inclinado, en la cara y de 1/10
- Nudo sano, de hasta 3 cm de diámetro y fuera del tercio central de la viga
- Perforaciones Pequeñas, con diámetros menores de 2 mm.

Pero todos éstos defectos están dentro de la tolerancia que exige la Norma.

Según la NTP 251.104, la madera aserrada para uso estructural se clasificará por sus defectos en un solo grado de calidad denominado "MADERA ESTRUCTURAL".

6.4 MÉTODO DE ENSAYO SEGÚN NORMAS

A. NORMA

- NTP 251.107

B. MUESTRAS

- Las muestras llegaron al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNI con la medida de 4 x 14 cm de sección transversal, con una longitud promedio de 340

cm. La cantidad de muestras ensayadas fue de 31 vigas, en condición seca al aire.

C. EQUIPO

Máquina Amsler (sistema olehidráulico, de dos cilindros de doble efecto), con capacidad de hasta 20 toneladas.

- 1 Deflectómetro
1 regla metálica graduada.
- Soporte metálico, consistente en dos apoyos que tienen una separación de 3 metros, con 2 arriostres laterales, este soporte es especialmente preparado para realizar ensayos de flexión en vigas de madera.

D. PROCEDIMIENTO

Se coloca las vigas sobre el soporte metálico para vigas, sobre los 2 apoyos simples (luz entre apoyos es de 3 metros), los soportes o arriostres laterales se utilizan para evitar esfuerzos de torsión que se puedan presentar durante la realización del ensayo.

Se colocan bloques de carga en dos puntos que corresponden a los tercios de la luz, es decir a $L/3$ y a $2L/3$.

Se instala el deflectómetro al centro de luz y la regla graduada en el primer tercio de luz.

La carga se realiza continuamente a la viga con una velocidad constante no mayor de 0.28 mm/s.

Se miden las deflexiones producidas en el tercio de luz (a 100 cm del primer apoyo) y las deflexiones producidas en el centro de luz (a 150 cm del primer apoyo), para cargas progresivas, a intervalos de cada 100 kg, para poder trazar el gráfico de curva-deformación.

Anotar la carga bajo la cual ocurre la falla (carga máxima) y su deformación respectiva.

- Inmediatamente después de cada ensayo de flexión en vigas a escala natural, se extraen 2 muestras de cada una de ellas, de la parte no agrietada y cerca de la zona donde ocurre la falla, las muestras serán de 3 x 3 cm de sección transversal y una longitud de 10 cm, éstos resultados se muestran en la Tabla N° 5.2.

6.4.1 EXPRESIÓN DE RESULTADOS

6.4.1.1 ESFUERZO DE LA FIBRA AL LÍMITE PROPORCIONAL

El Esfuerzo de la Fibra al Límite Proporcional (ELP), se calcula según la fórmula siguiente:

$$ELP = \frac{2P_L L}{ae^2} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P_L : Carga al límite proporcional, en kg

L: Distancia entre los soportes (luz de la viga), en cm

a: Ancho de la viga, en cm

e: Espesor o peralte de la viga, en cm

6.4.1.2 MÓDULO DE ROTURA

El Módulo de Rotura (MOR), se calcula según la fórmula siguiente:

$$MOR = \frac{2PL}{ae^2} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P: Carga máxima, en kg

L: Distancia entre los soportes (luz de la viga), en cm

a: Ancho de la viga, en cm

e: Espesor o peralte de la viga, en cm

6.4.1.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD

El Módulo de Elasticidad sin considerar deformación por corte (MOE s/c), se calcula según la fórmula siguiente:

$$MOE = MOE_{s/c} = \frac{23P_L L^3}{648IY} \quad \text{o también: } MOE_{s/c} = \frac{23L^3 \left(\frac{dp}{dy} \right)}{648I} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P_L : Carga al límite proporcional, en kg

L: Distancia entre los soportes (luz de la viga), en cm

Y: Deflexión en el centro de la luz al límite proporcional, en cm

$\frac{dp}{dy}$ = Pendiente de zona elástica de la curva carga-deformación, en kg/cm

I: Momento de inercia de la viga ($I = \frac{ac^3}{12}$), en cm⁴

6.4.1.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD CONSIDERANDO DEFORMACIÓN POR CORTE

El Módulo de Elasticidad considerando deformación por corte (MOE c/c), se calcula a partir de la deformación máximas admisibles en el primer tercio de luz (L/3) y al centro de luz de la viga (L/2).

Deformación al centro de luz de la viga ($\Delta_{L/2}$):

$$\Delta_{L/2} = \frac{23 PL^3}{648 EI} + \frac{PL}{3GA_s} \quad \text{en cm}$$

Deformación al primer tercio de luz ($\Delta_{L/3}$):

$$\Delta_{L/3} = \frac{20 PL^3}{648 EI} + \frac{PL}{3GA_s} \quad \text{en cm}$$

Restando ambas ecuaciones:

$$\Delta_{L/2} - \Delta_{L/3} = \frac{PL^3}{216 EI}$$

Despejando:

$$E = \text{MOE c/c} = \frac{PL^3}{216 I(\Delta_{L/2} - \Delta_{L/3})} \quad \text{kg/cm}^2$$

6.5 RESULTADO DE ENSAYOS

- En la Tabla N° 6.1 se muestran las secciones reales de cada viga.
- En la Tabla N° 6.2 se muestran los valores del Esfuerzo al Límite Proporcional y Módulo de Rotura de cada viga.
- En la Tabla N° 6.3 se muestran los valores del Módulo de Elasticidad sin considerar deformación por corte de cada viga.
- En la Tabla N° 6.4 se muestran los valores del Módulo de Elasticidad considerando deformación por corte de cada viga.

TABLA N° 6.1
SECCIONES REALES DE LAS VIGAS

VIGA	ANCHO	ALTURA
N°	a	e
	(cm)	(cm)
1	4.06	13.93
2	4.09	14.02
3	4.06	14.03
4	4.09	13.96
5	4.11	13.93
6	4.12	13.94
7	4.08	13.93
8	4.09	13.94
9	4.08	14.02
10	4.10	13.94
11	4.11	13.98
12	4.06	14.02
13	4.08	14.02
14	4.07	13.94
15	4.09	13.99
16	4.05	14.00
17	4.11	13.95
18	4.08	13.96
19	4.08	13.96
20	4.07	14.02
21	4.11	13.95
22	4.06	13.99
23	4.11	14.00
24	4.08	13.95
25	4.11	13.95
26	4.11	13.94
27	4.10	13.99
28	4.12	13.93
29	4.09	13.99
30	4.08	13.99
31	4.08	13.95

TABLA N° 6.2

ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL(ELP) Y MÓDULO DE ROTURA(MOR) EN VIGAS

VIGA N°	LUZ LIBRE L (cm)	CARGA AL LÍMITE PROPORCIONAL P _L (Kg)	CARGA MÁXIMA P (Kg)	ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL ELP (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA MOR (kg/cm ²)
1	300	700	1060	533.37	807.68
2	300	740	1020	553.00	762.24
3	300	500	750	375.20	562.79
4	300	660	1020	497.23	768.44
5	300	680	980	511.58	737.28
6	300	430	620	322.51	465.02
7	300	530	960	401.67	727.55
8	300	700	1000	528.27	754.67
9	300	730	1030	546.16	770.61
10	300	430	660	323.72	496.87
11	300	470	680	351.24	508.17
12	300	510	760	383.44	571.40
13	300	480	730	358.65	545.45
14	300	550	950	416.71	719.77
15	300	750	1030	562.88	773.02
16	300	610	880	460.69	664.61
17	300	450	660	337.83	495.48
18	300	590	920	445.22	694.24
19	300	480	670	362.68	506.24
20	300	490	740	367.50	555.00
21	300	600	950	450.10	712.66
22	300	590	850	445.86	642.34
23	300	670	1000	499.20	745.07
24	300	560	930	423.53	703.36
25	300	600	900	449.74	674.61
26	300	630	950	473.67	714.27
27	300	480	720	358.73	538.09
28	300	730	970	547.87	727.99
29	300	560	750	420.28	562.88
30	300	520	810	390.58	608.4i
31	300	650	950	491.03	717.66
PROMEDIO		582.90	867.74	438.39	652.71
DESV. EST.		98.83	136.57	74.42	103.56
COEF. VAR.		16.96	15.74	16.98	15.87
PERCENTIL(5%)		440.00	660.00	330.77	496.17

TABLA N° 6.3
MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE s/c) SIN CONSIDERAR DEFORMACIÓN
POR CORTE EN VIGAS

VIGA N°	PENDIENTE ZONA ELÁSTICA dp/dy (kg/cm)	LUZ LIBRE L (cm)	INERCIA DE LA SECCIÓN I (cm ⁴)	MÓDULO DE ELASTICIDAD MOE (kg/cm ²)
1	166.786	300	913.874	174900.266
2	171.052	300	937.826	174792.228
3	115.764	300	934.622	118701.231
4	154.129	300	926.497	159425.276
5	155.878	300	925.793	161356.916
6	104.143	300	929.293	107397.602
7	163.500	300	919.035	170491.324
8	174.325	300	923.363	180926.866
9	166.180	300	936.964	169970.268
10	112.541	300	925.619	116518.507
11	127.131	300	935.129	130286.109
12	109.407	300	932.371	112453.856
13	107.220	300	938.399	109497.762
14	159.513	300	920.171	166128.323
15	165.542	300	931.817	170252.959
16	160.397	300	926.862	165843.456
17	123.713	300	929.321	127575.114
18	134.784	300	924.986	139643.324
19	124.435	300	923.568	129118.721
20	110.702	300	934.668	113505.171
21	149.126	300	929.786	153704.828
22	163.065	300	925.638	168824.427
23	131.498	300	939.729	134101.027
24	139.909	300	922.246	145383.527
25	154.012	300	930.541	158612.013
26	155.357	300	927.036	160601.478
27	149.008	300	936.195	152531.841
28	158.295	300	928.046	163460.782
29	129.859	300	931.817	133554.600
30	160.835	300	931.057	165547.333
31	156.135	300	923.092	162096.176
PROMEDIO				148296.88
DESV. EST.				22705.58
COEF. VAR.				15.31
PERCENTIL(5%)				110975.81

TABLA N° 6.4
MÓDULO DE ELASTICIDAD (MOE c/c) CONSIDERANDO DEFORMACIÓN
POR CORTE EN VIGAS

VIGA N°	CARGA AL LÍMITE PROPORCIONAL P _L (Kg)	LUZ LIBRE L (cm)	Δ _{L/2} (cm)	Δ _{L/3} (cm)	INERCIA DE LA SECCIÓN I (cm ⁴)	MÓDULO DE ELASTICIDAD MOE (L/2 y L/3) (kg/cm ²)
1	700	300	4.197	3.615	913.874	164481.311
2	740	300	4.326	3.632	937.826	142105.590
3	500	300	4.319	3.938	934.622	175378.111
4	660	300	4.282	3.713	926.497	156418.859
5	680	300	4.362	3.753	925.793	150653.510
6	430	300	4.129	3.651	929.293	120996.666
7	530	300	3.242	2.846	919.035	182109.113
8	700	300	4.015	3.322	923.363	136638.734
9	730	300	4.393	3.685	936.964	137543.545
10	430	300	3.821	3.279	925.619	107136.855
11	470	300	3.697	3.198	935.129	125989.630
12	510	300	4.661	4.263	932.371	171776.393
13	480	300	4.477	3.910	938.399	112764.575
14	550	300	3.448	3.008	920.171	169832.797
15	750	300	4.531	3.833	931.817	144298.680
16	610	300	3.803	3.282	926.862	157810.467
17	450	300	3.637	3.273	929.321	165955.253
18	590	300	4.377	3.785	924.986	134669.996
19	480	300	3.857	3.318	923.568	120420.711
20	490	300	4.426	3.959	934.668	140352.794
21	600	300	4.023	3.579	929.786	181506.639
22	590	300	3.618	3.105	925.638	155220.431
23	670	300	5.095	4.412	939.729	130413.701
24	560	300	4.003	3.600	922.246	188525.989
25	600	300	3.896	3.318	930.541	139580.826
26	630	300	4.055	3.535	927.036	163423.413
27	480	300	3.221	2.854	936.195	174471.342
28	730	300	4.612	3.798	928.046	120826.375
29	560	300	4.312	3.646	931.817	112686.411
30	520	300	3.233	2.867	931.057	190791.065
31	650	300	4.163	3.685	923.092	184080.899
PROMEDIO						150285.83
DESV. EST.						24646.93
COEF. VAR.						16.40
PERCENTIL(5%)						112725.49

POSICIÓN EN LA TESIS

Capítulo I <i>Características Tecnológicas y Propiedades de la Madera</i>	Capítulo II <i>La Madera como Material de Construcción</i>	Capítulo III <i>Programa de Desarrollo Forestal Sostenible según la Cámara Nacional Forestal</i>
Capítulo IV <i>Descripción General de la Madera Cachimbo</i>	Capítulo V <i>Ensayos para determinar las Propiedades Físicas-Mecánicas en Probetas Pequeñas Libres de Defectos según Normas</i>	Capítulo VI <i>Ensayo a Flexión en Vigas a Escala Natural</i>
Capítulo VII <i>Análisis de Resultados</i>	Capítulo VIII <i>Análisis de Costos de la Madera</i>	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>

Capítulo VII

ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FÍSICOS

En la Tabla N° 7.1 se muestran los resultados del Contenido de Humedad Promedio hallados en los ensayos de flexión de probetas pequeñas libre de defectos y de vigas a escala natural.

TABLA N° 7.1
RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Ensayos	Contenido de Humedad (%)
Ensayo de flexión estática en probetas pequeñas libre de defectos	26.53%
Ensayo de flexión en vigas a escala natural	26.35%

De este Tabla se observa que los resultados del contenido de humedad son similares, tanto para probetas como para vigas, el contenido de humedad hallado, está muy cercano al 30% que es lo que recomienda la NTP 251.107, para determinar los esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad mínimo y promedio.

7.1.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ENSAYOS FÍSICOS

En la Fig. 7.1 se observa que el 87% de las vigas ensayadas tienen contenidos de humedad menores a 30%.

En la Fig. 7.2 se observa que el 18% de las vigas ensayadas tienen densidades menores a 0.56 gr/cm³.

Fig. 7.1 DIAGRAMA ESCALONADO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS VIGAS A ESCALA NATURAL ENSAYADAS A FLEXIÓN

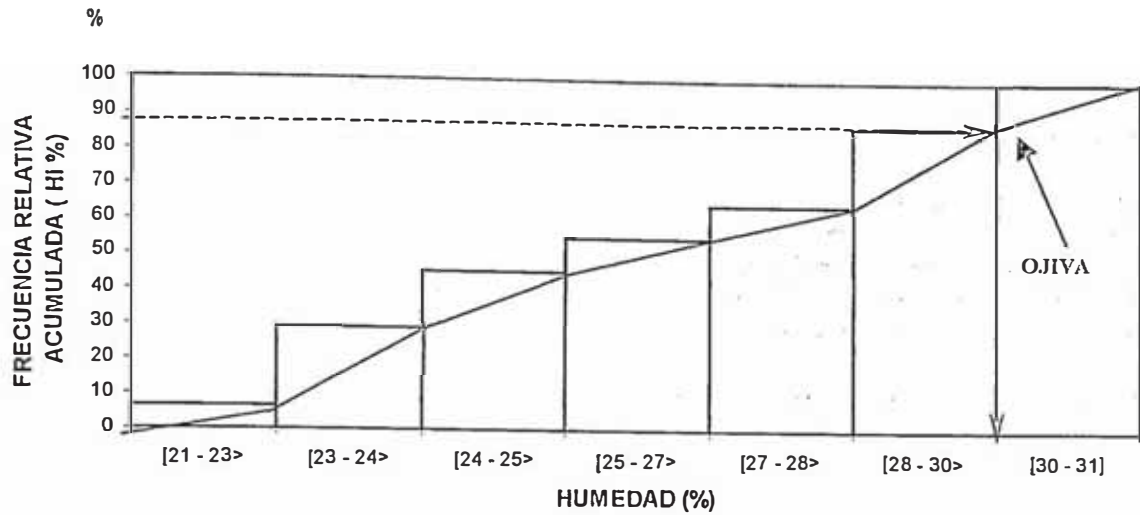
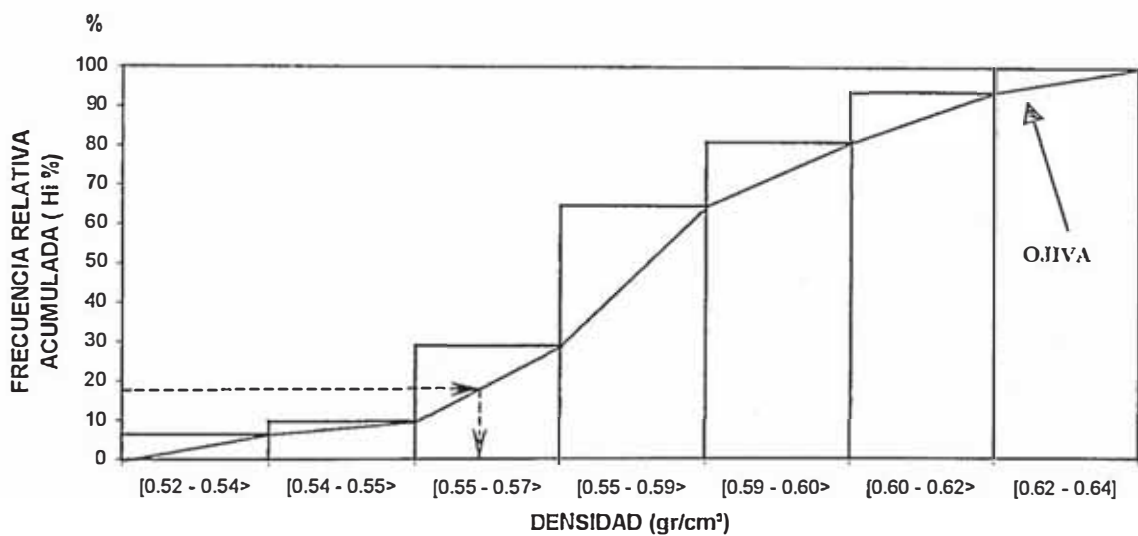


Fig. 7.2 DIAGRAMA ESCALONADO DE LA DENSIDAD DE LAS VIGAS A ESCALA NATURAL ENSAYADAS A FLEXIÓN



7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS

7.2.1 COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DEL CACHIMBO (TESIS) CON OTROS ESTUDIOS DE ESTA MISMA ESPECIE

En la Tabla 7.2 se muestra la comparación de las propiedades físicas y mecánicas de probetas pequeñas libre de defectos obtenidas en la presente tesis, con los datos de esta misma especie presentes en el informe Técnico 01 de "PROMOCIÓN DE ESPECIES FORESTALES POCO CONOCIDAS EN APOYO A LOS PLANES DE MANEJO FORESTAL EN LA AMAZONÍA PERUANA" realizado por Ing. Carlos Rincón La Torre, en Agosto del 2003.

TABLA N° 7.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS	INFORME TECNICO	TESIS
PROPIEDADES FISICAS		
Contenido de Humedad _ CH (%)	36	27
Densidad Básica _ DB (gr/cm ³)	0.59	0.58
PROPIEDADES MECANICAS		
FLEXIÓN ESTÁTICA:		
Esfuerzo al Límite Proporcional _ ELP (kg/cm ²)	429	420
Módulo de Rotura _ MOR (kg/cm ²)	735	787
Módulo de Elasticidad _ MOE (kg/cm ²)	131000	125641

De este cuadro se puede que los valores de las propiedades físicas y mecánicas son casi similares, se deduce que se trata de la misma especie.

7.2.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE PROBETAS Y VIGAS, ESTUDIO DE LA PRESENTE TESIS

En la tabla N° 7.3, se muestra la comparación entre los resultados promedios hallados del ensayo de flexión estática en probetas pequeñas libres de defectos y del ensayo de flexión en vigas a escala natural de la presente Tesis.

**TABLA N° 7.3
COMPARACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS VIGAS A ESCALA NATURAL Y PROBETAS PEQUEÑAS (TESIS)**

PROPIEDADES MECANICAS EN FLEXIÓN	CACHIMBO (Tesis)	
	Flexión en Probetas	Flexión en Vigas
ELP (kg/cm ²)	420.00	438.39
MOR (kg/cm ²)	786.80	652.71
MOE (kg/cm ²)	125640.74	MOE s/c = 148296.88
		MOE c/c = 150285.83

Donde:

ELP : Esfuerzo al Límite Proporcional

MOR : Módulo de Rotura

MOE = MOE s/c : Módulo de Elasticidad sin considerar deformación por corte

MOE c/c : Módulo de Elasticidad considerando deformación por corte

De este cuadro se puede observar lo siguiente:

Los valores de ELP tanto para vigas y probetas son casi similares y los MOE de vigas son mayores que de probetas.

El Factor de Calidad (F.C)

$$F.C. = \frac{MOR_{vigas}}{MOR_{probetas}} = \frac{652.71}{786.80} = 0.83$$

Es casi igual a 0.80 (coeficiente considerado por la Norma Técnica de Edificación E. 101), lo cual nos indica que el MOR de vigas y probetas son aceptables.

7.2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS EN VIGAS A ESCALA NATURAL

En la Fig. 7.3 se muestra el Histograma del Módulo de Rotura en vigas . Donde se observa que en el cuarto intervalo de clase presenta una mayor frecuencia; esto significa que hay un gran porcentaje de vigas ensayadas (32%) cuyo MOR se encuentra entre 671 y 739 kg/cm².

En la Fig. 7.4 se muestra el Histograma del Módulo de Elasticidad en vigas sin considerar deformación por corte. Donde se observa que en el cuarto intervalo de clase presenta una mayor frecuencia; esto significa que hay un gran porcentaje de vigas ensayadas (36%) cuyo MOE se encuentra entre 151 y 166 ton/cm².

En la Fig. 7.5 se muestra el Histograma del Módulo de Elasticidad en vigas considerando deformación por corte. Donde se observa que en el segundo intervalo de clase presenta una mayor frecuencia; esto significa que hay un gran porcentaje de vigas ensayadas (23%) cuyo MOE se encuentra entre 123 y 140 ton/cm².

Fig. 7.3 HISTOGRAMA DEL MÓDULO DE ROTURA EN VIGAS

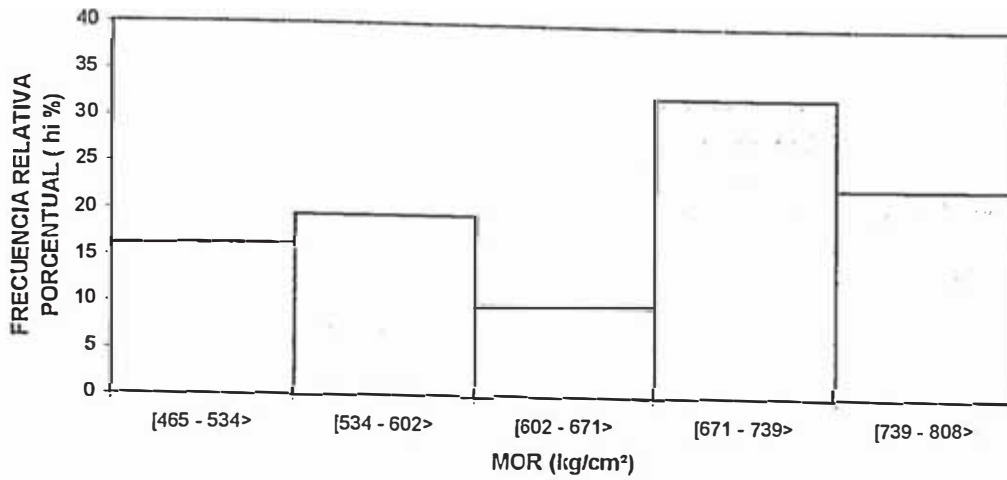


Fig. 7.4 HISTOGRAMA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD SIN CONSIDERAR DEFORMACIÓN POR CORTE EN VIGAS

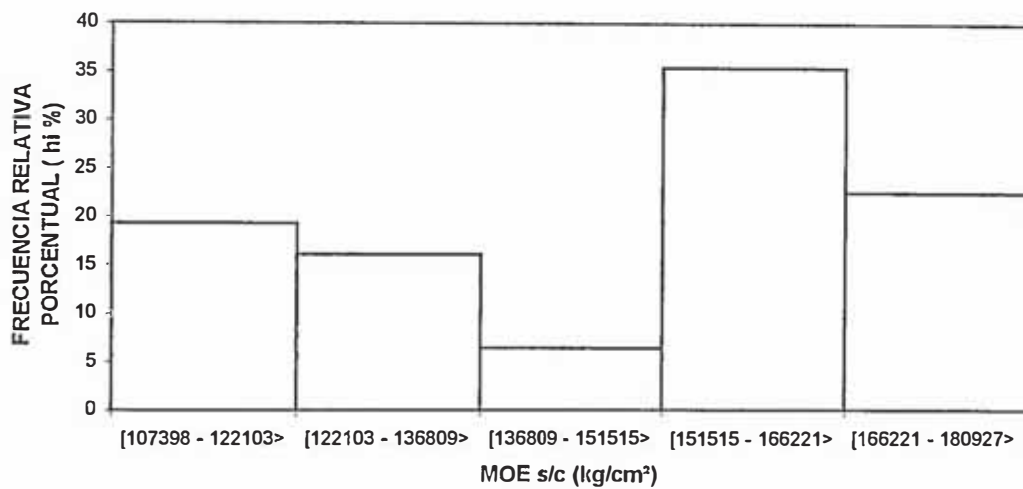
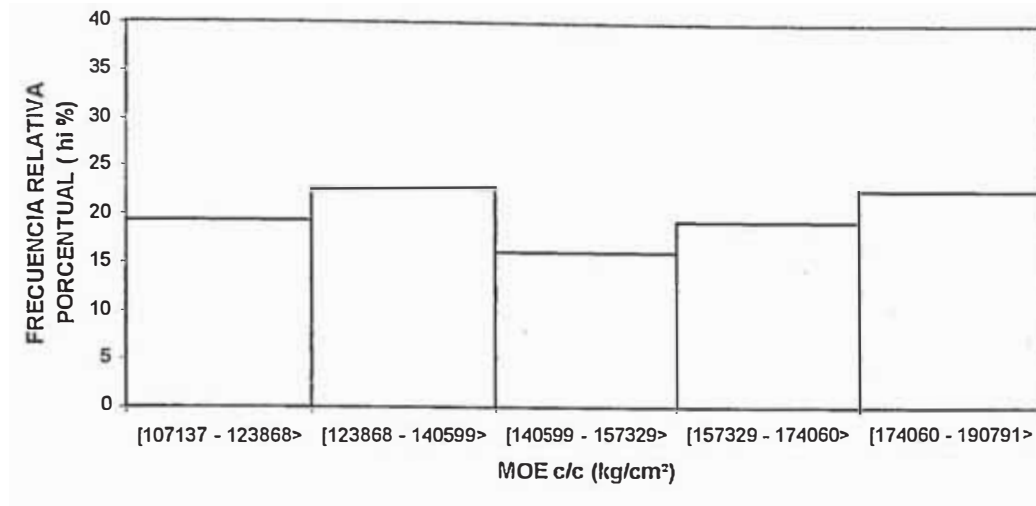


Fig. 7.5 HISTOGRAMA DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD CONSIDERANDO DEFORMACIÓN POR CORTE EN VIGAS



En la Fig. 7.6 se muestra el valor que define el límite de exclusión del 5% del Módulo de Rotura. En donde el MOR 5° percentil es 496 kg/cm².

En la Fig. 7.7 se muestra el valor que define el límite de exclusión del 5% del Módulo de Elasticidad en vigas sin considerar deformación por corte. En donde el MOE 5° percentil es 110976 kg/cm².

En la Fig. 7.8 se muestra el valor que define el límite de exclusión del 5% del Módulo de Elasticidad en vigas considerando deformación por corte. En donde el MOE 5° percentil es 112725 kg/cm².

Fig. 7.6 VALOR QUE DEFINE EL LÍMITE DE EXCLUSIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA EN VIGAS

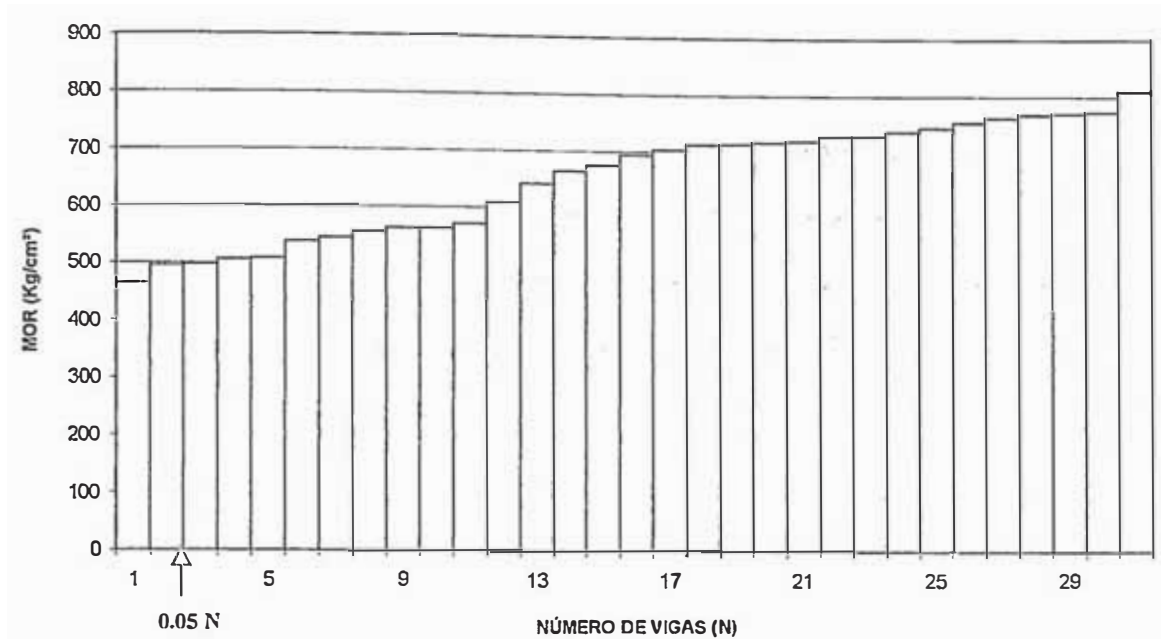


Fig. 7.7 VALOR QUE DEFINE EL LÍMITE DE EXCLUSIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD SIN CONSIDERAR DEFORMACIÓN POR CORTE EN VIGAS

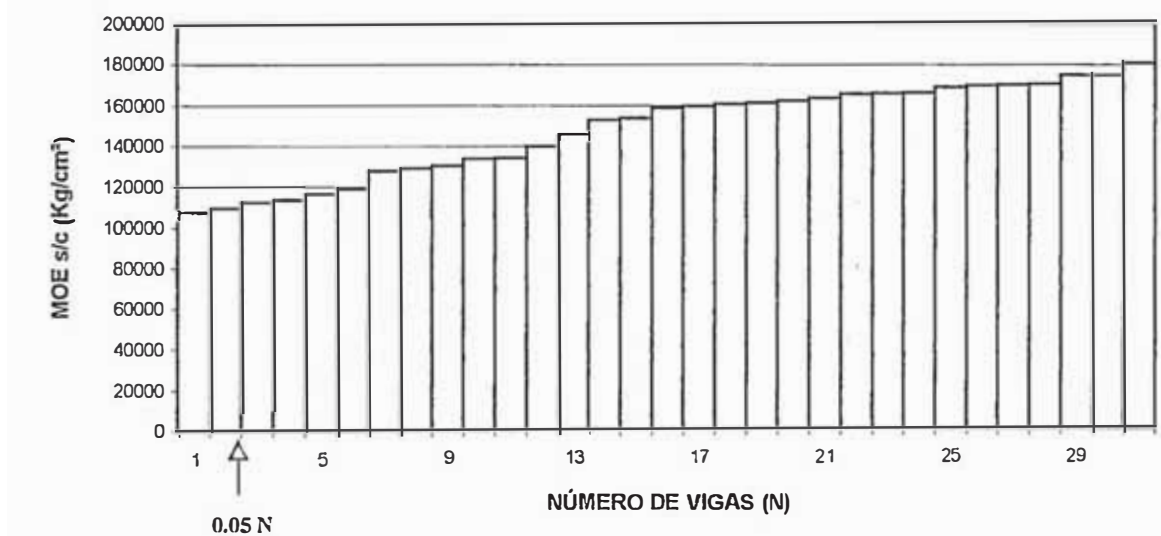
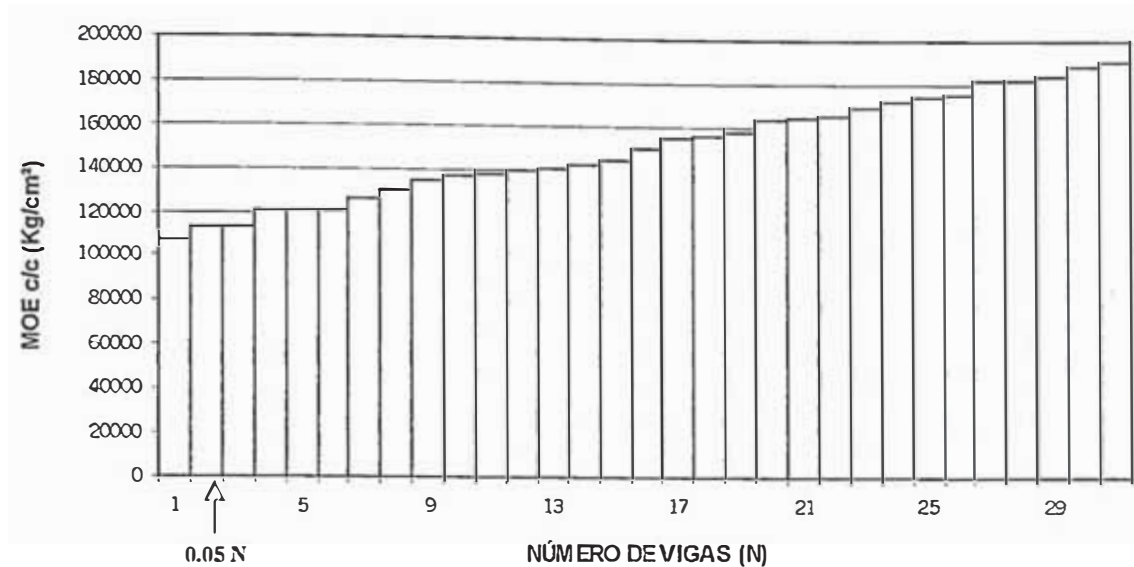


Fig. 7.8 VALOR QUE DEFINE EL LÍMITE DE EXCLUSIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD CONSIDERANDO DEFORMACIÓN POR CORTE EN VIGAS



7.2.4 INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y DEFECTOS DE LA MADERA EN LA RESISTENCIA.

7.2.4.1 INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

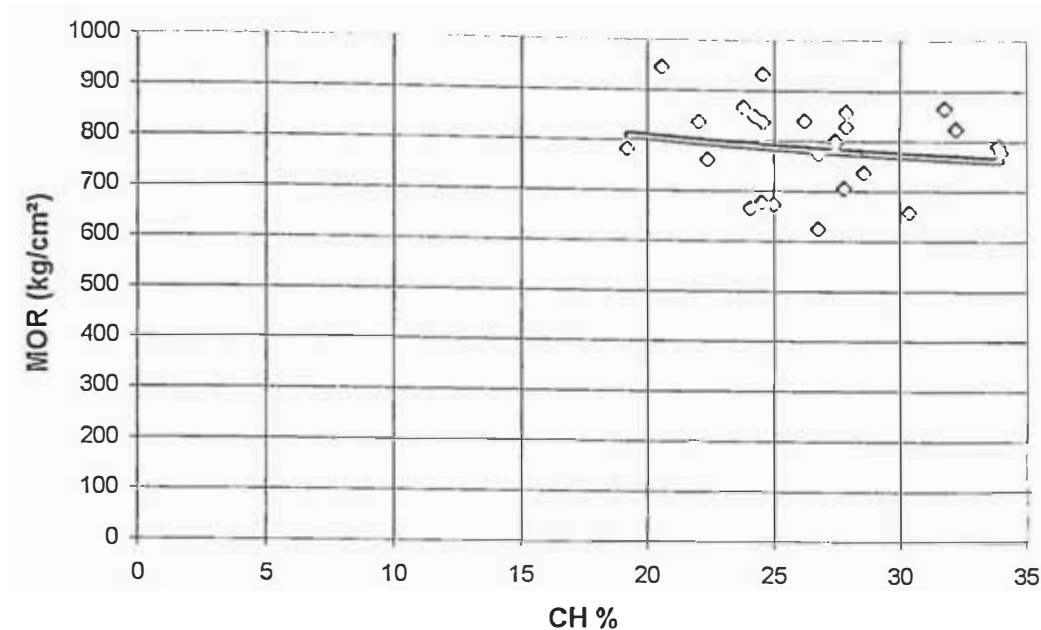
En la Tabla N° 7.4 se muestran los Módulos de Rotura (MOR) de las probetas pequeñas libres de defectos y su Contenidos de Humedad, recopilados de las Tablas N° 5.4 y N° 5.1 respectivamente.

TABLA N° 7.4
MÓDULO DE ROTURA (MOR) Y CONTENIDO
DE HUMEDAD EN LAS PROBETAS

PROBETA N°	MÓDULO DE ROTURA MOR (kg/cm ²)	CONTENIDO DE HUMEDAD CH (%)
1	865.20	23.81
2	777.00	34.00
3	781.20	19.23
4	827.40	27.87
5	672.00	25.00
6	798.00	27.45
7	705.60	27.78
8	772.80	26.79
9	865.20	31.75
10	835.80	24.59
11	760.20	22.39
12	856.80	27.87
13	789.60	33.90
14	835.80	22.03
15	823.20	32.20
16	735.00	28.57
17	676.20	24.53
18	621.60	26.79
19	848.40	24.24
20	932.40	24.59
21	663.60	24.07
22	655.20	30.36
23	945.00	20.59
24	840.00	26.23

En la Fig. 7.9 se grafica el Módulo de Rotura (MOR) en probetas pequeñas libres de defectos versus Contenido de Humedad (CH). La recta que se observa es la tendencia de los puntos ploteados, y a medida que aumenta el contenido de humedad, la resistencia disminuye, no sabemos que ocurre más allá del 35% de humedad, pero según el "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino" (PADT-REFORT), la resistencia permanece constante cuando el contenido de humedad varía por encima del Punto de Saturación de la Fibra (PSF), que tiene un rango de entre 25 a 35% de humedad, es decir a partir de 35% la línea de tendencia sería una recta horizontal.

Fig. 7.9 MOR vs CONTENIDO DE HUMEDAD EN PROBETAS PEQUEÑAS LIBRES DE DEFECTOS.



7.2.4.2 INFLUENCIA DE LOS DEFECTOS DE LA MADERA

El árbol durante su crecimiento va adquiriendo algunas características que afectan el comportamiento o aspecto de la madera, se les llama defectos de crecimiento, entre los principales se encuentran: nudos, inclinación del grano, fallas de compresión y médula excéntrica. También se presentan defectos relativos al ataque agentes biológicos, defectos originados durante el transporte, almacenamiento y los originados durante el secado.

Para la presente Tesis, se contó con 7 probetas pequeñas de 5x5x75 cm que tenían defectos, presentaban perforaciones pequeñas (ataque de agentes biológicos). Pero aún así se realizó el Ensayo de Flexión Estática para estas probetas y poder comparar sus resultados con aquellas probetas pequeñas libres de defectos.

En la Tabla N° 7.5 se hallan los Esfuerzos al Límite Proporcional, Módulos de Rotura y Módulos de Elasticidad en Flexión Estática de las 7 probetas que presentaban defectos.

TABLA N° 7.5
RESULTADO DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN PROBETAS PEQUEÑAS
QUE PRESENTABAN DEFECTOS

PROBETA N°	PENDIENTE ZONA ELÁSTICA dp/dw (kg/cm)	CARGA AL LÍMITE PROPORCIONAL P _L (Kg)	CARGA MÁXIMA P (kg)	ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL ELP (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA MOR (kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD MOE (kg/cm ²)
1D	762.39	410.00	630.00	344.40	529.20	104599.26
2D	918.83	510.00	950.00	428.40	798.00	126064.07
3D	986.27	500.00	960.00	420.00	806.40	135315.95
4D	894.44	470.00	870.00	394.80	730.80	122716.79
5D	836.16	410.00	830.00	344.40	697.20	114721.50
6D	763.90	460.00	730.00	386.40	613.20	104806.71
7D	897.81	650.00	940.00	546.00	789.60	123179.46
PROMEDIO		487.14	844.29	409.20	709.20	118771.96

En la Tabla N° 7.6 se tienen los esfuerzos promedios de las 24 probetas pequeñas libres de defectos, que han sido recopiladas de la Tabla N° 5.4 y los promedios de las 7 probetas pequeñas que presentaban defectos, recopiladas de la Tabla N° 7.5.

TABLA N° 7.6
COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE PROBETAS PEQUEÑAS
LIBRES DE DEFECTOS Y PROBETAS CON DEFECTOS

DESCRIPCIÓN	ESFUERZO AL LÍMITE PROPORCIONAL ELP (kg/cm ²)	MÓDULO DE ROTURA MOR (kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD MOE (kg/cm ²)
Probetas pequeñas libres de defectos	420.00	786.80	125640.74
Probetas pequeñas con defectos	409.20	709.20	118771.96
Diferencias en Porcentaje	3%	10%	5%

De ésta última Tabla se observan que los ELP, MOR y MOE bajan en un 3%, 10% y 5% respectivamente. Notándose así, la influencia de los defectos en la Resistencia de la madera

7.2.5 TIPOS DE FALLAS PRESENTADAS LUEGO DEL ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

Previamente daremos algunos conceptos de diferentes tipos de falla:

Falla a compresión, la rajadura se inicia en la parte superior de la viga

Falla a tensión, la rajadura comienza en la parte inferior de la viga, y si se quiere ser más preciso, se tiene:

Falla a tensión simple, la rajadura no sigue la dirección de los granos.

Falla a tensión con dirección del grano, la rajadura tiene la dirección del grano.

Falla a tensión de astillamiento, la rajadura tiene la forma de zig-zag.

En la Tabla N° 7.7 se muestran los diferentes tipos de falla presentadas en cada viga, luego de llegar a la carga máxima (de rotura), las fallas a tensión son predominantes en comparación a la falla a compresión. Pero si se quiere conocer dentro de los tipos de fallas a tensión, cuales son las más frecuentes, entonces se dirá que las fallas a tensión con dirección del grano representan el 29%, fallas a tensión simple, 16% y la falla a tensión de astillamiento, 2%.

Analizando el tipo de fallas en cada viga y su respectiva carga de rotura, se puede decir que las vigas que fallaron a compresión tienen una carga de rotura mayor que las vigas que fallaron a tensión.

Al final de los Anexos se encuentran las Fotografías de vigas después del ensayo a flexión, en donde se visualiza los tipos de falla encontradas en cada viga.

TABLA N° 7.7
TIPOS DE FALLAS EN VIGAS LUEGO DEL ENSAYO A FLEXIÓN

VIGA N°	TIPOS DE FALLA			
	Falla a tensión simple	Falla a tensión con dirección del grano	Falla a tensión de astillamiento	Falla a compresión
1				X
2				X
3				X
4		X		
5		X		
6				X
7				X
8				X
9		X		
10		X		
11		X		
12			X	
13		X		
14		X		
15				X
16				X
17		X		
18	X			
19	X			
20	X			
21	X			
22				X
23				X
24			X	
25				X
26				X
27		X		
28				X
29				X
30	X			
31				X
TOTAL	5	9	2	15
% DEL TOTAL	16%	29%	6%	48%

7.3 TABLA DE RESUMEN FINAL DE DATOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO

En Tabla N° 7.8 y 7.9 se tienen las Medidas Descriptivas de las Propiedades Físicas y Mecánicas halladas en probetas y en vigas, estudio de la presente Tesis.

TABLA N° 7.8
RESÚMEN DE DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN PROBETAS PEQUEÑAS

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	PROMEDIO	DESV. EST.	COEF. VAR.	PERCENTIL (5%)
PROPIEDADES FÍSICAS				
Contenido de Humedad (CH)	26.53 %	3.92 %	15.00 %	20.81 %
Densidad Básica (DB)	0.58 gr/cm ³	0.03 gr/cm ³	4.49 %	0.54 gr/cm ³
PROPIEDADES MECÁNICAS				
FLEXIÓN ESTÁTICA:				
Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP)	420.00 kg/cm ²	32.58 kg/cm ²	7.76 %	386.40 kg/cm ²
Módulo de Rotura (MOR)	786.80 kg/cm ²	86.84 kg/cm ²	11.04 %	656.46 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad (MOE)	125640.74 kg/cm ²	7022.40 kg/cm ²	5.59 %	114821.86 kg/cm ²

TABLA N° 7.9
RESÚMEN DE DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN EN VIGAS A ESCALA NATURAL

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	PROMEDIO	DESV. EST.	COEF. VAR.	PERCENTIL (5%)
PROPIEDADES FÍSICAS				
Contenido de Humedad (CH)	26.35 %	2.73 %	10.36 %	22.80 %
Densidad Básica (DB)	0.58 gr/cm ³	0.03 gr/cm ³	4.49 %	0.54 gr/cm ³
PROPIEDADES MECÁNICAS				
FLEXIÓN ESTÁTICA:				
Esfuerzo al Límite Proporcional (ELP)	438.39 kg/cm ²	74.42 kg/cm ²	16.98 %	330.77 kg/cm ²
Módulo de Rotura (MOR)	652.71 kg/cm ²	103.56 kg/cm ²	15.87 %	496.17 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad (MOE s/c)	148296.88 kg/cm ²	22705.58 kg/cm ²	15.31 %	110975.81 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad (MOE c/c)	150285.83 kg/cm ²	24646.93 kg/cm ²	16.40 %	112725.49 kg/cm ²

MOE s/c : Módulo de Elasticidad sin deformación por corte

MOE c/c : Módulo de Elasticidad con deformación por corte

7.4 PROCESO DE AGRUPAMIENTO PARA USO ESTRUCTURAL DE LA MADERA CACHIMBO SEGÚN LA NORMA NTP ININVI E-101

7.4.1 DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO ADMISIBLE Y MÓDULOS DE ELASTICIDAD

7.4.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS

Los esfuerzos se obtienen de los ensayos de flexión en vigas a escala natural.

A. ESFUERZO PROMEDIO

Es el promedio de los módulos de rotura (MOR) de vigas, obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras de la especie.

B. ESFUERZO BASICO

Los módulos de ruptura (MOR) de vigas, obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras para esta misma especie se ordenan de menor a mayor, se numeran y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5 % del número total de ensayos. Este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión de 5 % (5 ° percentil).

De la Tabla N° 7.9, se obtienen:

Esfuerzo Promedio = MOR promedio = 653 kg/cm²

Esfuerzo Básico = MOR 5° percentil = 496 kg/cm²

C. ESFUERZO ADMISIBLE

Según la Norma E.101 Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural, los esfuerzos admisibles se determinan aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Esfuerzo admisible} = \frac{F.C. \times F.T.}{F.S. \times F.D.C.} \times \text{Esfuerzo básico}$$

Donde:

F.C.= Coeficiente de reducción por calidad (defectos). Es la relación entre el esfuerzo resistido por elementos a escala natural como las vigas, y el correspondiente esfuerzo para probetas pequeñas libres de defectos. Es una medida de la influencia de los defectos en la resistencia y rigidez de las piezas.

$$F.C. = \frac{MOR_{vigas}}{MOR_{probetas}}$$

F.T.= Coeficiente de reducción por tamaño. En elementos de madera se observa una disminución del esfuerzo de rotura en flexión a medida que se consideran secciones de mayor tamaño, razón por la cual la siguiente expresión está basada en información experimental.

$$F.T. = \left(\frac{50}{h}\right)^9 \quad h \text{ en mm}$$

Para la determinación del F.T. se usó $h \approx 290$ mm. Para piezas de peralte mayor de 290 mm deberá tomarse el factor de reducción correspondiente. En nuestro caso $h = 140$ mm es menor que 290 mm, entonces se usará el valor del coeficiente considerado por la Norma.

F.S. = Coeficiente de seguridad.

F.D.C = Coeficiente de duración de carga. Basado en la reducción observada en ensayos de vigas a escala natural. Los esfuerzos de rotura de la madera disminuyen con la duración de la aplicación de la carga.

COEFICIENTES CONSIDERADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS ADMISIBLES:

	FLEXIÓN	COMPRESIÓN PARALELA	CORTE PARALELO	COMPRESIÓN PERPENDICULAR
F.C.	0.80	*	*	*
F.T.	0.90	*	*	*
F.S.	2.00	1.60	4.00**	1.60
F.D.C.	1.15	1.25	*	*

Fuente: Norma Técnica de Edificación E-101 (ININVI-1989)

(*) Incluido el F.S.

(**) Incluye un coeficiente por concentración de esfuerzos = 2.00 debido a la posible presencia de rajaduras por secado en los extremos de las piezas.

Se usará los coeficientes en Flexión:

F.C. = 0.8

F.T. = 0.9

F.S. = 2.0

F.D.C. = 1.15

Reemplazando valores en la ecuación del esfuerzo admisible:

$$\text{Esfuerzo admisible} = \frac{0.8 \times 0.9}{2.0 \times 1.15} \times 496 = 155 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo admisible por flexión = 155 kg/cm²

7.4.1.2 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

A. MÓDULO DE ELASTICIDAD PROMEDIO

Se promedian los módulos de elasticidad (MOE) de vigas, obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras, este valor se considera como el módulo de elasticidad promedio.

B. MÓDULO DE ELASTICIDAD MÍNIMO

Los módulos de elasticidad (MOE) de vigas obtenidos de los ensayos de las diferentes muestras se ordenan de menor a mayor, se enumeran y se toma el valor que corresponde al número de orden igual al 5% del número total de ensayos. Este valor se considera como el mínimo correspondiente al límite de exclusión del 5 % (5° percentil).

De la Tabla N° 7.9, se obtienen:

Módulo de Elasticidad Promedio	=	MOE promedio	-	150286 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad Mínimo	-	MOE 5° percentil	-	112725 kg/cm ²

7.4.2 PROCESO DE AGRUPAMIENTO

La incorporación de especies a los grupos establecidos se hace en función de la densidad básica y de la resistencia mecánica obtenida mediante ensayos de flexión de vigas de madera de tamaño natural, según la Norma NTP ININVI E-101. Los pasos a seguir para el proceso de agrupamiento es el siguiente:

1) IDENTIFICACIÓN EN FORMA BOTÁNICA Y DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DE LAS MUESTRAS DE MADERA

1.1) IDENTIFICACIÓN BOTÁNICA

Nombre Científico	:	Cariniana Domesticata
Nombre Común	:	Cachimbo
Familia	:	Lecythidaceae

1.2) DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

Color	: La albura es de color rosado cremoso, transición gradual a duramen rojizo.
Olor	Ausente o no distintivo.
Sabor	Ausente o no distintivo.
Brillo	: Bajo a mediano.
Grano	De recto a entrecruzado.
Textura	Mediana.
Veteado	Jaspeado, satinado poco pronunciado, arcos superpuestos.

2) SE DETERMINA LA DENSIDAD BÁSICA PROMEDIO DE LA ESPECIE Y SE LA COMPARA CON LOS VALORES ESTABLECIDOS EN LA TABLA N° T.1 SEGÚN NORMA.

La Densidad Básica de la especie "CACHIMBO" CARINIANA DOMESTICATA hallados en las muestras de las vigas, fue de 0.58 gr/cm³

TABLA N° T.1

GRUPO	DENSIDAD BÁSICA (gr/cm ³)
A	≥ 0.71
B	0.56 a 0.70
C	0.40 a 0.55

Fuente: Norma Técnica de Edificación E-101 (ININVI-1989)

De acuerdo a su densidad, esta especie tiene un agrupamiento provisional en el GRUPO " B " .

3) SE DETERMINAN LOS VALORES DE LA RIGIDEZ (MÓDULO DE ELASTICIDAD) Y DE LA RESISTENCIA (ESFUERZO ADMISIBLE POR FLEXIÓN), A PARTIR DE VIGAS A ESCALA NATURAL, ENSAYADAS DE ACUERDO A LA NTP 251.107.

Los resultados de los ensayos de flexión en vigas a escala natural fueron:

MOE promedio = 150286 kg/cm²

MOE mínimo = 112725 kg/cm²

Esfuerzo admisible por flexión = 155 kg/cm²

- 4) SE COMPARAN LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD Y LOS ESFUERZOS ADMISIBLES EN FLEXIÓN OBTENIDOS SEGÚN LA NTP 251.107 CON LOS VALORES ESTABLECIDOS EN LAS TABLAS N° T.2 Y T.3, SEGÚN NORMAS

TABLA N° T.2

GRUPO	MÓDULO DE ELASTICIDAD (E) M P a (kg/cm ²)	
	E mínimo	E promedio
A	9316 (95000)	12748 (130000)
B	7355 (75000)	9806 (100000)
C	5394 (55000)	8826(90000)

Fuente: Norma Técnica de Edificación E-101 (ININVI-1989)

Comparando solo a nivel de módulo de elasticidad obtenido, con los valores de la Tabla N° T.2, resulta que la especie supera los valores dados de los grupos A, B y C.

TABLA N° T.3

GRUPO	ESFUERZOS ADMISIBLES M P a (kg/cm ²)				
	Flexión f_m	Tracción Paralela f_t	Compresión Paralela $f_{c//}$	Compresión Perpendicular $f_{c\perp}$	Corte Paralelo f_v
A	20.6 (210)	14.2 (145)	14.2 (145)	3.9 (40)	1.5 (15)
B	14.7 (150)	10.3 (105)	10.8 (110)	2.7 (28)	1.2 (12)
C	9.8 (100)	7.3 (75)	7.8 (80)	1.5 (15)	0.8 (8)

Fuente: Norma Técnica de Edificación E-101 (ININVI-1989)

Pero de acuerdo a la Tabla N° T.3, nuestra especie tiene un esfuerzo admisible por flexión de 155 kg/cm², supera el valor del grupo " B " (150 kg/cm²), pero no llega alcanzar el valor del grupo " A " (210 kg/cm²).

- 5) SI LOS VALORES OBTENIDOS SON SUPERIORES A LOS DEL GRUPO PROVISIONAL OBTENIDO POR LA DENSIDAD, SE CLASIFICA A LA ESPECIE EN DICHO GRUPO, SI LOS VALORES ALCANZAN LOS DE UN GRUPO MÁS RESISTENTE SE LA CLASIFICA EN EL GRUPO SUPERIOR. EN CASO CONTRARIO SI LOS VALORES NO ALCANZAN A LOS DEL GRUPO PROVISIONAL SE LA CLASIFICA EN EL GRUPO INFERIOR.

De acuerdo a la densidad se clasificó en el grupo " B " y de acuerdo al módulo de elasticidad promedio, módulo de elasticidad mínimo y esfuerzo admisible por flexión superan los valores del grupo " B ", pero no superan los valores del grupo " A " .

EN RESUMEN:

La especie "Cachimbo" cariniana domesticata, se la clasifica en el Grupo "B" de maderas para uso estructural.

6) AGRUPADA LA ESPECIE PODRÁN ADOPTARSE PARA EL DISEÑO TODOS LOS ESFUERZOS ADMISIBLES DE LA TABLA N° T.3.

La especie "Cachimbo" cariniana domesticata, podrá tomar los siguientes esfuerzos admisibles del grupo "B", para su diseño estructural:

GRUPO	ESFUERZOS ADMISIBLES				
	M P a (kg/cm ²)				
	Flexión f_m	Tracción Paralela f_t	Compresión Paralela $f_{c//}$	Compresión Perpendicular $f_{c\perp}$	Corte Paralelo f_v
B	14.7 (150)	10.3 (105)	10.8 (110)	2.7 (28)	1.2 (12)

7.4.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FÍSICOS CON OTRAS ESPECIES DEL GRUPO ESTRUCTURAL “B”

En el Perú existen dos especies agrupadas en el grupo estructural “B”, y son las siguientes:

GRUPO	Nombre Común	Nombre Científico	Familia
B	Huayruro	Ormosia coccinea	Papilionaceae
	Manchinga	Brosimum uleanum	Moraceae

Fuente: “Manual de Diseño para Maderas del grupo Andino” (Junta del Acuerdo de Cartagena)

Los datos técnicos de las especies maderables que se mencionan en la presente tesis, fueron recopilados del Informe Técnico 01 de “PROMOCIÓN DE ESPECIES FORESTALES POCO CONOCIDAS EN APOYO A LOS PLANES DE MANEJO FORESTAL EN LA AMAZONÍA PERUANA” realizado por Ing. Carlos Rincón La Torre, en Agosto del 2003.

En la Tabla N° 7.10 se muestra la comparación entre la Densidad Básica Promedio hallada en la presente Tesis, con las densidades de especies que están agrupadas en el grupo Estructural “B”.

TABLA N° 7.10
COMPARACIÓN DE DENSIDADES BÁSICAS

Nombre Común	Densidad Básica gr/cm ³
Huayruro	0.61
Manchinga	0.68
Cachimbo (Tesis)	0.58

De este Tabla se puede observar que el Cachimbo tiene una menor Densidad que las especies agrupadas en este Grupo, tiene un 15% menor que la densidad de la especie “Manchinga”.

7.4.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS CON OTRAS ESPECIES DEL GRUPO ESTRUCTURAL “B”

En la Tabla N° 7.11 se muestra la comparación entre los resultados de ensayos mecánicos realizados en probetas (Tesis), con las propiedades mecánicas de otras especies que están agrupadas en el grupo Estructural “B”.

TABLA N° 7.11
COMPARACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS OBTENIDAS DE LAS PROBETAS DE CACHIMBO (TESIS) CON OTRAS ESPECIES DEL GRUPO ESTRUCTURAL "B"

PROPIEDADES MECANICAS EN FLEXIÓN	Nombre Común		
	CACHIMBO (Tesis)	HUAYRURO	MANCHINGA
ELP (kg/cm ²)	420.00	543.00	460.00
MOR (kg/cm ²)	786.80	838.00	785.00
MOE (kg/cm ²)	125640.74	136 000.00	117 000.00

ELP : Esfuerzo al Límite Proporcional

MOR : Módulo de Rotura

MOE : Módulo de Elasticidad

De esta Tabla se puede observar que los valores de MOR y MOE del "Cachimbo", se encuentra en término medio de entre las especies "Manchinga" y "Huayruro". Se puede decir que no existe mucha diferencia en sus propiedades mecánicas mencionadas.

POSICIÓN EN LA TESIS

Capítulo I <i>Características Tecnológicas y Propiedades de la Madera</i>	Capítulo II <i>La Madera como Material de Construcción</i>	Capítulo III <i>Programa de Desarrollo Forestal Sostenible según la Cámara Nacional Forestal</i>
Capítulo IV <i>Descripción General de la Madera Cachimbo</i>	Capítulo V <i>Ensayos para determinar las Propiedades Físicas-Mecánicas en Probetas Pequeñas Libres de Defectos según Normas</i>	Capítulo VI <i>Ensayo a Flexión en Vigas a Escala Natural</i>
Capítulo VII <i>Análisis de Resultados</i>	Capítulo VIII <i>Análisis de Costos de la Madera</i>	<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>

Capítulo VIII

ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MADERA

8.1 TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS PARA LA FIJACIÓN DE LOS PRECIOS DE VENTA DE MADERA AL ESTADO NATURAL

Este ítem se desarrolló teniendo como fuente al libro: "ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA FIJACIÓN DE PRECIOS DE LA MADERA AL ESTADO NATURAL", realizado por la Dirección de Transformación y Comercio Forestal de la Dirección General Forestal del INRENA.

El concepto del precio de la madera al estado natural, es de aquel valor que el Estado le da a un árbol, o a bosques de ciertas especies maderables y sirve para que el Estado pueda cobrar al interesado que desea explotarlos.

Para la fijación del precio de venta al estado natural se tienen en cuenta:

- El concepto de Valor Residual de la Madera, la cual involucra variables como precios y costos, que se determinan en base a la realidad actual del país.
- La Categorización de especies maderables, que es una agrupación de maderas existentes en base al valor actual y potencial de las especies. Siendo esta, de la siguiente manera: Altamente Valiosa (A), Valiosa (B), Intermedias (C), Potenciales (D) y otras especies (E).

Los estudios realizados con anterioridad respecto al cálculo del precio de la madera en pie.

- Las diferentes características de la Selva Alta y Selva Baja, por encontrarse en éstas los principales centros madereros, además por contar con diferentes tipos de extracción las que requieren tanto de transporte fluvial como de carreteras. Las diferencias de extracción entre la Selva Alta Y Selva Baja, están dadas principalmente por las características topográficas de cada una. En la Selva Alta, el relieve accidentado y los ríos torrentosos y poco caudalosos, determinan que el transporte de la madera se realice por vía terrestre, mientras que en la Selva Baja predomina el transporte fluvial debido al relieve plano y a la presencia de ríos caudalosos y navegables.

8.1.1 OBJETIVOS

- Actualizar los precios de la madera al estado natural que deben pagar los extractores al estado peruano.
- Contribuir con el aprovechamiento sostenible del bosque y la conservación del medio ambiente, como base para el desarrollo del país.
- Determinar una fórmula que sirva en el futuro como una herramienta encaminada a fijar los precios de la madera al estado natural.

8.1.2 DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DEL PRECIO DE LA MADERA AL ESTADO NATURAL

Para la determinación de la fórmula que establece los precios de la madera al estado natural, se empleó el concepto del valor residual, metodología que considera escoger el primer producto en la cadena de producción para el cual existe un mercado, en este caso madera aserrada. El procedimiento para su cálculo requiere conocer el precio en el mercado del o los productos provenientes de la respectiva madera en pie y restarle la suma de todos los costos necesarios para obtener dicho producto o productos, incluyendo un margen adecuado para cubrir el riesgo y beneficio de la empresa. La diferencia representa el valor de la madera en pie.

La fórmula empleada en la presente propuesta, es la siguiente:

$$P_{men} = P_{mt} - (CP + GA + GF + C.R. + M.G.)$$

Donde:

P_{men} = Precio de la madera al estado natural

P_{mt} = Precio de venta de la madera

CP = Costos de Producción (extracción y transporte)

GA = Gastos Administrativos (5% de los Costos de Producción)

GF = Gastos Financieros (18% de los Costos de Producción)

$C.R.$ = Canon de Reforestación

$M.G.$ = Margen de ganancia (35% del Precio de la madera rolliza)

El Canon de Reforestación es el monto que abonan obligatoriamente los extractores forestales dedicado a la tala de árboles y aprovechamiento de productos forestales diferentes a la madera, con fines industriales o comerciales en bosques naturales, anualmente se establece y es el Ministerio de Agricultura la que

fija el monto y las características del canon de reforestación por metro cúbico de madera rolliza extraída, el recurso recaudado se destina exclusivamente a financiamientos de programas de reforestación, y a reforzar la capacidad operativa de la administración, supervisión y control forestal.

Los Costos de Producción incluyen todos los gastos en que se incurren para la obtención y transformación de la madera. Entre ellos tenemos:

- a) Costos de Pre-extracción: localización de la extracción; construcción de campamentos; vías de acceso principales, traslado de tractores; etc.
- b) Costos de Extracción: operaciones de tumbado y corta.
- c) Costos de Transporte: transporte menor (arrastre), y transporte mayor. Este último puede ser fluvial de madera rolliza (con balsas y/o boyas); y transporte terrestre (por carreteras a las industrias).
- d) Costos de Transformación: transformación primaria de la madera en los aserraderos.

Los Gastos Administrativos son todos aquellos en los que se incurren para el pago de personal, trámites, materiales de oficina, etc.

Los Costos Financieros son aquellos en que el extractor incurre al financiar su campaña de extracción.

8.1.3 APLICACIÓN DE LA FÓRMULA DEL PRECIO DE VENTA DE MADERA AL ESTADO NATURAL

Sobre la base de precios de la madera aserrada de algunas especies, se determinará sus precios de venta al estado natural.

En la Tabla N° 8.1 se presenta los precios de la madera aserrada para el cálculo de la madera en pie de algunas especies madereras.

TABLA N° 8.1
PRECIOS DE MADERA ASERRADA (Pmt)
PARA EL CÁLCULO DE LA MADERA EN PIE

Categoría	Especie	Selva Baja US\$ / m ³	Selva Alta US\$ / m ³
A	Caoba	336.91	138.29
B	Cedro	159.03	88.00
C	Ishpingo	121.31	88.00
	Tomillo	79.20	98.06

En la Tabla N° 8.2 se tiene el precio de la madera al estado natural (aplicando la fórmula) de las especies madereras mencionadas en la Tabla N° 8.1

TABLA N° 8.2

PRECIO DE LA MADERA AL ESTADO NATURAL (Pmen) EN US\$ / m³

Lugar	Categoría	Especie	Pmt	CP	GA	GF	C.R.	M.G.	Pmen
EN SELVA BAJA	A	Caoba	336.91	40.69	2.03	7.32	5.71	19.52	261.64
	B	Cedro	159.03	40.69	2.03	7.32	5.71	19.52	83.75
	C	Ishpingo	121.31	40.69	2.03	7.32	5.71	19.52	46.04
		Tornillo	79.20	40.69	2.03	7.32	3.14	18.62	7.40
EN SELVA ALTA	A	Caoba	138.29	44.12	2.21	7.94	5.71	20.99	57.32
	B	Cedro	88.00	44.12	2.21	7.94	5.71	20.99	7.03
	C	Ishpingo	88.00	44.12	2.21	7.94	5.71	20.99	7.03
		Tornillo	98.06	44.12	2.21	7.94	3.14	20.09	20.56

Fuente: Documento preliminar del boletín "El forestal" (Diciembre, 1999)

8.2 COSTOS COMPARATIVOS CON OTRAS ESPECIES

Los precios de los productos forestales maderables hasta 1999 se mantuvieron inalterables, esta tendencia cambió radicalmente a partir del 2000, por la desaceleración de la actividad económica y el deterioro del sector construcción, demandante de cerca del 60% de la madera para el mercado interno, la modificación a la Ley Forestal, en lo que concierne a la prohibición de la extracción del Cedro y la Caoba, así como de sus exportaciones en forma de madera aserrada.

En el 2001 se registra una caída de 15.3% hasta que en Octubre se logra estabilizar al sector con el Decreto de urgencia que otorga permisos de exportación de madera aserrada de Cedro y Caoba, en casos de volúmenes comprometidos con anterioridad a la Ley Forestal.

La estadística de los precios de venta de las maderas en Lima no tiene un registro constante, estos se encuentran desfasados. La información sobre los precios de venta de las maderas se recopiló a través de la Cámara Nacional Forestal (CNF) y de los boletines PRONFOR.

En la Tabla N° 8.3 se presentan los precios de venta al público (en promedio), de maderas aserradas comerciales en Lima Metropolitana desde el año 1999 al 2004, éstos precios incluyen IGV.

TABLA N° 8.3
PRECIOS PROMEDIOS DE MADERAS ASERRADAS COMERCIALES
EN LIMA METROPOLITANA, AÑO 1999 AL 2004

ESPECIE	COSTO S/. IPT					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Tomillo	3.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Cedro	6	4	3.8	4.5	4.8	4.8
Caoba	8	6.5	5.5	6	10	10
Moena	2.4	2	2.5	1.8	2.4	2.4
Catahua	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3
Cumala	1.6	1.3	1.3	1.5	1.4	1.4
Copaiba	2.12	1.8	1.5	1.7	1.7	1.7
Ishpingo	3.6	3	3.4	3.2	2.7	2.7
Cachimbo	1.86	1.3	1.6	1.8	1.6	1.7
Capirona	2.8	1.5	1.1	1.8	2	2

Fuente: Cámara Nacional Forestal y Boletines PRONFOR

De esta última Tabla se puede decir que el precio del Cachimbo se mantiene casi estable desde el año 2001 al 2004, en este año (2004), el costo del Cachimbo es 83% menos que la Caoba, es 65% menos que el Cedro, siendo el Cedro y la Caoba menos densas y de propiedades mecánicas menores con respecto al Cachimbo. El Cachimbo se viene usando en la actualidad con mayor énfasis en la fabricación de muebles.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. De las gráficas Curva-Deformación, se deduce aproximadamente que el rango elástico en vigas y probetas representan el 44% y 24% respectivamente, de sus deformaciones totales.
2. La carga máxima promedio de rotura, para probetas y vigas fue de 937 Kg y 868 Kg respectivamente.
3. En vigas, con la relación luz a peralte: $L/h = 21$, y con la relación Módulo de elasticidad a Módulo de rigidez cortante: $E/G = 20$, se deduce que la deformación por flexión representa el 97% de la deflexión total. Por eso no es necesario incluir deformaciones por corte en el cálculo de las deflexiones.
4. El contenido de humedad durante el ensayo de vigas y probetas fue de 26.35% y 26.53% respectivamente, con lo cual se concluye que las muestras se ensayaron en estado húmedo.
5. La especie maderera "Cachimbo" cariniana domesticata, se clasifica en el Grupo "B" de maderas para uso estructural, aplicando Norma Técnica de Edificación E. 101 "Agrupamiento de Maderas para Uso Estructural".
6. Las expresiones de Módulo de Elasticidad y Resistencia a la flexión, de la NTP 251.107 (Método de ensayo a flexión para vigas a escala natural), merecen una revisión. En esta Tesis no se han usada dichas fórmulas.
7. Se ha comprobado en ensayos a flexión estática en probetas pequeñas libres de defectos, que a medida que aumenta el contenido de humedad, disminuye el Módulo de Rotura.
8. Se dedujo que los defectos en la madera, disminuyen su resistencia, para ello se comparó los resultados de los ensayos a flexión estática en probetas pequeñas libre de defectos, con los ensayos en probetas pequeñas que presentan defectos.

9. Del ensayo a flexión en vigas a escala natural se determinó que más del 50% de vigas fallaron a tensión. Es decir, los esfuerzos en la zona de compresión de las vigas son mayores que los esfuerzos en la zona de tensión.
10. El método de preservación recomendada para madera Cachimbo, según su estado es: para madera húmeda; tratamiento por inmersión, y para madera seca; tratamiento baño caliente y frío.
11. El Cachimbo se presenta como una madera de propiedades mecánicas medianas, de mediana durabilidad natural y moderada impregnabilidad, fácil secado, buen comportamiento aún con programas severos, de trabajabilidad intermedia.
12. Debido a su gran disponibilidad en las zonas de producción y con tal que se tomen ciertas precauciones durante la preservación de la madera, esta especie puede utilizarse por pertenecer al grupo estructural "B", como viga y columna, como encofrado no es recomendable por que ofrece dificultad al aserrado y clavado debido al contenido de sílice que presenta.

RECOMENDACIONES

1. Se necesita desarrollar una regla de Clasificación Visual por defectos con sus respectivas tolerancias, para madera de encofrado, que está destinada a soportar esfuerzos no permanentes, pero que requieren de un proceso de análisis y diseño estructural.
2. Según algunos Catedráticos de la Facultad de Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, nos dicen que las Multisales CCA y CCB son las de gran eficacia para preservar la madera, el CCA se usa en postes y durmientes, y el CCB por ser menos tóxica se puede usar en la industria de la construcción. Para aquellos productos finales que van a estar en contacto con las personas como, carpetas, muebles, reposteros, se recomienda usar especies maderables de alta durabilidad natural, ya que éstas no requieren de preservantes.
3. Los precios de la madera al estado natural deben actualizarse progresivamente hasta llegar al valor real.
4. Investigar otras especies madereras para su Clasificación Estructural, muchas de ellas son aptas para la construcción de estructuras y muebles. Esta investigación reducirá la demanda excesiva que existe sobre las especies forestales amenazadas e incrementará el valor por hectárea del bosque.
5. El secado de la madera se debería realizar en el lugar donde se le da uso, es decir que obtenga el contenido de humedad de equilibrio (CHE) de la zona, porque el cambio de humedad ambiental le provocaría deformaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- AUTOR : PROYECTOS ANDINOS DE DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN EL AREA DE RECURSOS
FORESTALES TROPICALES (PADT-REFORT)
- CIUDAD : LIMA-1982, JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA
(JUNAC)
- BIBLIOTECA : INRENA
- CONTENIDO : DESCRIPCIÓN GENERAL Y ANATÓMICA DE 105
MADERAS DEL GRUPO ANDINO
-
- AUTOR : PROYECTOS ANDINOS DE DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN EL AREA DE RECURSOS
FORESTALES TROPICALES (PADT-REFORT)
- CIUDAD : LIMA-1982, JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA
(JUNAC)
- BIBLIOTECA : INRENA
- CONTENIDO : TABLA DE PROPIEDADES FISICAS Y MECÁNICAS DE LA
MADERA DE 20 ESPECIES DEL PERÚ
-
- AUTOR : INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA –
ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LAS MADERAS
TROPICALES (INIA – OIMT)
- CIUDAD : LIMA-1996
- BIBLIOTECA : INRENA
- CONTENIDO : MANUAL DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES
FORESTALES DE LA SUBREGIÓN ANDINA

AUTOR : PROYECTOS ANDINOS DE DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN EL AREA DE RECURSOS
FORESTALES TROPICALES (PADT-REFORT)
CIUDAD : LIMA-1982, JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA
(JUNAC)
BIBLIOTECA : INRENA
CONTENIDO : DETERMINACIÓN DE 100 ESPECIES FORESTALES DE
LA SUBREGIÓN ANDINA

AUTOR : HUARAZ DEL CASTILLO, EDER ALEN
CIUDAD : LIMA-2004
BIBLIOTECA : TESIS DE GRADO UNI-FIC
CONTENIDO : CLASIFICACIÓN E INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE
HUMEDAD Y DEFECTOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-
MECÁNICAS DE LA MADERA CAPI RONA
(CALYCOPHYLLUM SPRUCEANUM)

AUTOR : INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y
NORMALIZACIÓN DE LA VIVIENDA (ININVI E-101)
CIUDAD : LIMA-1989
BIBLIOTECA : ININVI
CONTENIDO : AGRUPAMIENTO DE MADERAS PARA USO
ESTRUCTURAL (NORMAS Y COMENTARIOS)

AUTOR : MINISTERIO DE AGRICULTURA
CIUDAD : LIMA-2000
BIBLIOTECA : INRENA
CONTENIDO : NORMAS LEGALES DEL SECTOR AGRARIO

AUTOR : INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
(INRENA)
CIUDAD : LIMA-2002
BIBLIOTECA : INRENA
CONTENIDO : MAPA FORESTAL DEL PERÚ

AUTOR : PROYECTOS ANDINOS DE DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN EL AREA DE RECURSOS
FORESTALES TROPICALES (PADT-REFORT)
CIUDAD : LIMA-1984, JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA
(JUNAC)
BIBLIOTECA : PERSONAL
CONTENIDO : MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO
ANDINO

AUTOR : ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LAS MADERAS
TROPICALES (OIMT), CÁMARA NACIONAL FORESTAL
(CNF), INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS
NATURALES (INRENA)
CIUDAD : LIMA-1996
BIBLIOTECA : INRENA
CONTENIDO : UTILIZACIÓN INDUSTRIAL DE NUEVAS ESPECIES
FORESTALES EN EL PERÚ

AUTOR : ARBAIZA MENDOZA CHRISTIAN, CAROZO S.
MERCEDES INÉS, HURTADO E. ANGEL PAUL
CIUDAD : LIMA-1999
BIBLIOTECA : INRENA
CONTENIDO : LOS RETOS DE LA INDUSTRIA DE LA MADERA EN EL
PERÚ; INNOVANDO PARA COMPETIR

AUTOR : INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA
INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS (ITINTEC)
CIUDAD : LIMA
BIBLIOTECA : INDECOPI
CONTENIDO : NORMAS PARA MADERA ASERRADA

AUTOR : PROYECTOS ANDINOS DE DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN EL AREA DE RECURSOS
FORESTALES TROPICALES (PADT-REFORT)
CIUDAD : LIMA-1988, JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA
(JUNAC)
BIBLIOTECA : LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES UNI-FIC
CONTENIDO : MANUAL DEL GRUPO ANDINO PARA LA
PRESERVACIÓN DE MADERAS

AUTOR : CAMACHO CASTILLO, SIXTO
CIUDAD : LIMA-2004
BIBLIOTECA : TESIS DE GRADO UNI-FIC
CONTENIDO : INCORPORACIÓN DE LA ESPECIE MADERABLE
QUINILLA COLORADA (MANILKARA BIDENTADA) PARA
USO ESTRUCTURAL

AUTOR : BEJARANO RIVERA, WILLIAM TEDDY
CIUDAD : LIMA-2003
BIBLIOTECA : TESIS DE GRADO UNI-FIC
CONTENIDO : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS
DE LA MADERA CATAHUA

AUTOR : INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
(INRENA)
CIUDAD : LIMA-1995
BIBLIOTECA : INRENA
CONTENIDO : MAPA ECOLÓGICO DEL PERÚ – GUÍA EXPLICATIVA

AUTOR : OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS
NATURALES (ONERN)
CIUDAD : LIMA-1982
BIBLIOTECA : INRENA
CONTENIDO : INVENTARIO Y EVALUACIÓN SEMIDETALLADA DE LOS
RECURSOS DE SUELOS Y FORESTALES DE LA ZONA
DE ATALAYA

AUTOR : RINCÓN LA TORRE, CARLOS (COORDINADOR LKS)
CIUDAD : LIMA-2003
BIBLIOTECA : CITE MADERA
CONTENIDO : INFORME TÉCNICO 01 - PROMOCIÓN DE ESPECIES
FORESTALES POCO CONOCIDAS EN APOYO A LOS
PLANES DE MANEJO FORESTAL EN LA AMAZONIA
PERUANA

AUTOR : DIRECCIÓN GENERAL FORESTAL - INRENA
CIUDAD : LIMA-2000
BIBLIOTECA : INRENA
CONTENIDO : ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA FIJACIÓN DE
PRECIOS DE LA MADERA AL ESTADO NATURAL