



PERÚ

Ministerio de Agricultura

Dirección General Forestal
y de Fauna Silvestre



PROYECTO:

“UTILIZACIÓN INDUSTRIAL Y MERCADO DE DIEZ ESPECIES MADERABLES
POTENCIALES DE BOSQUES SECUNDARIOS Y PRIMARIOS RESIDUALES”

Manual de transformación de la madera



Pío Santiago Puertas
Carmen Guevara Salnicov
Mayra Espinoza Linares

MAYO 2013

Manual de transformación de la madera

Mayo 2013

AIDER-Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral

Sede Central:

Av. Jorge Basadre 180 Of. 6, San Isidro, Lima – Perú

Teléfono.: (51) (01)4215835 – 6287088

Página web: www.aider.com.pe

Sede Pucallpa:

Jr. Eduardo del Águila 391, Pucallpa – Perú

Tel.: (61) 600024 – 600025

Organización Internacional de las Maderas Tropicales-OIMT

International Organizations Center, 5th floor Pacific Yokohama, 1-1-1 Minato-Mirai Nishi-Ku,

Yokohama 220-0012, Japan

Teléfono: (81-45) 223 1110

Página web: www.ittoproject.org

Personal técnico y científico del proyecto

Coordinador Nacional: Ing. Jaime Guillermo Nalvarte Armas

Director del Proyecto : Ing. Pío Santiago Puertas

Responsable de Área : Ing. Carmen Leticia Guevara Salnicov

Responsable de Área : Bach. Mayra Lorena Espinoza Linares

Coordinador Regional: Ing. Ángel Raúl Egoavil Recuay

Autores

Ing. Pío Santiago Puertas

Ing. Carmen Leticia Guevara Salnicov

Bach. Mayra Lorena Espinoza Linares

Fotografías

Mayra Lorena Espinoza Linares, Lenin Ramírez Arancibia, William Tuesta Sajamí, Denis Orlando Rojas Rodríguez, Guisella Ayda Avalos Díaz, David Lluncor Mendoza, Katya Angelita Vela Ríos, Maritza Pérez Murayari, Josepy Gutiérrez Saavedra, Víctor Ramos Sajamí, Noe Cristian Fachin Vargas, Aldo Ramírez Mejía, Carlos Frank Chota Ríos.

Asesoría del contenido técnico

Ing. Mario Quevedo Neyra

Ing. David Gerardo Lluncor Mendoza

Se agradece la reproducción y divulgación de este manual así como su contenido en cualquier tipo de medio, siempre que se indique la fuente.



Tabla de contenido

Presentación	v
Introducción.....	vii
Características de las especies maderables de bosques secundarios y primarios residuales	1
Identificación de especies.....	1
Distribución geográfica de especies	3
Descripción del árbol.....	4
Características de la madera.....	21
Estructura anatómica de la madera.....	21
Características organolépticas	28
Términos relativos a las piezas de madera	42
Características tecnológicas	45
Propiedades físicas de la madera	45
Propiedades mecánicas de la madera	52
Durabilidad natural.....	57
Preservación de la madera.....	61
Transformación de la madera.....	63
Transformación primaria	63
Aserrado	63
Máquinas complementarias del proceso de aserrío	64
Evaluación del aserrado.....	65
Consideraciones para el aserrío.....	65
Tolerancias por defectos de aserrío.....	70

Defectos de la madera	71
Secado	74
Fases de la eliminación del agua de la madera	74
Ventajas del secado de la madera.....	74
Formas de secado de la madera	74
Transformación secundaria	82
Cortes con sierra circular	83
Radial o transversal.....	83
Corte longitudinal.....	84
Cortes periféricos o rotatorios.....	85
Corte en garlopa o planeadora	86
Corte en regruesadora o cepilladora	87
Moldurado.....	87
Corte en sierra de cinta carpintera.....	88
Taladrado	89
Torneado	90
Escopleado	92
Espigado.....	94
Lijado.....	95
Ensamble o armado	97
Acabado.....	101
Embalaje.....	104
Referencias bibliográficas.....	105
Anexos	113

Presentación

La selva amazónica del Perú abarca un área de 77 535 384 ha, que representa el 60,3 por ciento de la superficie total del país. Sin embargo, la tala selectiva y el comercio ilegal de madera se ha generalizado, ocasionando el descremado de bosques con abundancia de especies poco conocidas para el cambio de uso de suelo y la poca valoración de bosques secundarios (BS) y bosques primarios residuales (BPR), a pesar que contienen especies con potencial industrial y comercial para reducir la presión de las especies comerciales.

En ese contexto, el Proyecto PD 512/08 Rev. 2 (I) "Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales", ejecutado por la Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral - AIDER con asistencia técnica y financiera de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales - OIMT, y la colaboración de la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre - DGFFS del Ministerio de Agricultura, y la Universidad Nacional de Ucayali - UNU, responden a la necesidad de abastecimiento permanente a la industria forestal como sustituto a las especies comerciales y al manejo forestal que AIDER promueve.

El proyecto ha sido ejecutado por un equipo de profesionales de AIDER - Ucayali y contó con la participación de consultores altamente calificados de la región, en su mayoría catedráticos de la Universidad Nacional de Ucayali, así como también de tesis y practicantes de diferentes casas de estudios de la Amazonia.

Queremos expresar, asimismo, nuestro sincero agradecimiento a la Organización Internacional de las Maderas Tropicales - OIMT, cuyo aporte financiero contribuyó en las actividades del proyecto así como en la publicación del presente documento.

Jaime Nalvarte Armas
Director Ejecutivo AIDER

Introducción

Los bosques primarios residuales son aquellos en los que se ha realizado un aprovechamiento selectivo de especies de alto valor comercial, como caoba, cedro, ishpingo; quedando especies residuales, conocidas como maderas populares (blancas) o individuos de especies de alto valor pero que no habían alcanzado diámetros comerciales al momento de realizarse la extracción.

De otro lado, los bosques secundarios son aquellos que han vuelto a desarrollarse luego que el bosque primario existente fue totalmente tumbado (esto ocurre principalmente por acciones antrópicas para realizar agricultura migratoria o ganadería); luego de unos años, estas áreas fueron abandonadas, debido a que los suelos perdieron su fertilidad, y comienza a regenerarse el bosque nuevamente; como los suelos son pobres y no hay sombra, las especies que se instalan son distintas de las que existían anteriormente: son heliófitas (de sol), de rápido crecimiento y con madera de baja densidad (maderas blandas).

En ese sentido, tanto los bosques primarios residuales como los bosques secundarios, tienen volúmenes importantes de especies maderables con valor comercial potencial; sin embargo, la mayoría de estas especies no tienen estudios tecnológicos o si los tienen no están completos. Al no conocerse las características tecnológicas, aptitud de uso y condición de procesamientos, dificulta la introducción de estas maderas al mercado. Además, como la mayoría de especies producen maderas blandas y claras, que pueden resultar poco atractivas, o maderas duras con algunas limitaciones para su transformación, deben estudiarse modelos y procesos de acabado que acentúen sus ventajas comparativas y reduzcan sus limitaciones.

El proyecto ***Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales***, ejecutado por la Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral-AIDER,

con asistencia técnica y financiera de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales-OIMT y en colaboración con la Universidad Nacional de Ucayali-UNU y la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre-DGFFS, desarrolló la investigación tecnológica y determinó la aptitud de uso de la madera de diez especies forestales de los bosques mencionados, además de realizar el estudio de la diversificación de productos y prototipos de valor agregado como estrategia para incorporar las maderas al mercado local, nacional y de exportación. Las investigaciones se han efectuado con la participación de docentes, tesisistas y practicantes de la UNU, así como de los productores de primera y segunda transformación.

Como producto de este trabajo se elabora el manual de transformación de la madera, documento que recopila, sistematiza y analiza las buenas prácticas para el procesamiento de la madera e informa sobre los resultados de las investigaciones.





Características de las especies maderables de bosques secundarios y primarios residuales

El punto de partida para el manejo, aprovechamiento y comercialización de una madera, es su reconocimiento en campo para tener la certeza de la especie y no comercializar una madera por otra; por lo que se debe tener en cuenta lo siguiente:

1.1 Identificación de especies

Es la verificación de la identidad de la taxonomía vegetal de una especie, a través de la observación de las características de la misma. Para cada especie se debe responder a lo siguiente:

- **Nombre común:** También conocido como vernacular y es señalado por las personas que usan o están en contacto permanente con estas especies; una especie generalmente tiene más de un nombre común y varía de acuerdo a su distribución geográfica, local, regional; el nombre común es empleado en el Perú y en los diferentes países de Latinoamérica.
- **Nombre científico:** Nombre botánico científicamente válido, este nombre es reconocido a nivel internacional. Está compuesto de tres partes: el género, la especie y el autor o científico que clasificó originalmente a la planta.
- **Familia:** Corresponde a la familia botánica a la que pertenece la especie.
- **Sinónimo botánico:** Referido a los nombres científicos de la especie que fueron sucesivamente modificados por diferentes botánicos.
- **Nombre comercial internacional:** Nombre de la madera usado en el comercio internacional.

Cuadro 1. Identificación de diez especies de BS y BPR

Nombre científico	Nombre común	Familia	Sinonimia	Nombre comercial intern.
<i>Apeiba membranacea</i> . Spruce ex Benth	Maquizapa ñagcha	Tiliaceae	<i>Apeiba aspera</i> Aubl.	Peine de mono
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Anacaspí	Fabaceae	<i>Apuleia polygama</i> Feire Allemao; <i>Apuleia molaris</i> (Spruce ex Benth) Gleason, <i>Apuleia praecox</i> (Martius) Vogel; <i>Platymiscium ellipticum</i> Rugby	Grapia
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	Panguana	Moraceae	<i>Brosimum krukovii</i> Standley; <i>Brosimum ovatifolium</i> Ducke; <i>Brosimum pallencens</i> Ducke; <i>Brosimum rigidum</i> Ducke.	Sande
<i>Croton matourensis</i> Aubl	Aucatadijo	Euphorbiaceae		
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Huamanzanama	Bignoniaceae	<i>Jacaranda spectabilis</i> A. DC; <i>Bignonia copaia</i> (Aublet) D. Don.	Jacaranda copaia.
<i>Matisia cordata</i> Bonpl	Sapote	Bombacaceae	<i>Quararibea cordata</i> (Humboldt & Bonpland) Vischer.	Sapote
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr	Utucuro	Bombacaceae		Utucuro
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake	Pashaco blanco	Fabaceae	<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke, <i>Schizolobium excelsum</i> var. <i>amazonicum</i> Ducke ex L. Williams	Quamwood.
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupa	Simaroubaceae		Simaruba
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud.	Yacushapana amarilla	Combretaceae		Taninbuca yac.

1.2 Distribución geográfica

Es la ubicación de una determinada especie en el globo terráqueo.

Cuadro 2. Distribución geográfica de diez especies de BS y BPR

Nombre común	Distribución geográfica
Maquizapa ñagcha	Se distribuye naturalmente desde Costa Rica y Panamá en América Central hasta Colombia, Perú, Ecuador, Bolivia y Brasil en América del Sur. En ecosistemas naturales se encuentra en los bosques primarios residuales.
Ana caspi	Se encuentra distribuida en casi todo Sudamérica, abarcando países como Perú, Brasil; Venezuela, Uruguay, Argentina y Paraguay. En ecosistemas naturales se encuentra en los bosques primarios residuales.
Panguana	Se encuentra distribuida en el sur de América abarcando países como: Brasil, Perú y Venezuela. En ecosistemas naturales se encuentra en los bosques primarios residuales.
Auca atadijo	Esta especie se encuentra distribuida ampliamente en la Amazonia y en forma localizada en América Central (Panamá) en altitudes de hasta 1.010 msnm. Se encontró en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayanas, Panamá, Perú, Surinam y Venezuela. Esta especie puede ser encontrada en bosques secundarios antiguos y bosques primarios.
Huamanzana	Se encuentra distribuida desde Bécice y Guatemala en América central hasta Paraguay en América del Sur. Bastante común en bosques secundarios y primarios residuales.
Sapote	Se encuentra distribuida en la Amazonía Peruana, también en Ecuador, Colombia, Brasil, Venezuela. En ecosistemas naturales se encuentra en bosques secundarios y primarios residuales.
Utucuro	Se encuentra distribuida en la Amazonía peruana, brasilera y venezolana. También se encuentra distribuida en Uruguay, Argentina y Paraguay. En ecosistemas naturales se encuentra en los bosques primarios residuales.
Pashaco blanco	Se distribuye desde el sur de México, a lo largo de América Central, hasta Bolivia, Ecuador, Perú y Brasil. Bosques secundarios y primarios.
Marupa	Se distribuye desde todo Centro América hasta parte de Sur América, abarcando países como Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y parte de Bolivia, Uruguay y Paraguay. En ecosistemas naturales se encuentran bosques secundarios y primarios residuales.
Yacushapana amarilla	Se encuentra distribuida en la Amazonía peruana, brasilera, venezolana, parte de la selva central y del Caribe. Se encuentran en bosques primarios residuales.

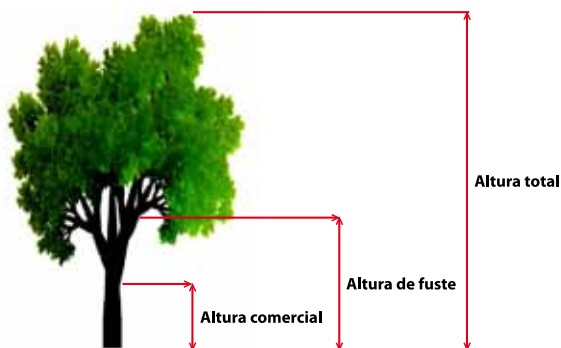
1.3 Descripción del árbol

Es la descripción de las características generales del árbol en pie, permite la identificación preliminar de las familias, géneros, y a veces las especies. Estas características son: dimensiones del fuste o tronco referidos a la altura total, altura del fuste, altura comercial, diámetro a la altura del pecho (DAP), color, tipo de corteza, presencia de olor y/o sabor, tipo de raíces, forma de copa, hojas, flores, frutos y semillas.

- **Fuste o tronco:** Es la parte aérea de los árboles de naturaleza xilemática y leñosa que sostiene la copa. La clasificación del fuste, depende de la forma y diámetro. En los bosques tropicales, se pueden diferenciar las siguientes variantes: Cilíndrico, cónico, acanalado, fenestrado y aristado.
- **Altura total:** Distancia vertical entre el nivel del suelo y el extremo superior del árbol.
- **Altura del fuste:** Desde la base del tronco hasta el inicio de las ramas.
- **Altura comercial:** Desde la base del tronco hasta la altura aprovechable en la base de la copa.

Figura 1

Tipos de altura



- **Diámetro a la altura del pecho (DAP):** Es el diámetro del fuste a 1.30 m de altura con respecto al nivel del suelo. Esta medición, se realiza con diversos instrumentos como cinta diamétrica, forcípula, etc. y depende de la forma del fuste.

- **Tipo de corteza, olor y sabor:** La corteza es la capa externa del fuste, donde se diferencia a la corteza externa que está constituida por tejido muerto, y la corteza interna que está constituida por tejido vivo generalmente de colores claros y grosor variable. La apariencia de la corteza externa puede ser: lisa, fisurada y escamosa, también puede ser lenticelada. La corteza interna puede ser fibrosa, estratificada, con estructura radial exfoliable y homogénea.

Figura 2.
Medición de diámetros



Al cortar la corteza se presenta la exudación de ciertos líquidos a los que se le reconoce por su color, olor y consistencia. Los exudados pueden ser acuosos o pegajosos, coloridos o incoloros, aceitosos o no; como el látex, resina, savia y mucílago.

- **Tipo de raíces:** Las raíces son las proyecciones de la base del fuste, y se diferencian las raíces tablares, zancos, fulcreas, adventicias y neumatóforas.
- **Forma de copa:** Se clasifica de acuerdo a la distribución de las ramas, como: Círculo completo, círculo irregular, medio círculo, menos que medio círculo, solamente pocas ramas.
- **Hojas:** La hoja es un órgano lateral de la planta que se inserta sobre el tallo principal o las ramas y desempeña la función más importante de la planta, la fotosíntesis. Las hojas pueden ser simples o compuestas, se diferencian por el borde del limbo, por la nervadura.
- **Flores:** Observar el tipo, forma, color, características y dimensiones.
- **Frutos y semillas:** Tipo, forma, color, características y dimensiones.



1



2



3



7



8



9

Figura 3.

Forma de fuste de diez especies
de BS y BPR



4



5



6



10

-
1. *Apeiba membranacea*. Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)
 2. *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr (ana caspi)
 3. *Brosimum utile* (Kunth) Oken (panguana)
 4. *Croton matourensis* Aubl (aucatadijo)
 5. *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (huamanzamana)
 6. *Matisia cordata* Bonpl (sapote)
 7. *Septotheca tessmannii* Ulbr (utucuro)
 8. *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake (pashaco blanco)
 9. *Simarouba amara* Aubl (marupa)
 10. *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav) Steud. (yacushapana)
-

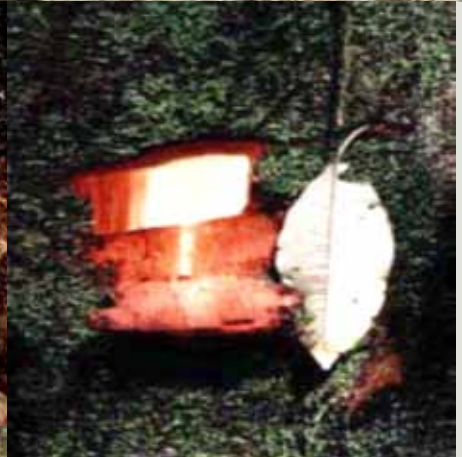
1



2



3



4



5

1. *Apeiba membranacea*. Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)
2. *Apuleia leiocarpa*(Vogel) J.F. Macbr (ana caspi)
3. *Brosimum utile* (Kunth) Oken (panguana)
4. *Croton matourensis* Aubl (aucatadijo)
5. *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (huamanzana)

Figura 4.
Corteza externa e interna de
diez especies de BS y BPR

6



7



8



10



9



6. *Matisia cordata* Bonpl (sapote)
7. *Septotheca tessmannii* Ulbr (utucuro)
8. *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake (pashaco blanco)
9. *Simarouba amara* Aubl (marupa)
10. *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav) Steud. (yacushapana)

1



2



3



4



5



1. *Apeiba me mbranacea*. Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)
2. *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr (ana caspi)
3. *Brosimum utile* (Kunth) Oken (panguana)
4. *Croton matourensis* Aubl (aucatadijo)
5. *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (huamanzamana)

Figura 5.

Tipos de hojas de diez especies
de BS y BPR

6



7



8



9



10



6. *Matisia cordata* Bonpl (sapote)
7. *Septotheca tessmannii* Ulbr (utucuro)
8. *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake (pashaco blanco)
9. *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav) Steud. (yacushapana amarilla)
10. *Simarouba amara* Aubl (marupa)



Apeiba membranacea. Spruce
ex Benth (maquizapa ñagcha)



Brosimum utile (Kunth) Oken
(panguana)



Croton matourensis Aubl
(aucatadijo)



Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr (ana caspi)



Matisia cordata Bonpl (sapote)

Figura 6.

Flores de diez especies de BS y BPR



Sepiothecha tessmannii Ulbr (utucuro)



Schizolobium parahyba (Vell.) S.F.Blake
(pashaco blanco)



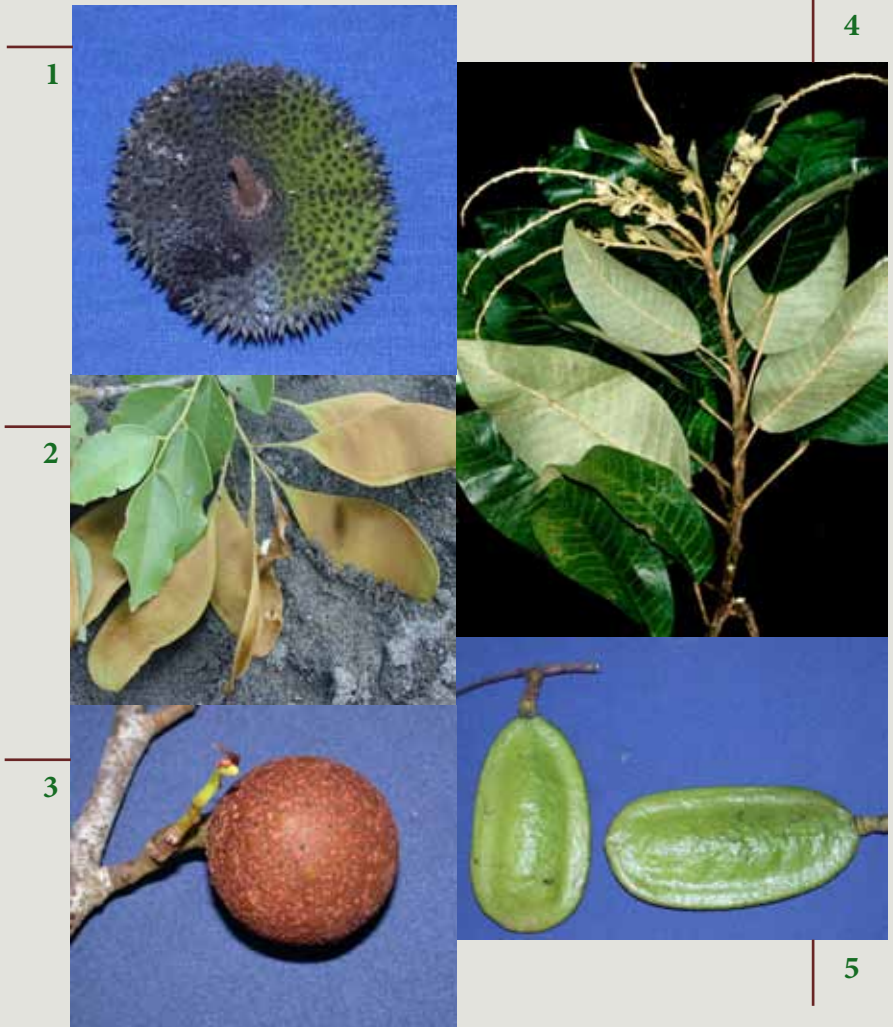
Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don
(huamanzamana)



Simarouba amara Aubl (marupa)

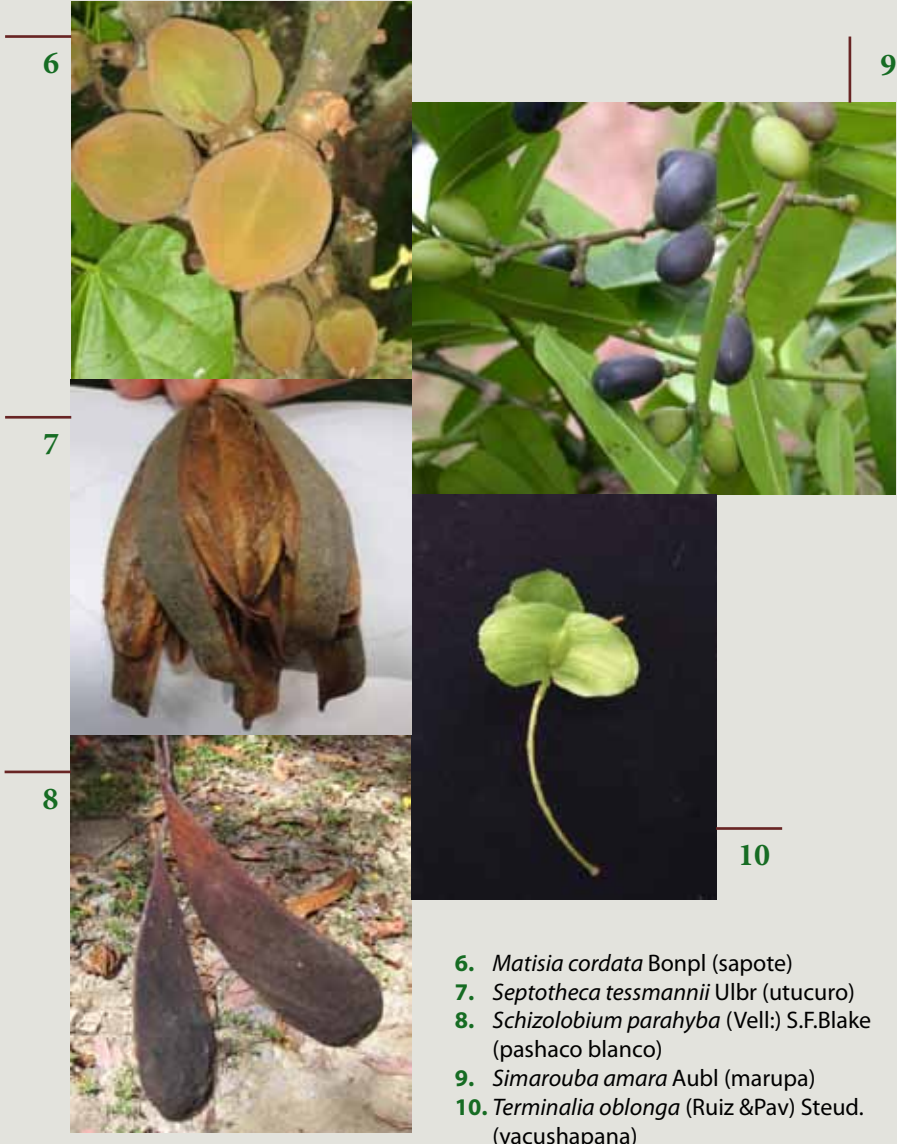


Terminalia oblonga (Ruiz & Pav) Steud. (yacushapana)



1. *Apeiba membranacea*. Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)
2. *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr (ana caspi)
3. *Brosimum utile* (Kunth) Oken (panguana)
4. *Croton matourensis* Aubl (aucatadijo)
5. *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (huamanzamana)

Figura 7.
Frutos y semillas de diez
especies de BS y BPR



- 6. *Matisia cordata* Bonpl (sapote)
- 7. *Septotheca tessmannii* Ulbr (utucuro)
- 8. *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake (pashaco blanco)
- 9. *Simarouba amara* Aubl (marupa)
- 10. *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav) Steud. (yacushapana)

Cuadro 3. Descripción del árbol de diez especies de BS y BPR

Especie	Tipo de fuste	Base de fuste	Altura total (m)	D.A.P (cm)	Copa
<i>Apeiba membranacea</i> . Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)	Cilíndrico y recto.	Tablares redondos altos pero angostos.	Hasta 35 m.	De 50 a 100 cm.	No presenta un eje principal claro, las ramas se abren desde su base.
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr. (ana caspi)	Irregular a cilíndrico. Recto en el bosque y un poco torcido en lugares más o menos abiertos.	Aletones empinados y delgados.	Hasta 45 m.	Superiores a 100 cm.	Aparasolada.
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken (panguana)	Cilíndrico de base recta, en la parte terminal sinuoso.	Tablares pequeñas en la base, gruesos.	De 35 a 40 m.	Superan los 100 cm.	Amplia y redonda.
<i>Croton matourensis</i> Aubl (aucatadijo)	Fuste cilíndrico y recto.	Tablares gruesas, las raíces sobresalen.	De 8 a 30 m.	Hasta 90 cm.	Aparasolada.

Corteza externa	Corteza interna	Hojas	Flores	Frutos y semillas
Gris y ligeramente verdosa, algo áspera, escamosa, con lenticelas negras redondeadas, diminutas, abundantes. Ritidomas en placas delgadas e irregulares.	Suculenta, gruesa o de grosor medio, color amarillo claro; la cual se oxida a marrón claro; fibrosa en forma de malla.	Hojas simples, alternas, dísticas; con estípulas caedizas, oblongas o elípticas, con ápice acuminado, bordes enteros a veces dentados y base redondeada o subcordada.	Flores amarillas, en panículas, opuestas a la hoja.	Cápsula esférica aplastada y dura, de color negra con espinas gruesas, cortas, indehiscente, con semillas numerosas.
Áspera y casi lisa, de color anaranjado grisáceo. La corteza muerta se desprende en placas laminares, irregulares y grandes, dejando huellas en bajo relieve en la superficie del tronco.	De olor característico a frijol. Textura fibrosa laminar con bandas intercaladas entre rosada y crema (exterior) y otra fibrosa laminar compacta (interior). Luego del corte se observa una savia que al contacto con el aire se oscurece.	Hojas alternas, compuestas e imparipinnadas, con folíolos alternos y elípticos. Cada pina contiene entre 5 a 11 folíolos.	Flores pequeñas, blancas, dispuestas en manojos en las axilas de las hojas.	Legumbres indehiscentes, color castaño claro, pubescente, asimétrico, comprimido con 2 semillas.
De color marrón oscuro-negruzco, al raspado marrón-óxido ferruginoso en la base y en el extremo superior grisáceo blanquecino. Agrietada con lenticelas alargadas transversalmente, más abundantes en ciertas zonas del fuste. Al raspar las raíces aparece un color anaranjado. Ritidoma en plaquitas pequeñas no muy notorias. En zonas con alta humedad está cubierta de musgos.	De color marrón anaranjado oscuro, textura arenosa compacta (vidriosa) al exterior y fibrosa al interior, con abundante fibras aciculares blanquecinas. Látex, abundante, insípido, de color blanco cremoso estable, pegajoso al tacto, que fluye inmediatamente después del entalle en toda la superficie cortada y coagula al cabo de un minuto.	Simples, alternas y dísticas, elípticas-ovadas, con ápice agudo o acuminado, bordes enteros y base redondeada.	Diminutas, dispuestas en inflorescencias axilares, globosas a semiesféricas o cabezuelas.	Globosos, de 1,4 a 2,5 cm de diámetro, cubierta de papilas.
Ceniza plateada, de apariencia fisurada, de apariencia ligeramente áspera, con pequeñas lenticelas.	De color rosado a rojizo de 8 a 12 mm de espesor, con inclusiones blanquecinas, textura fibrosa, secreta un látex rojizo de sabor astringente.	Simples, alternas y elípticas a oblongo elípticas, con estípulas filiformes y persistentes, el haz de color verde y el envés blanquecino plateado, con dos glándulas en la base.	En racimos terminales pubescentes, de 8 a 10 cm, color blanco amarillento. Las masculinas abundantes en la parte superior y las femeninas en la base.	Cápsulas triloculares, leñosas, dehiscentes, comprimidas, explosivos, de 0.5 a 0.8 cm de diámetro, oblongos negros y pequeños. Semilla en torno de 2 mm de ancho, globosa

Continuación del Cuadro 3. Descripción del árbol de diez especies de BS y BPR

Especie	Tipo de fuste	Base de fuste	Altura total (m)	D.A.P (cm)	Copa
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (huamazamana)	Fuste recto, cilíndrico	Raíces engrosadas en la base, redondas.	Puede alcanzar 45 m.	Puede alcanzar 90 cm.	Copa pequeña y globosa.
<i>Matisia cordata</i> Bonpl (sapote)	Cilíndrico.	Aletones delgados medianamente o bien desarrollados.	Alcanzan hasta 50 m.	Pueden llegar a 90 cm.	Globosa.
<i>Septothesa tessmannii</i> Ulbr (utucuro)	Cilíndrico.	Aletones delgados que pueden elevarse sobre los 3 m.	Hasta 40 m.	Puede llegar a 90 cm.	En juveniles alargada y en adultos cilíndrica.
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake (pashaco blanco)	Cilíndrica	Sin aletones	Hasta 30 m.	Puede llegar a 100 cm.	cilíndrico
<i>Simarouba amara</i> Aubl. (marupa)	Cilíndrico hasta anguloso	Aletones tablares	Hasta 30 m	Puede llegara a 60 cm.	Irregular y follaje disperso.
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud. (yacushapana amarilla)	Irregular cilíndrico hasta anguloso.	Aletones tablares de 30 a 50 cm de alto.	Hasta 30-40 m.	De 60 a 100 cm.	Globosa.

2

Características de la madera

La madera es un material orgánico de elementos lignificados de los árboles y se observa como sustancia compacta formada por células que cumplen tres funciones: resistencia mecánica (tejido fibroso), conducción del agua (tejido vascular), así como almacenamiento y distribución de sustancias de reserva (tejido parenquimatoso).

En la madera se puede distinguir la albura, duramen y médula.

Figura 8.

Partes de la madera



Para trabajar la madera es importante conocer sus características, propiedades y la siguiente terminología forestal:

2.1 Estructura anatómica de la madera

Son los elementos anatómicos que presenta la madera, permite comprender su influencia en las propiedades tecnológicas y su comportamiento durante los procesos de transformación. La identificación de

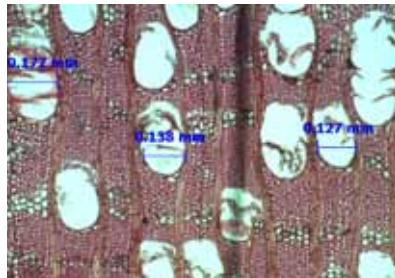
los elementos anatómicos se realiza a nivel macroscópico con rodajas y probetas de madera; a nivel microscópicas, con láminas histológicas de muestras de madera. Los elementos anatómicos son:

- **Anillos de crecimiento:** Son capas concéntricas de crecimiento, producido durante el desarrollo diametral del árbol por el cambium. Se observan en la sección transversal con respecto al eje longitudinal del tronco. Se clasifican como estacionales para plantas de zonas tropicales que tienen estaciones marcadas.
- **Diferencia entre albura y duramen:** Es la diferencia o no entre la zona de albura y duramen de una misma pieza de madera, observada en la sección transversal.
- **Poros y vasos:** Los poros son orificios o agujeros originados por el corte transversal de un vaso. El vaso es un elemento de conducción del agua libre y las sustancias alimenticias en el árbol, está constituido por células tubulares.
- **Parénquima:** Puede ser longitudinal o radial, dependiendo de la orientación de los elementos leñosos con respecto al eje del tronco. Estas células tienen como función almacenar sustancias de reserva, distribución y segregación de los carbohidratos, así como de la producción de ciertas sustancias orgánicas. Puede estar junto y alejado de los poros.

Figura 9.
Anillos de crecimiento



Figura 10.
Poros y vasos



- **Fibras:** Son células largas y delgadas que cumplen la función de sostén del leño o resistencia mecánica.
- **Radios leñosos:** Constituidos por células dispuestas en dirección radial, perpendicular al eje del árbol y realizan la función de trabazón de las fibras longitudinales. Tienen importancia en las propiedades de la madera, como elemento de identificación y como responsable, en parte, de las propiedades de contracción de la madera.
- **Inclusiones:** Sustancias que se encuentran taponeando parcial o totalmente las células como poros, pueden ser gomas, tilosis, sílice, entre otras. Alteran o afectan la preservación, secado y el procesamiento industrial de la madera.

Figura 11.
Parénquima

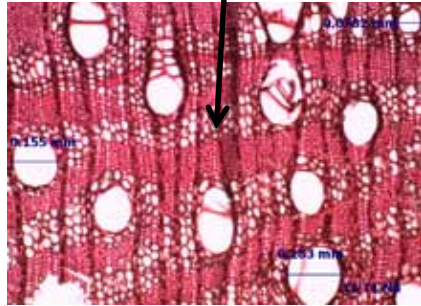


Figura 12.
Fibras y radios

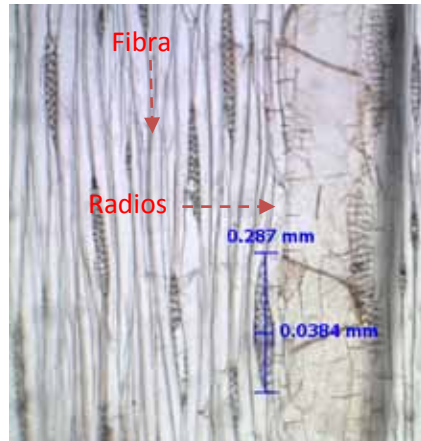
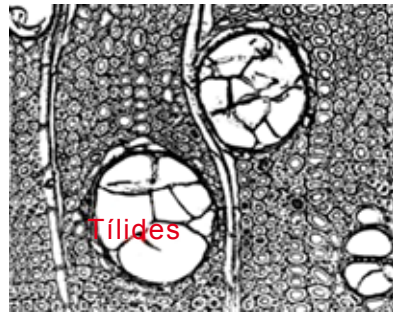
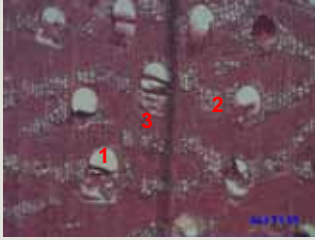


Figura 13.
Tipos de inclusiones

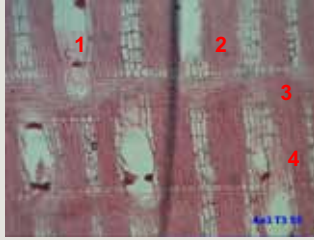


Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr (ana caspi)



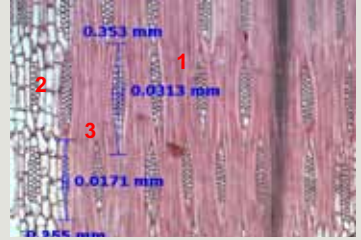
Sección transversal

1. Poro, 2. Parénquima paratraqueal aliforme y aliforme confluyente, 3. Fibras.



Sección radial

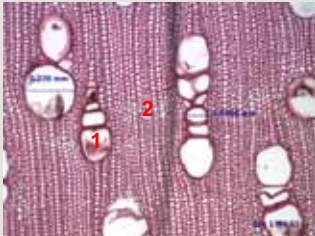
1. Vaso, 2. Parénquima longitudinal, 3. Radio, 4. Fibras.



Sección tangencial

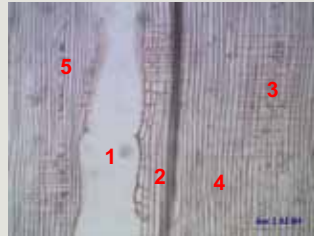
1. Radios estratificados, 2. Parénquima longitudinal, 3. Fibras

Croton matourensis Aubl (aucatadijo)



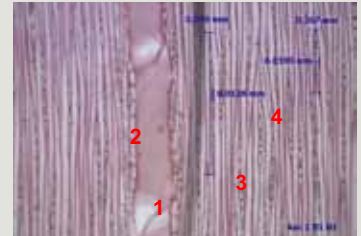
Sección transversal

1. Poro múltiple, 2. Parénquima paratraqueal vasicentrico



Sección radial

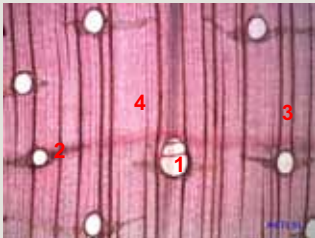
1. Vaso, 2. Parénquima paratraqueal vasicentrico, 3. Radio, 4. Fibras, 5. Cristales



Sección tangencial

1. Vasos, 2. Parénquima paratraqueal vasicentrico, 3. Radios, 4. Fibras

Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don (huamazmana)



Sección transversal

1. Poro múltiple, 2. Parénquima aliforme, 3. Radio, 4. Fibra



Sección radial

1. Vaso, 2. Parénquima aliforme, 3. Radio, 4. Fibras.



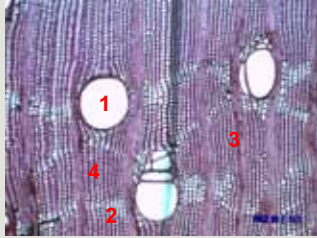
Sección tangencial

1. Vasos, 2. Radio, 4. Fibras

Figura 14.

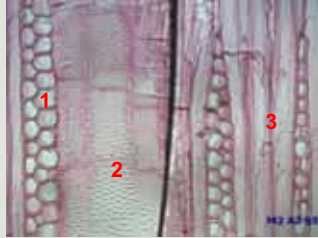
Elementos anatómicos de diez especies de BS y BRP
(Vista microscópica por sección de corte y especie)

Simarouba amara Aubl (marupa)



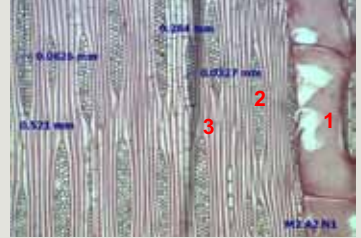
Sección transversal

1. Poro simple, 2. Parénquima ali-
forme confluyente, 3. Radio, 4. Fibra.



Sección radial

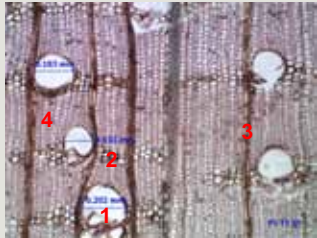
1. Radio, 2. Vaso, 3. Fibras,



Sección tangencial

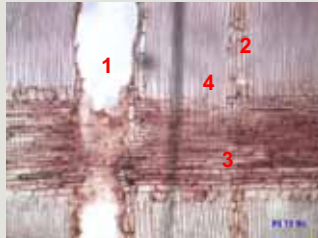
1. Vasos, 2. Radios estratificados,
3. Fibras

Brosimum utile (Kunth) Oken (panguana)



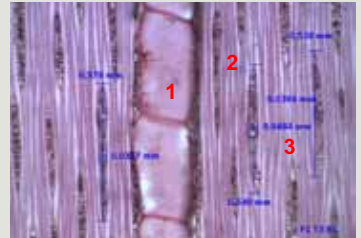
Sección transversal

1. Poro, 2. Parénquima ali-
forme confluyente, 3. Radio, 4. Fibra



Sección radial

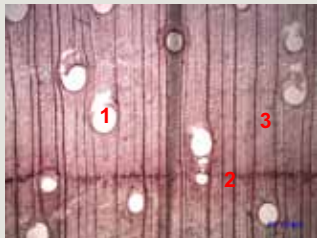
1. Vaso, 2. Parénquima ali-
forme confluyente 3. Radio, 4. Fibras



Sección tangencial

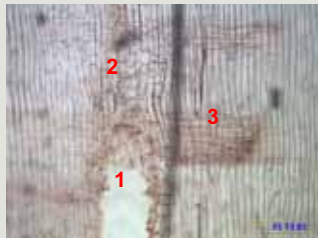
1. Vasos, 2. Radios, 3. Fibras

Schizolobium parahyba (Vell.) S.F.Blake (pashaco blanco)



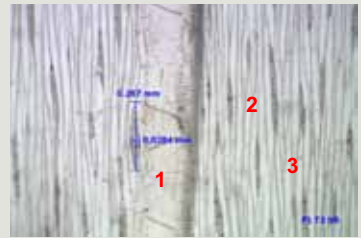
Sección transversal

1. Poro, 2. Radio, 3. Fibra



Sección radial

1. Vaso, 2. Parénquima confluyente
3. Radio, 4. Fibras

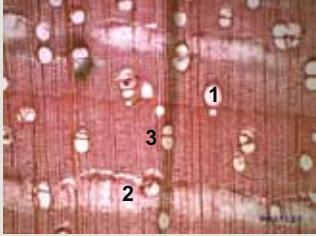


Sección tangencial

1. Vaso, 2. Radios, 3. Fibras

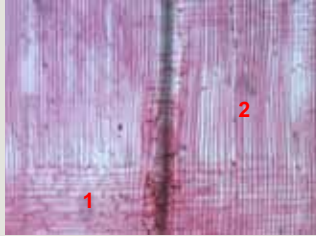
Continuación de la Figura 14.

Apeiba membranacea. Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)



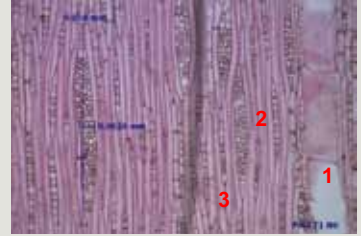
Sección transversal

1. Poro, 2. Radio, 3. Fibra.



Sección radial

1. Radio, 2. Fibra



Sección tangencial

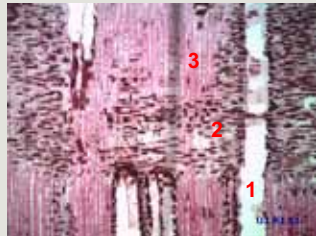
1. Vaso, 2. Radio, 3. Fibras

Septotheca tessmannii Ulbr (utucuro)



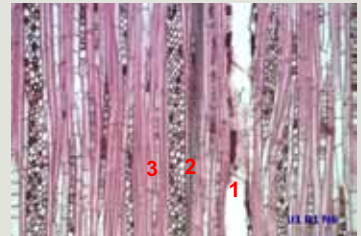
Sección transversal

1. Poro, 2. Parenquima apotraqueal reticulado, 3. Fibra



Sección radial

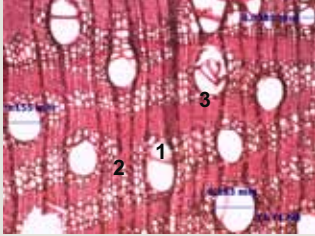
1. Vaso, 2. Radio, 3. Fibra



Sección tangencial

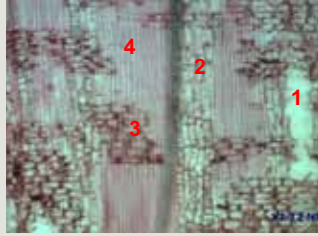
1. Vaso, 2. Radio, 3. Fibras

Terminalia oblonga (Ruiz & Pav) Steud. (*yacushapana amarilla*)



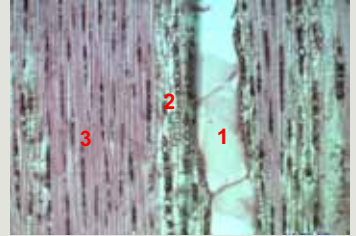
Sección transversal

1. Poro, 2. Parénquima paratraqueal aliforme, 3. Fibra



Sección radial

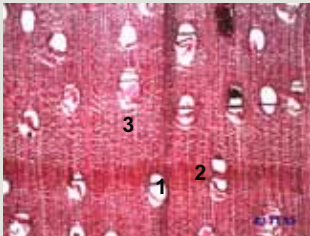
1. Vaso, 2. Parenquima paratraqueal aliforme, 3. Radio, 4. Fibra



Sección tangencial

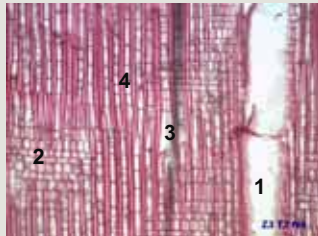
1. Vaso, 2. Radio, 3. Fibras

Matisia cordata Bonpl (*sapote*)



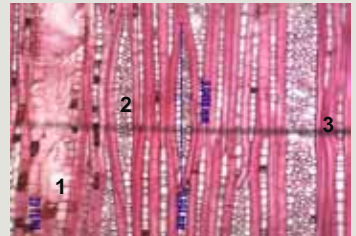
Sección transversal

1. Poro, 2. Parénquima apotraqueal reticulado, 3.- Fibra



Sección radial

1. Vaso, 2. Parénquima apotraqueal reticulado, 3. Radio, 4. Fibra



Sección tangencial

1. Vaso, 2. Radio, 3. Fibras

2.2 Características organolépticas

Son aquellas características externas de la madera, que pueden ser percibidas con la vista, el olfato, el tacto y el gusto. Son las siguientes:

Figura 15.

Tabla Munsell



- **Color:** Causado por la presencia de sustancias colorantes y otros compuestos secundarios de la madera. Se puede definir el color de una madera recién cortada y cuando está seca, utilizando una tabla Munsell de colores para suelo, diferenciando la zona de albura y duramen. Se clasifican, en maderas claras, blancas o amarillas; maderas oscuras, rojas o marrones. Sirve de indicador de la durabilidad de la madera; en genera maderas más durables y resistentes son aquellas de color rojo.
- **Olor:** Producido por sustancias volátiles como resinas y aceites esenciales, ocasionando en algunas especies olores característicos. Se califica según la graduación de no distintivo o distintivo, olores a veces fragantes y otros desagradables.
- **Brillo o lustre:** Característica típica de algunas especies que es producida por el reflejo que causan los elementos minerales de la estructura anatómica. Observable especialmente en el corte radial cuando son expuestos a la luz. Su presencia se califica de bajo, mediano o moderado y elevado o intenso.

- **Veteado o figura:** Son las figuras que se forman en la superficie de la madera, debido a la disposición, tamaño, forma, color y abundancia de los elementos anatómico. Esta característica es importante en la determinación del uso de la madera. Se clasifican en:
 - **Arcos superpuestos:** Definidos por los límites de los anillos de crecimiento. Se observa como una figura de arcos dispuestos uno sobre el otro, en la sección tangencial de la pieza de madera.
 - **Bandas paralelas:** Ocasionadas por la alternancia de grupos de poros y fibras orientados en dirección contraria levemente diferente. Es observado en la sección radial de la pieza de madera.
 - **Jaspeado:** Es el efecto visual de contraste en brillo o color de los radios seccionados y alternadas con zonas fibrosas. Se percibe el satinado en la sección radial como figuras con reflejos plateados o dorados, satinados, veteado crespado o rizado.
 - **Característico:** De acuerdo a los tonos y figuras acentuadas o llamativas.

Figura 16.

Veteado de *Apeiba membranacea*. Spruce ex Benth



Figura 17.

Veteado de *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pav) Steud.



- **Grano:** Disposición que tienen los elementos anatómicos longitudinales (vasos, fibras, traqueidas, parénquima, etc.) con respecto al eje longitudinal del tronco. Se observa en la sección radial o tangencial de la pieza de madera. Es importante en la trabajabilidad de la madera y su comportamiento estructural. Se clasifica de acuerdo a su naturaleza, en recto, entrecruzado y ondulado; y por inclinación de corte será oblicuo.
- **Grano recto:** Cuando la orientación es de forma paralela en dirección eje del árbol. Se observa en corte radial y tangencial. Presenta superficies lisas y facilidad para la trabajabilidad.

Figura 18.

Grano recto de especies de BS y BPR

*Croton matourensis* Aubl (aucatadijo)*Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (huamanzamana)*Matisia cordata* Bonpl (sapote)*Simarouba amara* Aubl. (marupa)*Septotheca tessmannii* Ulbr (utucuro)

- **Grano entrecruzado:** Cuando la orientación es en dirección alterna u opuesta. Se observa como bandas encontradas en la sección radial haciendo que la trabajabilidad de la madera sea difícil. El efecto de repelo aparece en las operaciones de cepillado, fresado y torneado, que se corrige con el lijado.

Figura 19.

Grano entrecruzado en maderas de BS y BPR



Grano entrecruzado
Apeiba membranacea. Spruce ex Benth
(maquizapa ñagcha)



Grano entrecruzado
Brosimum utile (Kunth) Oken (panguana)



Grano ligeramente entrecruzado
Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr (ana caspi)



Grano ligeramente entrecruzado
Schizolobium parahyba (Vell.) S.F.Blake
(pashaco blanco)



Grano ligeramente entrecruzado
Terminalia oblonga (Ruiz & Pav) Steud
(yacushanapa amarilla)

- **Grano ondulado:** Cuando los elementos leñosos presentan una trayectoria sinuosa en ondas con dirección paralela al eje del árbol. En la trabajabilidad aparece el efecto repelo, aparecen en las operaciones de cepillado, fresado y torneado y se corrige con el lijado. Obliga a un cuidadoso acabado para sacar provecho de su aspecto ondulado apreciado para la decoración como superficie ondulada y vistosa.
- **Grano oblicuo:** Cuando la dirección de los elementos leñosos forma ángulos agudos con respecto aleje de la tabla. Se detecta en las aristas de las piezas, formando ángulos de cara y canto, aceptable una inclinación de 1/8.
- **Textura:** Característica atribuida a la distribución y tamaño de los poros, parénquima y fibras. Es generalmente palpable en las secciones longitudinales de las piezas de madera. Tiene importancia en el acabado de la madera. Puede ser de tres tipos:
 - **Textura gruesa:** Presenta elementos anatómicos grandes. Poros con diámetro tangencial de más de 181 micras, parénquima abundante, radios leñosos anchos y tejido fibroso escaso.

Figura 20.

Textura de diez especies de BS y BPR



Textura gruesa
Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don
(huamanzamana)



Textura gruesa
Schizolobium parahyba (Vell.) S.F.Blake
(pashaco blanco)



Textura gruesa a media
Apeiba membranacea. Spruce ex Benth
(maquizapa ñagcha)

- **Textura media:** Presenta elementos constitutivos medianos. Poros entre 141 y 180 micras de diámetro tangencial, parénquima regular, radios leñosos medianos y regular cantidad de tejido fibroso.

Figura 21.

Textura de diez especies de BS y BPR



Textura media
Croton matourensis Aubl (aucatadijo)



Textura media
Brosimum utile (Kunth) Oken (panguana)



Textura media
Matisia cordata Bonpl (sapote)



Textura media
Simarouba amara Aubl. (marupa)



Textura media
Septotheca tessmannii Ulbr (utucuro)

- **Textura fina:** Presenta elementos constitutivos pequeños. Poros menores de 140 micras de diámetro tangencial, parénquima escaso, radios leñosos finos y abundante tejido fibroso.

Figura 22.

Textura de diez especies de BS y BPR



Textura fina
Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr.
(ana caspi)



Textura fina
Terminalia oblonga (Ruiz & Pav) Steud
(y acushapana amarilla)

Cuadro 4. Características organolépticas de diez maderas de BS y BPR

Especie	Color	Olor	Sabor	Brillo	Textura	Veteado	Grano
<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth (Ma- quizapa ñagcha)	10 YR 8/3; 10 YR 8/4 Very pale brown/2.5 Y 8/3 Pale yellow	Sin olor	Sin sabor	Medio	Gruesa a media	Arcos super- puestos	Entrecruzado
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr. (ana caspi)	A: 2.5 Y 8/3 pale yellow/D: 2.5 Y 8/6 yel- low/ D: 10 YR 8/4 very pale brown	Con olor no definido	Amargo	Medio	Fina	Arcos super- puestos (sección tangencial) Líneas verticales (sección radial)	Ligeramente entrecruzado
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken (panguana)	10 YR 8/6; 10 YR 8/4 Yellow	Sin olor	Sin sabor	Medio	Media	Arcos super- puestos	Entrecruzado
<i>Croton matourensis</i> Aubl (aucatadijo)	2.5Y 8/3; 2.5Y 8/4 pale yellow	Sin olor	Sin sabor	Medio	Media	Arcos super- puestos (sección tangencial) Líneas verticales (Sección radial)	Recto
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (huamanzamana)	10 YR 8/4; 10 YR 8/2 10 YR 8/3 Very pale brown	Sin olor	Sin sabor	Medio	Gruesa	Líneas verticales	Recto
<i>Matisia cordata</i> Bonpl (sapote)	2.5Y 8/4 pale yellow/ 2.5Y 8/6 yellow /10YR 8/6 yellow	Sin olor	Sin sabor	Alto (sección radial)	Media	Arcos super- puestos (sección tangencial) Líneas verticales (sección radial)	Recto

Continuación del Cuadro 4. Características organolépticas de diez maderas de BS y BPR

Especie	Color	Olor	Sabor	Brillo	Textura	Veteado	Grano
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell): S.F.Blake (pashaco blanco)	10 YR 8/4 Very pale brown/ 2.5 Y 8/3 Pale yellow	Sin olor	Sin sabor	Sin brillo	Gruesa	Punteado (plano tangencial) líneas verticales (plano radial)	Ligeramente entrecruzado a entrecruzado
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr (utucuro)	A: 2.5 Y 8/4 pale yellow /A: 10 YR 8/3 very pale brown/D: 7.5 YR 7/4 pink/D: 7.5 YR 6/4 light brown/7.5 YR 7/4 pink	Sin olor	Sin sabor	Medio	Media	Arcos superpuestos (sección tangencial) Líneas verticales (sección radial)	Recto
<i>Simarouba amara</i> Aubl (marupa)	10 YR 8/4 very pale brown/2.5 Y 8/4 pale yellow	Sin olor	Sin sabor	Medio	Media	Arcos superpuestos (sección tangencial) Líneas verticales (sección radial)	De ondulado a recto
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud.	5Y 8/6 yellow/ 10YR 7/4 very pale brown	Sin olor	Sin sabor	Medio	Fina	Arcos superpuestos (sección tangencial) Líneas verticales (sección radial)	De ligeramente entrecruzado a entrecruzado

Cuadro 5. Elementos anatómicos diez maderas de BS y BPR (rodaja)

Especie/elementos anatómicos	N° de anillos promedio por 5 cm lineal	Diferencia entre albura y duramen	Tipo de porosidad	Médula
<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)	15	Diferenciado	Difusa	Excéntrica
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr. (ana caspi)	21	Diferenciado	Difusa	Excéntrica
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken (panguana)	10	No diferenciado	Difusa	Excéntrica
<i>Croton matourensis</i> Aubl (aucatadljo)	11	No diferenciado	Difusa	Excéntrica
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (huamanzamana)	5	No diferenciado	Difusa	Excéntrica
<i>Matisia cordata</i> Bonpl (sapote)	18	Poco diferenciado	Difusa	Excéntrica
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake (pashaco blanco)	5	No diferenciado	Difusa	Excéntrica
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr (utucuro)	14	De poco diferenciado a diferenciado y en otros casos no se diferencia	Difusa	Excéntrica
<i>Simarouba amara</i> Aubl (marupa)	11	No diferenciado	Difusa	Excéntrica
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud (yacushapana).	20	Poco diferenciado a diferenciado	Difusa	Excéntrica

Cuadro 6. Elementos anatómicos de diez maderas de BS y BPR (láminas histológicas)

Especie/elementos anatómicos	Parénquima	Anillos de crecimiento	Diferencia de madera temprana y madera tardía	Distribución de poros	Forma de poros	Agrupación de poros
<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)	Paratraqueal vasocéntrico escaso, apotraqueal difuso y parénquima en bandas	Definidos	Diferenciado	Sentido radial, sentido tangencial y clúster escaso	Ovalados	Múltiples radiales de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 21 simples y clúster escaso
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr. (ana caspi)	Paratraqueal aliforme y aliforme confluyente	Definidos	Diferenciado	Sentido radial	Redondos y ovalados	Poros simples y múltiples de 2,3,4,5,6,7,8 y 9 en menor proporción, clúster escaso
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken (panguana)	Paratraqueal aliforme y aliforme confluyente	Definidos	De poco diferenciados a diferenciados	Sentido radial	Ovalados	Simple y múltiples de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y clúster escaso
<i>Croton matourensis</i> Aubl. (aucatadijo)	Parénquima apotraqueal en bandas delgadas y paratraqueal vasocéntrico escaso.	Definidos	Diferenciado	Sentido radial	Ovalados	Múltiples radiales de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 y clúster escaso
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (huamanzamana)	Paratraqueal aliforme y aliforme confluyente	Definidos	Diferenciado	Sentido radial	Ovalados	Simple y múltiples de 2,3,4,5 y clúster escaso

Continuación del Cuadro 6. Elementos anatómicos de diez maderas de BS y BPR (láminas histológicas)

Especie/elementos anatómicos	Parénquima	Anillos de crecimiento	Diferencia de madera temprana y madera tardía	Distribución de poros	Forma de poros	Agrupación de poros
<i>Matisia cordata</i> Bonpl (sapote)	Apotraqueal reticulado y paratraqueal vasocéntrico	Definidos	Diferenciado	Sentido radial	Ovalados e irregular	Múltiples radiales de 2, 3, 4, 5, 6 hasta de 10, poros simples y clúster escaso
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake (pashaco blanco)	Paratraqueal aliforme	Definidos	Diferenciado	Sentido radial	Ovalados	Simples y múltiples de 2,3,4,5 y 6 escaso
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr (utucuro)	Apotraqueal reticulado y paratraqueal vasocéntrico	Definidos	Diferenciado	Sentido radial	Ovalados	Múltiples de 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 poros simples y clúster escaso
<i>Simarouba amara</i> Aubl (marupa)	Paratraqueal aliforme confluyente y unilateral	Definidos	Diferenciado	Sentido radial y tangencial	Ovalados	Múltiples radiales de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, poros simples y clúster escaso
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud.	Paratraqueal aliforme confluyente	Definidos	Diferenciado	Sentido radial	Ovalados	Múltiples radiales de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 hasta de 12, poros simples y clúster escaso

Cuadro 7. Elementos anatómicos de diez maderas de BS y BPR (láminas histológicas)

Especie/elementos anatómicos	Porosidad	Radio	Presencia de inclusiones	Nº cristales por célula
<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)	Difusa	Heterogéneos, no estratificados. Radios uniseriados y múltiples de 2,3,4,5,6 y 7	Cristales en las células radiales erectas y procumbentes y en las células de parénquima longitudinal.	1
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr. (ana caspi)	Difusa	Heterogéneos, estratificados. Radios múltiples de 2,3,4,5 y 6	Goma en los poros, cristales en las células de parénquima longitudinal y en los radios con células erectas, sílice	1,2,3
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken (panguana)	Difusa	Heterogéneos no estratificados. Radio múltiple de 2, 3, 4,5,6 y 7 presencia de canales laticíferos y radios uniseriados en menor proporción	Tilides en los poros y cristales en las células radiales erectas.	1
<i>Croton matourensis</i> Aubl (aucatadijo)	Difusa	Heterogéneos, no estratificados. Múltiples de 2, 3 y uniseriados escaso	Cristales en las células de parénquima longitudinal y tilide en los vasos	2, 3
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (huamanzamana)	Difusa	Homogéneos, no estratificados. Radios múltiples de 2, 3, 4, 5 y 6	No definidos	No definidos

Continuación del Cuadro 7. Elementos anatómicos de diez maderas de BS y BPR (láminas histológicas)

Especie/elementos anatómicos	Porosidad	Radio	Presencia de inclusiones	Nº cristales por célula
<i>Matisia cordata</i> Bonpl (sapote)	Difusa	Heterogéneos, no estratificados con células envolventes. Múltiples de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y radios uniseriados	Cristales en las células de parénquima longitudinal y en los radios	1
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake (pashaco blanco)	Difusa	Homogéneos, no estratificados. Radios múltiples de 2, 3, 4, 5 y 6 (sección tangencial)	No definidos	No definidos
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr (utucuro)	Difusa	Heterogéneos, no estratificados. Radios múltiples de 2, 3, 4, 5, 6 y 7 radios uniseriados escasos	Cristales en las células de parénquima longitudinal, en los radios con células erectas y tilosos en los poros escaso	1, 2 y 3
<i>Simarouba amara</i> Aubl (marupa)	Difusa	Homogéneos, estratificados. Múltiples de 2, 3, 4, 5, 6 y 7	Cristales en las células de parénquima longitudinal y tilide en los vasos	1, 2, 3
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud.	Difusa	Homogéneos, no estratificados. Uniseriados y múltiples de 2 escasos	Cristales en las células de parénquima longitudinal	3

2.3 Términos relativos a las piezas de madera:

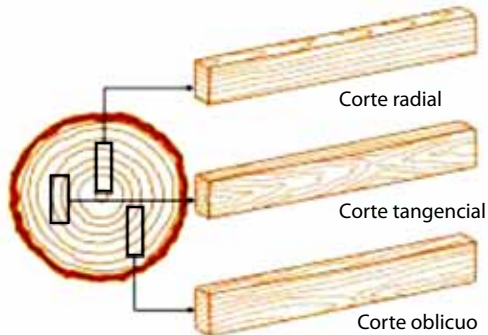
2.3.1 Plano de corte:

Es la superficie que resulta al cortar una pieza de madera por un plano. Este puede ser transversal (Tr.), longitudinal radial (Rd.) y longitudinal tangencial (Tg.)

- Corte transversal: (Corte Tr.) Es la sección que resulta de cortar una pieza de madera en dirección perpendicular al eje longitudinal del tronco.
- Corte longitudinal: Es la sección que resulta de cortar una madera en dirección paralela al eje del tronco, que a su vez puede estar orientada en la dirección radial o tangencial.
- Corte radial (Corte Rd.): Es el corte longitudinal paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.
- Corte tangencial (Corte Tg.): Es el corte longitudinal a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios.

Figura 23.

Planos de corte

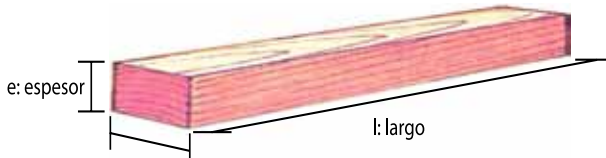


2.3.2 Dimensiones:

- Escuadría: Las dos dimensiones de la sección transversal de una pieza de madera que será trabajada a escuadra y que tiene 90°.

- Ancho: Es la dimensión mayor de la escuadría de una pieza de madera, se mide en pulgadas, centímetros o milímetros.
- Espesor: Es la dimensión menor de la escuadría de una pieza de madera, se mide en pulgadas, centímetros o milímetros.
- Longitud: Es la dimensión mayor de una pieza de madera, se mide en pies, metros o centímetros.

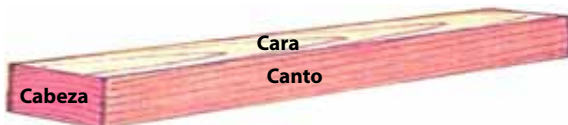
Figura 24.
Dimensiones



2.3.3 Secciones:

- **Cabeza:** Extremos de la pieza.
- **Cantos:** Son las superficies menores, paralelas al eje longitudinal de una pieza y perpendicular a las caras.
- **Caras:** Son las superficies planas mayores, paralelas entre sí y al eje longitudinal de la pieza.

Figura 25.
Secciones



3

Características tecnológicas

Caracterizar tecnológicamente permite inferir sobre las cualidades y aptitudes de la madera y definir sus múltiples aplicaciones, es por ello que se presenta las siguientes propiedades de la madera:

3.1 Propiedades físicas de las maderas

Influyen determinantemente en la aptitud tecnológica de uso y en procesos clave como son la transformación mecánica primaria y secundaria y el secado. Entre las principales propiedades físicas cabe mencionar las siguientes:

3.1.1 Contenido de humedad

Es la cantidad de agua presente en la madera. Este valor incrementa con la humedad relativa de una determinada zona y decrece con la temperatura. Cuando el contenido de humedad de una madera está en equilibrio con el aire se denomina contenido de humedad en equilibrio.

El agua en la madera puede encontrarse en las siguientes formas:

- El agua libre de las cavidades celulares de la madera (poros/vasos y lumen de las fibras) se pierde fácilmente hasta por encima del punto de saturación de las fibras, referido al contenido de humedad que posee la madera cuando ha perdido toda el agua libre, llegando aproximadamente al 30% de CH° , sin producir cambios volumétricos durante el proceso de secado.
- El agua higroscópica se encuentra dentro de las paredes celulares, cuya eliminación produce el fenómeno de contracción al llegar a la

humedad de equilibrio higroscópico de 10 a 18% de CH° se elimina con el secado en cámaras o en hornos. El secado al aire libre de la madera tableada es más lento que el secado en cámaras, con riesgo a defectos y ataques. La salida del agua higroscópica determina la contracción volumétrica.

- El agua de constitución es la que está adherida a la superficie de las partículas sólidas por atracción molecular. Es eliminada por carbonización y no es tomada en cuenta para la determinación del contenido de humedad.

Figura 26.

Formas del agua en la madera



3.1.2 Densidad básica

Es la relación entre la masa de la madera seca al horno y su volumen en estado saturado, se expresa en g/cm^3 . La densidad básica es utilizada para la clasificación de las maderas según su peso.

$$\text{Densidad básica (g/cm}^3\text{)} = \text{Peso al horno} / \text{Volumen saturado}$$

Existe una relación directa de la densidad con las propiedades mecánicas, a mayor densidad mayor resistencia. Por lo general las maderas de mayor densidad son más durables que las maderas livianas. Las maderas densas son más difíciles para ser trabajadas, secadas e inmunizadas.

Para clasificar una madera de acuerdo a su densidad, tener en cuenta el cuadro 8.

Cuadro 8. Calificación de la densidad básica

Propiedad física	Rango	Calificación	Grado
Densidad básica	Menor de 0.30 g/cm ³	Muy baja (MB)	I
	De 0.30 a 0.40 g/cm ³	Baja (B)	II
	De 0.41 a 0.60 g/cm ³	Media (M)	III
	De 0.61 a 0.75 g/cm ³	Alta (A)	IV
	Más de 0.75 g/cm ³	Muy alta (MA)	V

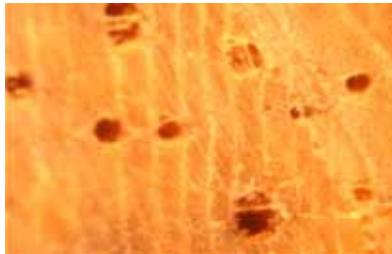
Las maderas de densidad alta presentan generalmente células con lumen pequeño y pared celular gruesa. Lo contrario se presenta para las maderas livianas, en donde por lo general las células presentan muchos espacios porosos y presentan buenas características acústicas y aislantes.

Figura. 27.

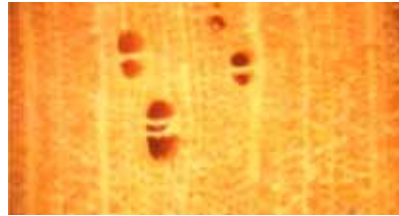
Clasificación de densidad y vista macroscópica (Corte transversal a 4x de aumento)



Densidad muy baja
Schizolobium parahyba (Vell.) S.F.Blake
(pashaco blanco)



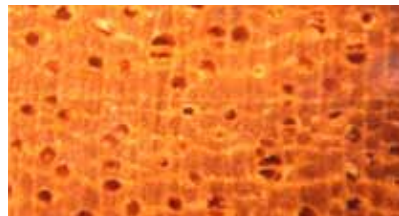
Densidad baja
Simarouba amara Aubl. (marupa)



Densidad media
Matisia cordata Bonpl (sapote)



Densidad media
Brosimum utile (Kunth) Oken (panguana)



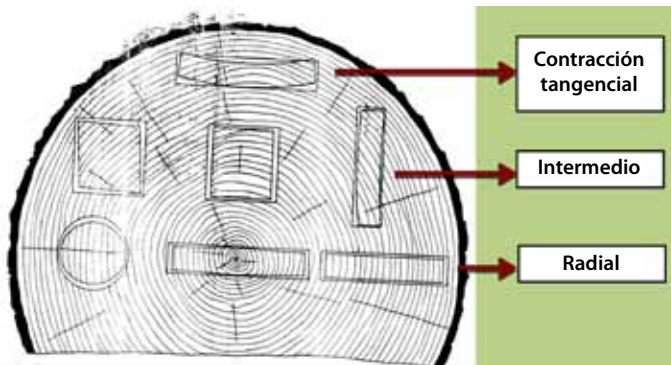
Densidad alta
Apuleia leiocarpa (Vogel) J.F. Macbr (ana caspi).

3.1.3 Contracción y expansión de la madera

Son los cambios dimensionales ya sea en sentido radial, tangencial y longitudinal, como consecuencia del cambio de su contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. La causa es la salida o el ingreso del agua higroscópica de la pared celular; el agua libre no tiene influencia. Toda madera que se seca se contrae, ocasionando una disminución en sus dimensiones, lo cual trae consigo tensiones que causan grietas y torceduras. La contracción o dilatación se expresa generalmente como porcentaje de las dimensiones en estado saturado.

Figura 28.

Contracción según plano de corte

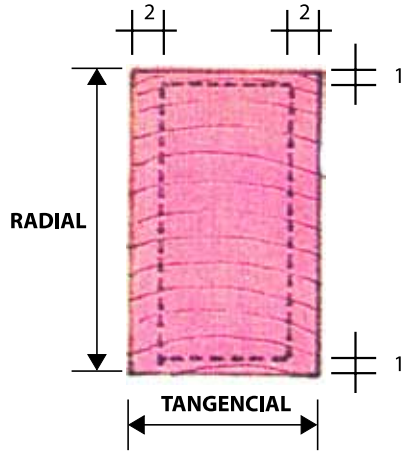


- **Contracción tangencial:** Variación de la dimensión de una pieza de madera, en el sentido perpendicular a los radios de la madera, entre el estado verde y el estado anhidro. Referida a dimensiones en estado saturado. Expresada en porcentaje (%).



- **Contracción radial:** Variación de la dimensión de una pieza de madera en el sentido de sus radios, el estado verde y el estado anhidro. Se refiere a las dimensiones en estado saturado. Expresada en porcentaje (%).
- **Relación T/R:** Clasifica la estabilidad de la madera ante los cambios dimensionales por la pérdida del agua higroscópica o decremento del contenido de humedad entre el plano tangencial y radial.

Figura 29.
Contracción



Cuadro 9. Calificación de la relación T/R

Propiedad física	Rango	Calificación	Grado
Relación T/R	Menor de 1.50	Muy estable (ME)	I
	De 1.50 a 2.50	Estable (E)	II
	De 2.51 a 3.00	Inestable (I)	III
	Mayor de 3.00	Muy inestable (MI)	IV

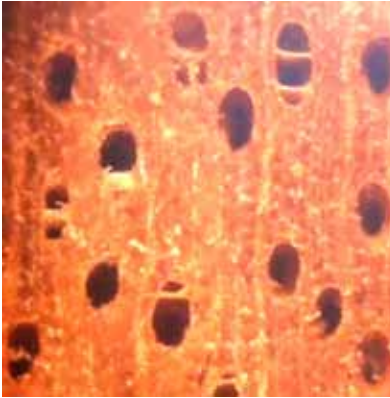
- **Contracción volumétrica:** Clasifica los cambios dimensionales tanto en sentido radial, tangencial y longitudinal, debido al cambio del contenido de humedad debajo del punto de saturación de las fibras. Dichas contracciones están referidas a las dimensiones en estado saturado. Expresada en porcentaje (%).

Cuadro 10. Calificación de la contracción volumétrica

Propiedad física	Rango	Calificación	Grado
Contracción volumétrica	Menor del 7%	Muy baja (MB)	I
	De 7.1 a 10%	Baja (B)	II
	De 10.1 a 13%	Media (M)	III
	De 13.1 a 15%	Alta (A)	IV
	Más de 15%	Muy alta (MA)	V

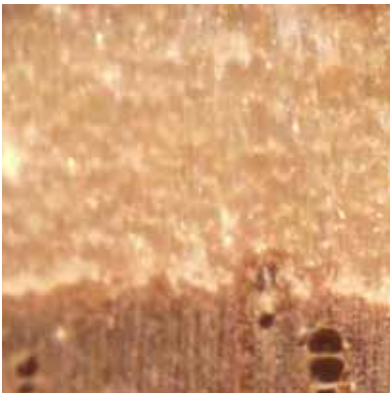
Figura 30.

Clasificación de contracción volumétrica y vista macroscópica por especie (Corte transversal a 4x de aumento)



Muy baja

Septotheca tessmannii Ulbr (utucuro)



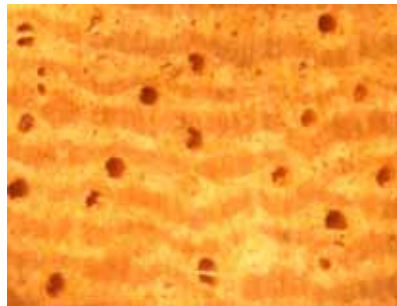
Baja

Apeiba membranacea. Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)



Media

Croton matourensis Aubl (aucatadijo)



Muy alta

Terminalia oblonga (Ruiz & Pav) Steud. (yacushapana amarilla)



Muy alta

Jacaranda copaia (Aubl.) D. Don (huamanzamana)

Cuadro. 11. Propiedades físicas de diez maderas de BS y BPR

Especies	Densidad básica (g/cm ³)	Contracción tangencial %	Contracción radial %	Contracción longitudinal %	Contracción volumétrica %	Relación T/R
<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)	0.3	6.3	2.3	0.3	8.9	2.73
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr. (ana caspi)	0.7	5.63	3.15	0.34	12.31	1.57
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken (panguana)	0.46	6.99	4.08	0.46	11.2	1.77
<i>Croton matourensis</i> Aubl (Aucatañijo)	0.31	6.97	3.56	0.56	10.73	2.05
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (huamanzamana)	0.28	10.6	6.52	0.63	17.29	1.71
<i>Matisia cordata</i> Bonpl (sapote)	0.43	8.2	4.41	0.36	12.55	1.82
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake (pashaco blanco)	0.28	8.08	4.46	0.71	12.78	2.03
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr (utucuro)	0.5	5.58	3.04	0.09	6.57	2.01
<i>Simarouba amara</i> Aubl (marupa)	0.39	7.23	3.78	0.42	11	1.95
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud.	0.62	9.21	6.07	0.54	15.2	1.52

3.2 Propiedades mecánicas de la madera

Se refieren a la resistencia que ofrece la madera a los diferentes esfuerzos a que es sometida cuando está en uso. Los valores promedios de resistencia se expresan en kilos por centímetro cuadrado, a un contenido del 12% de humedad. Se usan para calcular los valores de diseño estructural de elementos sometidos a carga en el mueble.

3.2.1 Resistencia a la flexión

Capacidad de la madera para resistir cargas de flexión o doblado, cuando se aplican en dirección perpendicular a las fibras (vigas, entrepaños, pasos de escalera, etc). Esto sucede cuando se utiliza la madera como vigas, viguetas, entablado, etc.

Figura 31.

Resistencia a la flexión

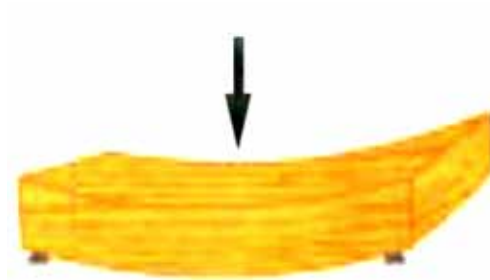


Figura 32.

Ensayo de flexión



- **Módulo de elasticidad en flexión (MOE):** Es la resistencia a la aplicación de esfuerzos sin causar deformaciones. Es expresado en kg/cm^2 y caracteriza la proporción entre la carga y la deformación. A mayor MOE más rígida será una madera.
- **Módulo de ruptura en flexión (MOR):** Es el mayor esfuerzo aplicado a las fibras externas de la madera cuando la probeta de ensayo se rompe bajo la influencia de una carga. Se clasifica la madera según su resistencia a esfuerzos en el que se produce la falla o rotura, y está expresada en kg/cm^2 .

Cuadro 12. Calificación de resistencia a la flexión

Propiedad mecánica	Rango	Calidad	Grado
Módulo de elasticidad	Menor de $100 \text{ TM}/\text{cm}^2$	Muy flexible	I
	De 101 a $120 \text{ TM}/\text{cm}^2$	Flexible	II
	De 121 a $150 \text{ TM}/\text{cm}^2$	Poco rígida	III
	De 151 a $200 \text{ TM}/\text{cm}^2$	Rígida	IV
	Más de $200 \text{ TM}/\text{cm}^2$	Muy rígida	V
Módulo de ruptura (MOR)	Menor de $300 \text{ kg}/\text{cm}^2$	Muy baja (MB)	I
	De 300 a $500 \text{ kg}/\text{cm}^2$	Baja (B)	II
	De 501 a $800 \text{ kg}/\text{cm}^2$	Media (M)	III
	De 801 a $1000 \text{ kg}/\text{cm}^2$	Alta (A)	IV
	Mayor de $1000 \text{ kg}/\text{cm}^2$	Muy alta (MA)	V

3.2.2 Resistencia a la compresión

Capacidad de la madera para resistir fuerzas externas que tienden a acortar o disminuir la longitud de la madera, por ello se dice que la madera está comprimida o en compresión. Esta resistencia se puede dar en dos direcciones: En forma paralela o perpendicular a las fibras.



Figura 33.
Resistencia a la compresión

- **Compresión perpendicular:** Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras. Se expresa en kg/cm. Esto sucede cuando se utiliza la madera en durmientes, soleras, etc.
- **Compresión paralela (ER):** Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección paralela a las fibras. La carga que produce la falla se considera resistencia máxima a la compresión paralela al grano. Esto sucede cuando se utiliza la madera como columnas, pilotes, etc.

Figura 34.

Resistencia a la compresión perpendicular de aukatadijo



Figura 35.

Resistencia a la compresión paralela de ana caspi



3.2.3 Cizallamiento

Es la capacidad de la madera para resistir la acción de dos fuerzas paralelas en dirección opuesta. También se le llama esfuerzo de corte paralelo a las fibras. Se expresa en kg/cm²

Figura 36.

Resistencia al cizallamiento de ana caspi



3.2.4 Dureza

Es la resistencia que presenta una madera a la penetración, así como a las abolladuras y al desgaste. Depende de su densidad, edad, estructura y si se trabaja en sentido de sus fibras o en el perpendicular. Puede ser a los lados y a los extremos.

Cuadro 13. Clasificación de dureza

Propiedad mecánica	Rango	Calidad	Grado
Dureza	Menor de 100 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 100 a 300 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 301 a 600 kg/cm ²	Media (M)	III
	De 601 a 900 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 900 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V

3.2.5 Clivaje

El clivaje es la resistencia que ofrece la madera al rajamiento. Puede ser tangencial y radial, dependiendo de la ubicación de los anillos de crecimiento. Puede ser según el plano de corte:

- **Clivaje tangencial:** El plano de falla es tangente a los anillos de crecimiento.
- **Clivaje radial:** Es aquel en que el plano de falla es normal a los anillos de crecimiento.

Cuadro 14. Clasificación según valores de clivaje

Clase	Ru kg/cm
Pequeña	Menos de 62
Mediana	De 62 a 124
Grande	Más de 124

Salleneve. 1971

Figura 37.
Resistencia a la dureza

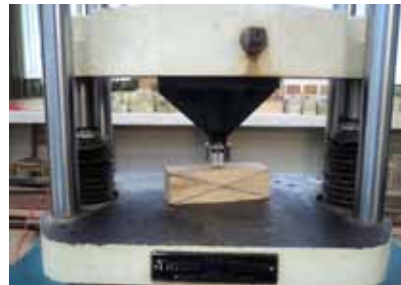


Figura 38.
Resistencia al clivaje de panguana



Cuadro 15. Propiedades mecánicas de diez maderas de BS y BPR

ESPECIE	Flexión estática (kg/cm ²)	Compresión paralela (kg/cm ²)	Compresión perpend. (kg/cm ²)	Dureza lados (kg)	Dureza extremos (kg)	Cizalla- miento (kg/cm ²)	Clivaje (kg/cm ²)
<i>Apeiba membrácea</i> . Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)	248	141	12	173	267	33	25
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr (ana caspi)	702	537	106	939	870	131	50
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken (panguana)	294	273	26	277	416	126	26
<i>Croton matourensis</i> Aubl (aucatadijo)	272	178	25	162	297	96	26
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (hua- manzamana)	153	59	10	140	260	80	27
<i>Matisia cordata</i> Bonpl (sapote)	230	150	14	222	368	42	16
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake (pashaco blanco)	64	189	13	144	301	52	27
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr (utucuro)	458	352	29	409	498	78	25
<i>Simarouba amara</i> Aubl (marupa)	200	158	14	200	369		15
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud. (yacushapana)	445	458	70	939	1200	127	35

3.3 Durabilidad natural de la madera

Es propiedad de la madera resistir, en mayor y menor grado, el ataque de diversos agentes destructores, ya sean biológicos (hongos, insectos), desgaste mecánico e intemperismo que causan alteración en su aspecto y comportamiento normal, ya que afecta a sus propiedades físicas y mecánicas. El grado de durabilidad de una pieza de madera varía en función de la especie. La durabilidad natural, depende de la composición química de la madera, la edad, las condiciones de crecimiento y la ubicación dentro del árbol.

3.3.1 Ataques de hongos

Son formas inferiores de plantas que invaden la madera para vivir o alimentarse de ella. Dependiendo del momento en que tiene lugar el ataque por estos organismos, se denomina podredumbre cuando se realiza sobre árbol vivo, y pudrición o degradación, cuando se trata de árboles ya muertos o de madera cortada.

Pueden distinguirse tres grupos de hongos según la naturaleza de su desarrollo y del tipo de deterioro que ocasionan:

- **Mohos:** Son hongos que limitan su desarrollo a la superficie de la madera. Aparecen cuando hay abundancia de humedad. No ocasionan ningún tipo de deterioro en la madera y se eliminan fácilmente limpiando la superficie húmeda de la pieza de madera. En su crecimiento dan origen a un manto algodonoso de variadas coloraciones amarillas o blancas. La madera con presencia de mohos, es aceptable en bajo porcentaje.
- **Hongos cromógenos:** Producen el cambio de color de la madera o manchas, penetran en ésta, ubicándose en los espacios intercelulares para alimentarse de las sustancias de reserva. La incidencia de este hongo, tiene importancia sobre las ca-

Figura 39.

Madera atacada por hongos ambientales o mohos



Figura 40.

Madera atacada por hongos cromógenos



racterísticas estéticas de la madera, no afecta su resistencia. Los más comunes son los del género *Ceratocystis*, que producen la «mancha azul» y de los géneros *Diplodia*, *Dasodiplodia* y *Mintosporium* los cuales manchan de color gris las maderas amarillas y en maderas blancas se tornan de color negro. La madera con presencia de estos hongos, es aceptable en bajo porcentaje.

- **Hongos xilófagos:** Degradan la madera, desintegrando las paredes de las células y cambiando su aspecto. Modifican las propiedades físicas y químicas de la madera. Cuando el ataque es en la celulosa la madera se torna color café, y blanco cuando se extiende a la lignina y celulosa. La parte atacada se contrae formando hendiduras perpendiculares u oblicuas presentando la madera podrida un aspecto de pequeños cubos o bloques formados casi exclusivamente por lignina, razón por la que se aceptan.

Figura 41.

Hongos xilófagos



Pycnoporus sanguineus, causante de la pudrición blanca



Lenzites erubescens, causante de la pudrición parda

Figura 42.

Madera atacada por hongos xilófagos



Cuadro 16. Resistencia a la durabilidad natural en condiciones *in vitro* de diez maderas de BS y BPR

Especie	Durabilidad Natural
<i>Apeiiba membranacea</i> Spruce ex Benth (maquizapa ñagcha)	Ligeramente resistente a no resistente
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr. (ana caspi)	Resistente
<i>Brosimun utile</i> (Kunth) Oken (panguana)	Moderadamente resistente
<i>Croton matourensis</i> Aubl (aucatadijo)	Ligeramente resistente a no resistente
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (huamanzamana)	Ligeramente resistente a no resistente
<i>Matisia cordata</i> Bonpl (sapote)	Moderadamente resistente
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake (pashaco blanco)	Ligeramente resistente a no resistente
<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr (utucuro)	Resistente
<i>Simarouba amara</i> Aubl (marupa)	Moderadamente resistente
<i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav) Steud. (yacushapana amarilla)	Altamente resistente

3.3.2 Ataque de insectos

Daño que causan los insectos al alimentarse de la madera ya sea de árboles en pie, recién talados, a punto de secarse o en madera seca en servicio con 10 a 12% de humedad; donde pueden observarse galerías o perforaciones chicas o grandes (de 1 a 18 mm de diámetro), ocasionadas por insectos de la familia Coleoptera de los géneros *Scolytidae*, *Cerambycidae*, *Annobiidae* y *Lyctidae*, así mismo por Isópteros como las termitas del género *Kriptoterme*.

Cuadro 17. Principales características de los insectos que atacan la madera.

Escólitidos Scolytidae Coleoptera	Cerambícidos Cerambycidae Coleoptera	Anóbidos Anobiidae Coleoptera	Líctidos Lyctidae Coleoptera	Termitas Kriptoterme Isoptera
Ocasionan daños en árboles en pie a punto de secarse o recién talados, pero no se desarrollan en la madera seca.	Atacan árboles en pie, sanos y afectados por pudrición, árboles caídos, madera apeada. El daño se limita a la albura, a veces el duramen.	Ocasionan daños en maderas viejas y muy secas, donde prosiguen su desarrollo. Se encuentran en árboles muertos en pie.	Ocasionan daños a las maderas parcialmente secas y prosiguen su daño en maderas secas. No afectan a los árboles en pie y recién talados. Limitado a la albura.	Atacan a los árboles, ramas, tocones y raíces muertas y a la madera seca en servicio con 10 a 12% de humedad. Atacan tanto a coníferas y latifoliadas, con mayor preferencia a la albura.
Los insectos adultos penetran a través de la corteza de la madera descubierta, abriendo galerías sin aserrín y si lo tienen se encuentran en forma de masa.	Los adultos no perforan la madera, las larvas sí al salir de los huecos puestos en las grietas y se alimentan del parénquima de la madera. Los daños no continúan en productos manufacturados.	Las galerías son abiertas únicamente por las larvas procedentes de huecos puestos en las grietas o en juntas de los muebles y antiguas galerías de insectos.	Las larvas que salen de los huecos puestos en los vasos de la madera, abren las galerías. Presentan galerías llenas de aserrín fino, comparable a la harina de madera.	La casta obrera se encarga de abrir galerías y penetran a través de grietas o aberturas naturales. Generalmente tienden a seguir la dirección de la fibra de la madera.
Las galerías y agujeros de entrada y salida, generalmente son negruzcos en las maderas secas.	Presentan galerías tapadas con aserrín grueso y compacto. Las galerías y agujeros jamás ennegrecidas, de forma circular 1,3 a 1,5 cm según la especie	Las galerías y agujeros de salida nunca son ennegrecidas. Orificios circulares de 1 a 1,2 mm de diámetro en promedio	Las galerías y agujeros de salida nunca son ennegrecidas. Orificios circulares de 1,6 mm de diámetro en promedio.	Sus galerías son grandes e irregulares de forma circular, pequeños a medianos. Los daños en madera puesta en obra como: postes, estacas, pilotes, puentes y edificios. Las galerías y agujeros nunca son ennegrecidas.

Reconocimiento práctico de ataque de insectos en la madera

Figura 43.

Madera atacada por insectos cerambicidos



Figura 44.

Madera atacada por ictidos



Figura 45.

Ataque de anobidos



Figura 46.

Ataque de escolitidos



Figura 47.

Ataque de termitas



3.4 Preservación de la madera

El fin es prevenir daños causados por insectos u hongos. El uso de preservantes es importante cuando la madera está expuesta al intemperismo, en construcciones civiles y al contacto con el agua en construcciones hidráulicas.

3.4.1 Consideraciones en el campo

El patio o centro de acopio de trozas debe estar seco. En este lugar se detecta la forma, las dimensiones y el estado sanitario de la albura y duramen de las trozas. Se recomienda preservarlo allí para evitar posteriores ataques biológicos, así mismo descortezarlo para evitar problemas de desafilado de las sierras durante el procesamiento.

3.4.2 Opciones de uso permanentes

Los objetivos de la preservación son: la protección temporal de la madera aserrada durante el proceso de almacenamiento y transporte, para

prevenir el ataque biológico, y la protección permanente de la madera aserrada a ser incorporada en la fabricación de muebles. Las alternativas más convencionales de preservantes son el bórax y el ácido bórico, los cuales son ampliamente utilizados. Otras opciones de compuestos menos dañinos al ambiente son Azaconazole, Pyrethrum y Pyretroides. Estos productos alternativos se caracterizan por ser de larga vida útil dentro de la madera, pero razonablemente biodegradables al aire, especialmente expuestos a la radiación UV.

3.4.3. Aplicación de preservantes

En madera rolliza aplicar por aspersion. Cubrir la cabeza de las trozas con un producto impermeabilizante para prevenir rajaduras y acebolladuras que reducen el rendimiento en el aserrío.

- La madera rolliza tratada debe estacionarse en el patio de acopio libre de vegetación y residuos orgánicos, bajo techo para protección de la radiación solar y la lluvia.
- La madera aserrada aplicar por inmersión momentánea, tratar totalmente la pieza. Recuperar la solución de tratamiento en la tina de inmersión. Apilado horizontal con separadores perfectamente escuadrados; mantener la perpendicularidad de los separadores para prevenir deformaciones. La madera aserrada debe ser almacenada bajo techo para protección de la radiación solar y la lluvia. Según la susceptibilidad de la madera será necesario usar un fungicida anti-mancha y/o un insecticida.

4

Transformación de la madera

4.1 Transformación primaria

Es el inicio del procesamiento al que se somete a las trozas de madera para su aprovechamiento óptimo, mediante máquinas y técnicas que tienden a obtener el mayor volumen de madera aserrada con la más alta calidad posible.

4.1.1 Aserrado

Es la primera transformación de los troncos o madera en rollo, para obtener piezas de madera de secciones rectangulares o cuadradas denominadas tablas o tablones, mediante el uso de aserraderos que pueden ser fijos, móviles y/o portátiles, con elementos cortantes de disco, cinta o de cadena.

Figura 48.

Aserrío de trozas



Los aserraderos, que producen principalmente tablones hasta 4 pulgadas de espesor o más, requieren implementar una reaserradora, que habitualmente es de cinta, para tablear las piezas que posibiliten las

operaciones subsiguientes de transformación y/o acondicionado (seco). Actualmente, los aserraderos de última generación ya no utilizan las reaserradoras de cinta para tablear las piezas más gruesas, debido a que todas las operaciones de aserrío se hacen a partir de la sierra principal.

a. Máquinas complementarias del proceso de aserrío:

- **Canteadora:** es una máquina con sierra de disco, que se utiliza para obtener las piezas o tablas a un ancho determinado.

Figura 49.

Canteadoras.



- **Despuntadora:** es una máquina con sierra de disco, que se utiliza para obtener las piezas o tablas en longitudes definidas.

Figura 50.

Despuntadora.



- Equipos para tensionado y afilado de elementos cortantes: discos y cintas.

b. Evaluación del aserrado

Normalmente el aserrado se evalúa con las denominaciones de:

- **Fácil:** Cuando no se presenta ningún inconveniente en el proceso de corte, ni desgaste excepcional de los elementos cortantes. La madera de marupa, huamanzamana, sapote, panguana, utucuro, maquizapa ñagcha, son fáciles de aserrar. De requerir un aumento en la producción de madera aserrada, se tendría que mejorar los elementos de corte, con aleaciones tipo HSS, carburo de tungsteno o widia.
- **Moderado:** Cuando se presenta alguna dificultad en el corte, sea por características propias de la madera, como inclusiones (gomas y resinas), tipo de grano; o por el material de los elementos cortantes. La madera de pashaco, yacushapana y aucatadijo son de una dificultad moderada. De requerir un aumento en la producción de madera aserrada, se tendría que mejorar los elementos de corte, con metales tipo HSS, carburo de tungsteno o widia, y estelite.
- **Difícil o muy difícil:** Cuando se reduce considerablemente la producción habitual del aserradero, ya sea por las características propias de la materia prima, como niveles alto de contenido de sílice, dureza, etc.; o por el material de los elementos cortantes. La madera de ana caspi es de difícil aserrío y para procesarla se requiere usar elementos de corte adecuados con metales con tipo, HSS, carburo de tungsteno o widia, y estelite, cuyo mantenimiento se realiza con piedras denominadas diamantadas y en afiladoras que mantengan los ángulos de ataque originales.

c. Consideraciones para el aserrío

c.1. De las características propias de la madera:

- El tipo de grano entrecruzado, el contenido de sílice y otros minerales, dificultan el aserrío.
- Plano de corte: El corte radial y tangencial tienen influencia en la calidad y eficiencia en el rendimiento, debido a la orientación de los elementos anatómicos; el corte radial es más estable pero más difícil en el proceso de aserrío, y en el corte tangencial aumenta la eficiencia dependiendo del uso proyectado de la madera.

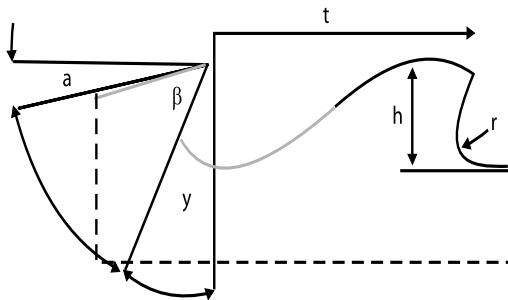
- La densidad y el contenido de humedad. La alta densidad y la dureza dificulta el proceso de aserrío por el desgaste mayor de los filos de los elementos cortantes; y el contenido de humedad alto reduce la resistencia mecánica al paso de la sierra, absorbiendo el calor generado por el corte y actúa como lubricante de los filos.

c.2. Relativos a la hoja de sierra

Para lograr un trabajo eficiente en el aserrío es importante considerar una estructura de dientes de las hojas de sierra, según la madera a aserrar.

Figura 51.

Estructura de un diente de hoja de sierra.



Elección de la estructura de un diente de hoja de sierra

Dónde:

a = ángulo de incidencia.

β = ángulo de la punta del diente.

y = ángulo de salida de la viruta.

h = altura del diente.

t = paso o distancia entre las puntas.

r = radio de la garganta del diente.

- **Importancia del ángulo de incidencia (a):** Deberá tener la amplitud necesaria a fin de disminuir el roce que se produce entre el dorso del diente y la madera. Un mínimo de fricción significa, por añadidura, un menor recalentamiento.

- **Importancia del ángulo de la punta de los dientes (β):** No debe ser menor a 45° , para evitar la vibración de los dientes y permitir que actúen firmemente sobre el avance de la madera. Cuando se trabaja con especies duras es conveniente que el ángulo sea ligeramente mayor que cuando se trabaja con maderas blandas.
- **Importancia de la altura del diente (h):** La teoría dice que la altura del diente deberá medir un tercio de la distancia entre las puntas. Sin embargo, para efectos prácticos, la altura puede tener el equivalente a 10 veces el espesor de la hoja.
- **Importancia del ángulo de salida de la viruta (γ):** Para determinar el diseño más apropiado de los dientes de las hojas de sierra. Al aumentar el ángulo, la sierra corta con mayor facilidad, atrae la madera hacia ella y requiere menos fuerza. A mayor densidad, menor deberá ser el ángulo de salida de la viruta:
- **Tipo de madera y ángulo de salida de la viruta**
Madera dura: $15 - 20^\circ$
Madera semidura: $20 - 25^\circ$
Madera blanda: $25 - 30^\circ$
- **Importancia del paso o distancia entre las puntas (t):** Al trabajar una madera blanda se requiere mayor espacio entre las puntas para alojar el aserrín. Debe armonizar con el ancho, el espesor de la hoja y la densidad de la madera:

Cuadro 18. Distancia de paso

Ancho de la hoja (mm)	Distancia entre las puntas (mm)	
	Madera blanda	Madera dura
100	35	25
150	40	30
200	45	35

- **Importancia del radio de la garganta del diente (r):** El radio no debe ser muy pequeño un décimo de la distancia entre las puntas (t) y deberá conservarse siempre de la misma forma: liso.

En Pucallpa algunas empresas vienen utilizando las sierras de cinta con un paso, una profundidad de garganta y una forma de diente,

adaptados para una gama de especies de diferentes densidades, de acuerdo a las características del abastecimiento de madera en trozas que corresponde a bosques heterogéneos y con resultados comerciales aceptados.

c.3. Relativos al proceso de aserrío

- Para proteger la salud de los operarios, se recomienda utilizar equipos e indumentaria de protección como guantes, máscaras de protección visual y de protección nasal, debido a que al aserrar maderas que contienen sustancias químicas que pueden ser tóxicas, en diversos grados pueden ocasionar alergia, irritación de la piel o de las mucosas o afecciones respiratorias.

Figura 52.

Equipos de seguridad para el personal.

- Para apilar las tablas de madera deben elaborarse listones separadores con maderas de especies que presenten grano recto y dimensionalmente estable, con alta resistencia mecánica, secos y libres de torceduras y rajaduras, preferiblemente de madera del duramen para garantizar una mayor resistencia al ataque de los hongos e insectos y de sección transversal uniforme en toda su longitud.



- Emparrillar las tablas sin pérdida de tiempo para su posterior proceso de secado. Los paquetes armados deberán colocarse bajo techo y alineados. Aplicar una mano de pintura en los extremos de las tablas para disminuir las rajaduras y con colores diferenciables por especie a manera de codificación.
- Contar con personal calificado para la clasificación visual de los volúmenes de la madera aserrada.

- Controlar los rendimientos y mermas, optimizando el proceso con la disminución de residuos.
- Poder determinar el tipo de afilado adecuado para los diferentes elementos cortantes.
- El operario principal de la línea de corte debe tener los conocimientos y experiencia necesaria para manejar las velocidades de alimentación que se requiere en las diferentes alturas de corte y especies.
- El operario principal de la línea de corte debe tener los conocimientos y experiencia necesaria para reducir las tensiones en las tablas o tablones y obtener rendimientos cuantitativos y cualitativos satisfactorios; las partes externas con tensiones deben ser removidas asearrando en piezas más delgadas.

c.4. Para la recepción de la madera aserrada

Cumplir con las disposiciones oficiales para obtener madera de procedencia legal de las concesiones forestales y/o bosques con autorización expresa.

- Para la adquisición de madera: tener en cuenta lo siguiente:
 - Que provengan especialmente de concesiones forestales o de bosques certificados de comunidades nativas.
 - Que se garantice los diámetros mínimos de corte de árboles maduros.
 - Que no presenten defectos críticos que alteren la seguridad de uso.
 - Que tengan una guía de remisión o transporte forestal visada por la Dirección Ejecutiva Forestal y de Fauna Silvestre correspondiente, en donde se comprueben: Nombre del proveedor y de las especies

Figura 53.
Cubicación de la madera



maderables; lugar de procedencia y fecha de embarque; número de cuarterones y tablas aserradas; volumen de la carga, dimensiones de las piezas de madera y total de pies tablares o peso de la carga.

- Para la cubicación de las piezas de madera, en base a las dimensiones de espesor, ancho y largo, utilizar una cinta métrica de carpintero y se usan dos sistemas el sistema inglés que se utiliza comercialmente y el sistema métrico decimal que lo exige el estado peruano.
- **Sistema inglés:** Para calcular el volumen se miden el ancho y espesor en pulgadas, el largo en pies tablares, tomando como base la medida o dimensión nominal, utilizando la siguiente igualdad:

$$\frac{\text{Espesor (pulg.)} \times \text{Ancho (pulg.)} \times \text{Largo (pies)}}{12} = \text{Volumen (pies tablares)}$$

- **Sistema métrico:** Para calcular el volumen se miden el ancho en milímetros, espesor en centímetros y el largo en metros, tomando como base la medida o dimensión nominal, utilizando la siguiente igualdad:

$$\frac{\text{Espesor (mm)} \times \text{Ancho (cm)} \times \text{Largo (m)}}{100,000} = \text{Volumen (m}^3\text{)}$$

d. Tolerancias por defectos de aserrío

Para dimensionar las piezas se consideran dos tipos de dimensiones:

- **Dimensión nominal:** Aquella dimensión de espesor, ancho y largo que las piezas de madera deben tener antes de ser cepilladas, labradas y secadas. Sinónimo de dimensión bruta.
- **Dimensión real:** Es aquella dimensión de espesor, ancho y largo que tiene la pieza de madera luego de ser cepillada y labrada a un contenido de humedad especificado. Se denomina también dimensión final o neta.

- **Tolerancia del espesor:** se mide el espesor en el punto más estrecho de la tabla, pero no a menos de 6" de los extremos. El espesor nominal puede ser: 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2, 2 1/2", 3", 3 1/2", 4".

Las tolerancias del espesor nominal son:

Para 1/2", 3/4", 1" se tolera una sobremedida de 1/8" ó 3 mm.

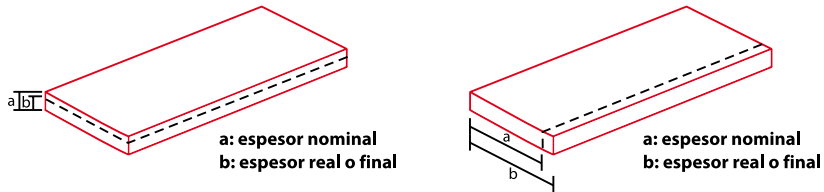
Para 1 1/2", 2 1/4" se tolera una sobremedida de 3/16" ó 4 mm.

Para 2 1/2", 3", 3 1/2", 4" se tolera una sobremedida de 1/4" ó 6 mm.

- **Tolerancia del ancho:** se mide el ancho en el punto más estrecho de la tabla, pero no a menos de 6" de los extremos. El ancho nominal puede ser: 2", 3", 4", 5", 6", 7", 8", 9", 10", 11", 12", 13", 14", 15", 16". La tolerancia máxima del ancho nominal será hasta de 1/4" ó 6 mm.

Figura 54.

Tolerancia por defectos de aserrío



- **Tolerancia del largo:** se mide el largo en la menor distancia entre los dos extremos o cabezas de la tabla. El largo nominal puede ser múltiplos de un pie (1') y medirse a partir de 6' a más pies. La tolerancia máxima del largo nominal será hasta de 6" o 15 mm.

e. Defectos de la madera

e.1. Defectos en las piezas de madera en el proceso de transformación

Corresponden a los defectos de espesor y ancho, referidos a la falta de planitud o falta de paralelismo entre las caras y los cantos de la madera, conocidos en el mercado como descalibre de las piezas aserradas, que se producen como consecuencia del pandeo de la sierra durante el aserrado, causado por:

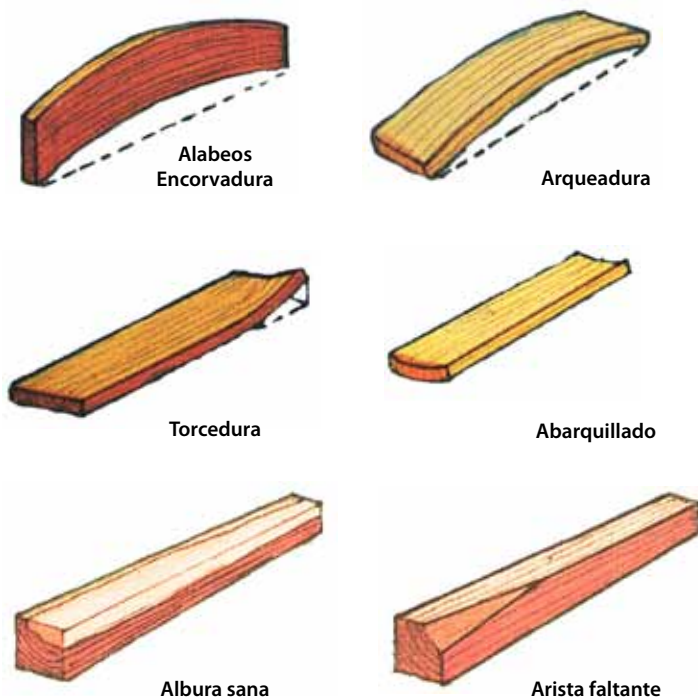
- Defecto de tensión de la cinta.
- Mala disposición de las guías.
- Defecto de afilado de las sierras.
- La velocidad inadecuada del carro o dispositivo de empuje.
- Movimiento de la troza durante el corte.
- Pérdida de tensión de las sierras circulares.

e.2. Defectos propios de la madera

Son anomalías e irregularidades que afectan el comportamiento estructural y la apariencia de la madera. Son:

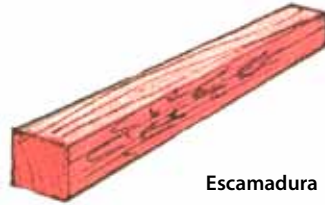
Figura 55.

Defectos propios de la madera.

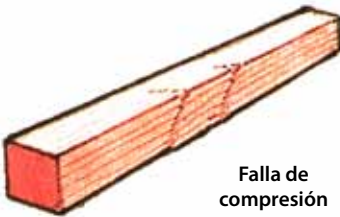




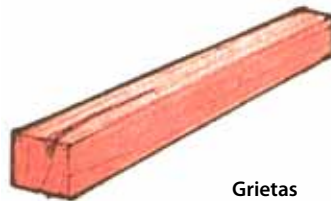
Duramen quebradizo



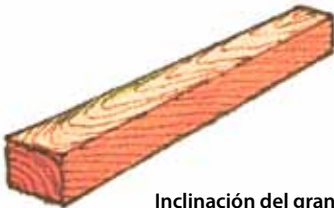
Escamadura



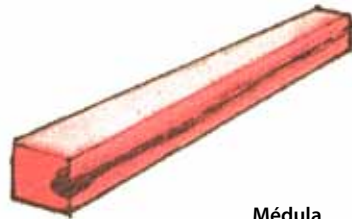
Falla de
compresión



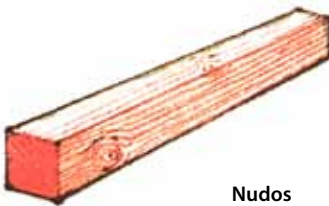
Grietas



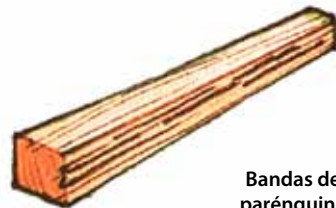
Inclínación del grano



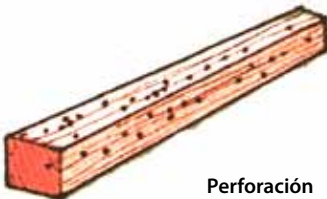
Médula



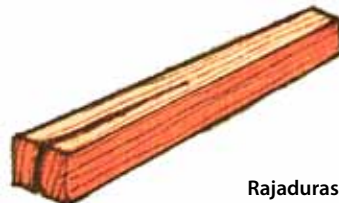
Nudos



Bandas de
parénquima



Perforación
de insectos



Rajaduras

4.2 Secado de la madera

Es la operación que tiene por objeto eliminar el exceso de agua de la madera o disminuir el contenido de humedad de la «madera húmeda o verde», en condiciones rápidas, económicas y sin ocasionar defectos que no alteren sus propiedades mecánicas.

4.2.1 Fases de la eliminación del agua de la madera

Se realiza según la especie. El árbol en pie contiene agua y sustancias líquidas hasta en 400% de contenido de humedad, cuando se tala el árbol, inicialmente la troza pierde las sustancias líquidas especialmente por la zona de albura. El agua libre es la primera en salir, siguiéndole el agua higroscópica.

4.2.2 Ventajas del secado de la madera

- Permite estabilizar la forma y las dimensiones de la madera en uso, minimizando los cambios que pueda sufrir en su contenido de humedad.
- Optimiza la resistencia mecánica y mejora sus propiedades como aislante térmico, acústico y eléctrico.
- Reduce su peso, favoreciendo su transporte, disminuyendo el costo de fletes y su manipulación.
- Aumenta la resistencia biológica, especialmente contra la pudrición y manchas de hongos xilófagos, cromógenos o mohos.
- Permite un buen lijado.
- Los acabados resultan de mejor durabilidad y calidad.
- Responde a la condición para la exportación de productos elaborados.

4.2.3 Formas de secado de la madera

La eliminación del agua de la madera se puede obtener de las siguientes formas:

a. Secado al natural o al aire libre

Es la primera etapa del secado, y puede disminuir la humedad de la madera hasta que la humedad del ambiente lo permita (humedad

de equilibrio al ambiente de la madera en la zona de Pucallpa es 16% de CH.).El secado al aire es recomendable para ciertos productos que se utilizan al CH que les permite el ambiente (durmientes, madera estructural, pisos exteriores). También se utiliza como primera etapa de secado a fin de reducir el tiempo del programa del secado en cámara.

La consideración general para el secado natural es hacerlo bajo techo o cobertura, y de preferencia los extremos de las tablas apiladas no deben estar expuestos a la radiación solar.

El apilado de madera depende de las características de la especie:

- **Apilado en triángulo horizontal:** se recomienda para maderas que no son susceptibles a la mancha azul y con poca deformación.
- **Apilado en talanqueras o caballetes:** recomendable con tablas de espesores menores de 1.5 pulgada, fáciles de secar y con mínimas tendencias a la deformación.
- **Apilado horizontal con separadores:** debe tener un grado mínimo de pendiente, para acelerar la salida del agua libre.

Figura 56.
Secado natural o al aire libre.



Figura 57.
Apilado en triángulo horizontal

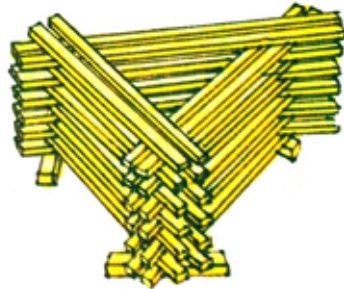


Figura 58.
Apilado en talanqueras o caballetes



Recomendable para tablas de cualquier espesor. Es indispensable el apilado horizontal para prevenir deformaciones en el proceso de secado.

Cabe señalar que el Perú presenta una variedad de climas y estaciones, que van desde los húmedos tropicales (selva), a los secos temperados (sierra), a los secos húmedos (costa), por lo que se debe aprovechar las condiciones climáticas de cada zona para el secado natural.

b. Secado en cámara

Va a depender del tipo de cámara y cómo esté construida, dependiendo del material utilizado para su aislamiento, de la fuente de calor, por su costo eficiencia de la especie de madera y el espesor de las tablas.

b.1. Consideraciones para el secado

- Antes de secar es conveniente sellar con pintura látex o parafina los extremos de la pieza de la madera para evitar los agrietamientos o rajaduras. Pintar los extremos de las tablas con diferentes colores para diferenciarlas por especies o característica de tratamiento.
- Los listones separadores deben tener una sección mínima de 1,5 x 1,5 cm y pueden ser también de 2,0 x 3,0 centímetros, de modo que se

Figura 59.
Apilado horizontal con separadores

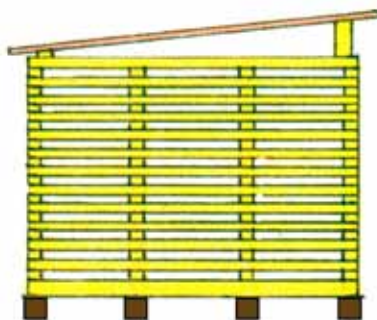


Figura 60
Secado artificial de marupa



pueda utilizar, dependiendo del espesor de la madera a secar, como peralte la de menor o de mayor espesor, el cual debe ser uniforme a lo largo de todo el listón.

- El distanciamiento máximo horizontal entre separadores en un mismo nivel debe ser de 60 centímetros. El espaciamiento entre separadores para tablas delgadas tiene generalmente las siguientes distancias: 40 centímetros para tablas delgadas, 60 centímetros para tablas entre 20 y 30 milímetros y de 80 a 100 centímetros para maderas más gruesas.
- El número y posición de los separadores tienen influencia decisiva en el desarrollo de defectos en el secado. El número de separadores varía según las especies, el grueso, el tipo y la clasificación de la madera aserrada.
- Las tablas en corte radial deberán mantenerse identificadas y separadas hasta después del secado. Estas piezas son las más estables y deberán utilizarse en las partes más sensibles de los productos a fabricar.
- Con un adecuado manejo de las condiciones del secado es posible efectuar ajustes de las variables para disminuir el tiempo efectivo de secado, logrando que la madera alcance el contenido de humedad deseado, sin que se presente ningún tipo de defectos, en el menor tiempo posible.
- Si bien es posible encontrar un tiempo óptimo teórico de secado, la mejor forma de encontrar la combinación adecuada de variables en el tiempo es mediante pruebas constantes, elevando la temperatura e incrementando en la segunda fase la introducción de humedad en la cámara.
- Se puede conocer los resultados del secado cuando se trabaja con tiempos, temperaturas y humedades superiores o inferiores a las del programa "óptimo". Por otra parte, esta práctica otorga un nivel elevado de especialización a los operarios de las cámaras de secado.
- Necesariamente se deben realizar tablas o diagramas para visualizar el avance del secado.

b.2. El ciclo de secado

Existen programas de secado para maderas comerciales en climas templados y tropicales como el British Timber Drying Manual y el Manual del Grupo Andino para el secado de maderas de la Junta del Acuerdo de Cartagena, donde se consideran como base los siguientes programas:

- **Programa de secado suave:** Requiere temperaturas bajas, humedad relativa (HR) alta y mayores tiempos en cada paso del programa. Se utilizan para maderas latifoliadas, duras y difíciles de secar. Son recomendados para maderas en condiciones de secado en cámara muy propensas al agrietamiento. Ejemplos ana caspi y yacushapana.
- **Programa de secado moderado:** Es un programa intermedio para maderas latifoliadas de secado lento y/o propensas a sufrir deformaciones o agrietamientos. Ejemplos utucuro, sapote, aucatadijo y panguana.
- **Programa de secado severo o fuerte:** Permite temperaturas elevadas y HR baja, con cambios fuertes y frecuentes. Se utiliza para maderas latifoliadas de secado fácil con un comportamiento estable. Ejemplos maquizapa ñagcha huamanzamana, pashaco y marupa.

b.3. Vaporizado de la madera

Es una operación que tiene por objetivo mejorar el flujo de agua y eliminar las gomas contenidas en la madera, bajar su tensión, uniformizar el tono de color y su contenido de humedad y evitar problemas en el secado que afectan la calidad del producto maderable final.

Para las especies que presentan problemas en secar, por el contenido de goma y resina, es necesario implementar el vaporizado de la madera. Este proceso se puede realizar en la misma cámara de secado, si se tiene los aditamentos necesarios, o en una cámara de vaporizado. El tiempo de vaporizado varía de acuerdo a la especie y el espesor, según el programa de secado que se utilice.

La carga de madera dentro de la cámara deberá saturarse completamente de vapor por espacio de 50 horas a una temperatura de 95° centígrados. Luego del proceso de vaporizado, la madera deberá ser empaillada y secada en el más corto tiempo posible.

b.4. Secado sin vaporización

Para suplir la falta de un vaporizado previo se deberá hacer lo siguiente:

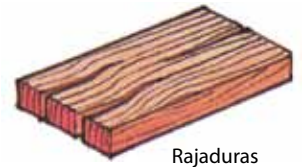
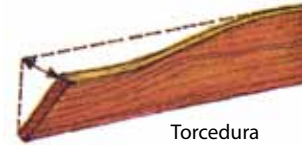
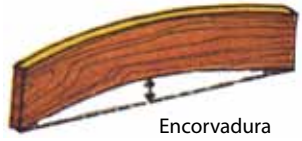
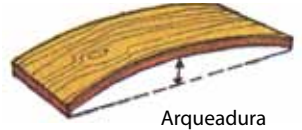
- **Calentamiento:** Cuando la temperatura de la cámara marque 40° se le deberá humidificar con intermitencias de una hora durante un periodo de 12 horas, cuidando que no descienda la temperatura. Igual procedimiento deberá efectuarse cuando se llega a temperaturas de 45° centígrados y 50° centígrados. El proceso total de calentamiento (incluyendo humidificaciones) tomará un tiempo aproximado de 72 horas.
- **Eliminación de agua libre:** En esta parte del proceso la cámara debe marcar 50° y deberá descender lentamente hasta que los testigos lleguen a un nivel de 26% de humedad.
- **Eliminación del agua higroscópica (agua en las paredes celulares):** Empezando la fase se deberá subir la temperatura de la cámara a 55° centígrados, luego de esto se tendrá que humidificar por espacio de seis horas con intervalos de una hora.

c. Análisis y calificación de defectos originados en el secado de la madera

La extracción de agua de la madera trae consigo algunos riesgos que pueden posibilitar la aparición de algunos defectos. Un buen programa de secado busca minimizar la aparición de defectos en las piezas de madera. Los defectos pueden clasificarse de la siguiente manera:

Figura 61.

Defectos en el secado de la madera.



Cuadro 19. Causas y soluciones de los principales defectos que se presentan en el secado de madera.

Defecto	Causa	Solución
Relativo al apilado de piezas de madera	Desviación de alguna de las superficies por mala ubicación de tablas. Disposición incorrecta de separadores.	Apilado correcto con distribución uniforme de separadores a partir de los extremos de la pila.
Deformaciones: Alabeos o desviaciones volumétricas de la madera que tiene tendencia a ceder y a romperse, comúnmente denominado pandeo como: abarquilado (cupping), arqueado (bow), encurvado (spring) y torcedura	Apilado con tablas de espesores desiguales. Tabla de corte tangencial cercano a la médula cuyo ancho es grande. Aire muy seco y equilibrio higroscópico de la madera muy reducida.	Espesores uniformes de las tablas con respectivos separadores. Aumentar la humedad relativa del aire dentro de la cámara.
Instalación en el secado	Especies con radios leñosos muy anchos y grandes. Ventilación insuficiente.	Los separadores deben guardar relación con el espesor de las tablas a secar. Tener una circulación homogénea del aire dentro de la cámara con un apilado uniforme.
Defectos de estructura: agrietamiento interno y externo (crevise), rajadura (split) y acebolladura (scale).	Circulación de aire escaso con irregularidades o turbulencias. Falta de cerrado completo del horno. Aire muy seco y equilibrio higroscópico de la madera muy reducida.	Aumentar la humedad relativa del aire dentro de la cámara.
Contracción desigual de la madera en el secado Colapso, es la deformación irregular de la madera muchas veces acompañada de grietas internas de forma ovalada típica. Se reconoce por una superficie arrugada e irregular de la tabla.	Cuando el aserrío de las tablas no ha sido paralelo al grano y presentan en la misma pieza diferentes planos de corte. Fallas de compresión en el proceso de tumba (por el aplastamiento de las cavidades celulares de la madera de ciertas especies) que no son visualizadas durante el aserrío.	Se disminuye el efecto utilizando un programa de secado gradual y es posible su eliminación usando un tratamiento de vaporización en ambientes saturados a 100 °C

Las piezas de madera después del proceso de secado, se clasifican en:

- **Maderas del «Grupo A» (madera sin defectos):** se clasifica así a las maderas de secado óptimo que en el proceso de presecado o el programa adecuado de secado en cámara no presentan más variaciones que la reducción de sus dimensiones. Esta contracción se considera normal. Puede admitirse pequeñas grietas en los extremos, siempre que no sobrepasen en longitud el 1% del largo total de la tabla.
- **Maderas del «Grupo B» (maderas con defectos leves o moderados):** Son aquellas cuyas deformaciones inciden en las propiedades y las dimensiones de las maderas. Las piezas son recuperables puesto que el defecto normalmente desaparece mediante el recorte o cepillado, utilizándolas como piezas cortas. Estos defectos se toleran en las siguientes dimensiones:
 - Torceduras no muy pronunciadas que no excedan el 1% de desviación o un centímetro de flecha máxima a lo largo de la arista mayor.
 - Arqueaduras no muy pronunciadas que no excedan el 1% de desviación o no más de un centímetro de flecha máxima entre la cara y la superficie plana de apoyo.
 - Grietas y rajaduras de menos del 5% del largo de la pieza, ubicadas en los extremos.
- **Maderas del «Grupo C» (maderas con defectos severos o graves):** Son aquellas piezas no aceptables porque modifican en gran medida las propiedades y las dimensiones de las tablas, ocasionando que en algunos casos las piezas queden inservibles. Es de esperar que las maderas inservibles no sobrepasen el 8% del lote de madera seca, cifra perfectamente manejable. Los defectos se presentan con las siguientes características:
 - Torceduras de más de un milímetro de longitud respecto a la dimensión mayor.
 - Rajaduras en los extremos de más de 10% del largo de la pieza.
 - Abarquillado no más de un milímetro de flecha máxima entre la arista cóncava y el plano transversal.
 - Las piezas con colapsos, que son disminuciones bruscas e irregulares del espesor de algunas fibras no se aceptan.

Las piezas con acebolladura o formación de una escama o costra en la superficie no se aceptan.

4.3 Transformación secundaria

Es el proceso mecanizado para obtener piezas de madera labradas a escuadra con medidas terminadas de espesor (canto), ancho (cara) y largo, según el plano o el diseño del producto.

- **Conocimientos básicos:** Personal calificado para evaluar los tipos de grano con sus respectivos defectos y optimizar de esta manera las actividades de listoneado o canteado y despuntado de las piezas a obtener. Con el conocimiento de las características anatómicas y físicas de la madera se puede reconocer los tipos de defectos con el fin de eliminarlos durante el habilitado y el maquinado con: Sierra radial (trozado y cabeceado), sierra circular (listoneado), sierra de cinta carpintera garlopa, cepilladora, tupí, taladro, ruteadora, torno, lijadora.
- **Factores relativos a la madera:** Cuando la madera es trabajada con el filo de la herramienta en posición paralela al grano provienen los siguientes defectos:
 - **Grano arrancado**, debido a la existencia de elementos de falla como radios y parénquima.
 - **Grano levantado**, debido a deficiencias en el seccionamiento de las fibras.

Cuando la madera es trabajada con el filo de la herramienta en posición oblicua al eje de rotación y al grano, se produce un tipo de figura muy apreciable en tornería, pero a la vez presenta dificultades limitantes que provienen de defectos como:

- **Astilladura**, por falta de cohesión transversal entre las fibras.
- **Vellosidad**, relacionado con la falta de corte neto o falta de capacidad de corte de las herramientas en el cuadrado intermedio resultante.
- **Rugosidad**, causado por la acción del filo con cierto ángulo con respecto a la orientación del grano. La fibras y los poros después del paso del filo vuelven a su forma original, pero sobresaliendo las puntas cortadas en forma biselada debido a la diferencia de posición.

4.3.1 Cortes con sierra circular

a. Radial o transversal

Mediante esta operación de “trozado o despuntado” la madera se asierra perpendicularmente a las fibras, para obtener piezas más pequeñas. Es importante eliminar en esta etapa las partes de la madera que presenten rajaduras y alabeos o deformaciones. Es muy probable que el defecto disminuya cuando las piezas son más cortas. Los discos pueden ser de acero rápido o con dientes de carburo de tungsteno.

Figura 62.

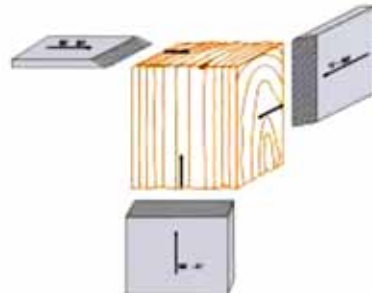
Trozado o despuntado de panguana



- **Orientaciones del corte ortogonal en el trozado, despuntado o cabeceado (corte transversal):** Referida a la orientación y a las características geométricas del corte con respecto a los elementos constitutivos de la madera.

Figura 63.

Orientación del corte ortogonal en el trozado



Recomendación para lograr un buen corte transversal

- Operario calificado.
- El número de dientes debe estar en función al diámetro del disco, las dimensiones y tipo de pieza a cortar; la velocidad y al tipo de corte.
- Ángulo del cuerpo del diente estándar en disco carburado, con traba o triscado adecuado en disco simple.
- Forma, paso y altura del diente.
- Ángulo de corte adecuado: A mayor ángulo se necesita menos fuerza de corte.
- Dinámica del corte como, velocidad de avance, al volumen de madera que pueda remover el diente y a la potencia de máquina, adecuados al tipo de madera.
- La potencia del motor de la máquina adecuada a las características de las piezas de madera a despuntar y a las características de disco (Esfuerzo de corte).

Figura 64.

Corte en sierra esquadadora



- Equipos usuales para corte transversal

- Despuntadora de péndulo
- Despuntadora radial
- Escuadradora

Corte longitudinal

Mediante esta operación mecanizada de "listoneado o canteado" se obtiene el ancho requerido de la tabla. En esta etapa se deberá tener cuidado de eliminar las piezas que todavía conservan rastros de corteza, albura, aristas faltantes y nudos. Los discos más eficientes son los que presentan dientes de carburo de tungsteno (widia).

Recomendación para lograr un buen corte longitudinal

- Operario calificado.
- El número de dientes debe estar en función al diámetro del disco, las dimensiones y tipo de pieza a cortar; la velocidad y al tipo de corte.
- Ángulo del cuerpo del diente estándar en disco carburado, con traba o triscado adecuado en disco simple.
- Forma, paso y altura del diente.
- Ángulo de corte adecuado: A mayor ángulo se necesita menos fuerza de corte.
- Dinámica del corte como, velocidad de avance, al volumen de madera que pueda remover el diente y a la potencia de máquina, adecuados al tipo de madera.
- La potencia del motor de la máquina adecuada a las características de las piezas de madera a despuntar y a las características de disco (esfuerzo de corte).

Figura 65

Corte en sierra circular (canteadora) de utucuro



- Equipos usuales para corte longitudinal

- Bloqueadoras
- Tablilladora
- Canteadora
- Multilamina

4.3.2 Cortes periféricos o rotatorio

La madera es removida en forma de virutas individuales formadas por la acción intermitente de las cuchillas en la madera. La superficie trabajada presenta pequeñas depresiones y crestas denominadas marcas de cuchillas. Las imperfecciones serán menos pronunciadas si se aumenta la velocidad de rotación del porta cuchillas, si se aumenta el número de

cuchillas o si se reduce la velocidad de alimentación de la madera.

a. Corte en garlopa o planeadora

La finalidad principal de esta máquina es obtener superficies planas en las caras trabajadas de ángulo recto en dos caras adyacentes. Se encuentra formada por dos tableros, el de la alimentación que es el más bajo y el de la salida que está a la misma altura del borde de corte. La diferencia de altura con el nivel superior del paso de cuchillas es regulable y determina el espesor de madera que será removida. Dependiendo el tipo de materia prima, producto y del proceso productivo se utilizan los equipos de garlopeado en anchos, largos, capacidad productiva y automatización.

Figura 66.

Depresiones y crestas en los cortes rotatorios.

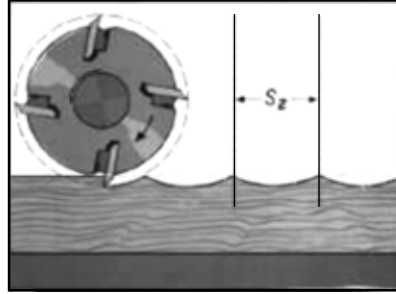


Figura 67.

Garlopeado de aukatadijo



Recomendación para lograr un mejor garlopeado o enderezado

- Operario calificado con experiencia en visualizar los defectos y seleccionar las piezas para enderezarlas y escuadrarla.
- Adecuándose intuitivamente a la profundidad de corte (qué tanto se desbasta, 1 ó 2 milímetros).
- Utilizar un ángulo adecuado de corte para las cuchillas.
- Dinámica del corte con velocidad de avance adecuada al ancho de corte y al tipo de madera: A madera más dura el avance es más lento.
- La máquina debe tener una potencia adecuada al ancho de corte, al tipo de madera y al producto.

b. Corte en regruesadora o cepilladora

La utilidad fundamental de esta máquina es cepillar las piezas de madera a una medida uniforme (dos caras paralelas), para este efecto la pieza debe estar lisa y plana en su cara inferior. La regulación del espesor removable se realiza moviendo la altura de la mesa, manual o automáticamente.

c. Moldurado

El moldurado comprende operaciones que se llevan a cabo sobre la madera, para hacer más seguros los cantos o bordes, redondeándolos, consiguiendo además un acabado más decorativo.

Figura 68.
Cepilladora



Figura 69.
Máquina tupí



Recomendaciones para lograr un mejor cepillado o regruesado

- Operario debe ser calificado con experiencias en cepillar diferentes tipos de piezas, especies y volumen de remoción.
- Utilizar un ángulo adecuado de corte para las cuchillas.
- Saber manejar las velocidades de avance de la máquina: A madera más dura el avance es más lento.
- Cepillar siguiendo la dirección de la hebra, nunca en contra.
- La máquina debe tener una potencia adecuada al ancho de corte, al tipo de madera y al producto.
- Revisar periódicamente el nivel de la mesa en relación a la línea de corte y diariamente el nivel de las cuchillas dentro del porta cuchillas

El proceso para ejecutar el perfil de una moldura se hace mediante el uso de una moldurera, una máquina tupí o una ruteadora. Entre sus productos se tienen: cantos de mesas, pasa manos de escaleras, rodones, marcos, machihembrados, etc.

Recomendaciones para los cortes moldurados

- Operario con experiencias en diferentes tipos de piezas rectas o curvas, tipo de trabajo que se realiza, problemas que se presentan con las cuchillas o fresas en relación a la calidad de superficie de la madera.
- Los elementos cortantes para el proceso de moldurado por su eficiencia y calidad, es importante utilizar cuchillas o fresas con pastillas de carburo de tungsteno (widia).
- Las molduras más complejas quedarán limpias y con una buena apariencia de acuerdo al tipo de cuchillas y al mantenimiento de estas (afilado).
- No procesar madera contra hebra porque generan defectos no deseados (grano arrancado, velloosidad, grano levantado).
- Elaborar molduras y contra molduras en piezas de puertas para poder trabajar mejor las uniones o los ensamblados.
- La velocidad de giro para el árbol porta cuchillas o fresas de tupí o moldurera, se recomienda una velocidad que generen mínimo de 10 000 RPM.

Figura 70.
Molderera industrial



4.3.3 Corte en sierra de cinta carpintera

Se caracteriza por tener una sierra sinfín de v, ancho pequeño muy flexible que permite efectuar cortes rectos o en curva, aprovechando la flexibilidad que le otorga la hoja sinfín debidamente afilada y triscada.

El ancho de la cinta está en función al espesor de la tabla a cortar y a la configuración del corte. Cuanto más curvada sea la dirección del corte, más angosta deberá ser la hoja.

Recomendaciones para los cortes con sierra de cinta carpintera

- Operario con experiencias en diferentes tipos de piezas rectas o curvas, tipo de trabajo que se realiza, problemas de la cinta o con el filo y cómo deja la superficie de las piezas.
- Ángulo adecuado de corte formado por el cuerpo del diente y el triscado.
- Forma, paso y altura del diente.
- Ángulo de corte: A mayor ángulo se necesita menos fuerza de corte.
- Dinámica del corte, como velocidad de avance, mordida, potencia de máquina.
- Esfuerzo de corte.

4.3.4 Taladrado

El taladro es una máquina donde se mecanizan los agujeros que se hacen a las piezas de madera. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: El de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la broca que se mueve verticalmente por medio de una palanca y posee una escala para regular la profundidad.

Figura 71.

Taladrado de banco de pashaco blanco



Recomendaciones para el uso del taladro

Tener en cuenta los factores relativos a las máquinas y a las brocas:

- Operario calificado en realizar perforaciones con diferentes máquinas.
- Los equipos deben estar adecuados a los tipos de elementos cortantes, a las condiciones de corte y a las características de los productos.
- La potencia del equipo debe ser suficiente para maderas duras, densas y difíciles.
- Se recomienda un equipo que tenga un variador de velocidades de giro para adecuar las características de la materia prima a la capacidad más eficiente.
- Utilizar brocas que se adecuen al tipo de materia prima (material adecuado) y a la característica de los productos.
- Se recomienda el afilado de la broca en equipos de precisión, también se recomienda el sistema «gavilán» que permite a centrar la broca para mejor perforado, ayuda a calibrar la perforación pues es más fácil de medir y da un corte más preciso, y los lados adyacentes al eje adquieren filo de corte, lo cual ayuda a un perforado más limpio.
- Limitar el número de pasadas para producir superficies lisas.
- Considerar tolerancias en el corte para encajar bien las piezas, no muy ajustados ni muy holgados.

Figura 72.
Taladro múltiple



4.3.5. Torneado

Forma de labrar la madera combinando el movimiento rotatorio de la pieza con la aplicación de una herramienta cortante.

Proceso para labrar la madera con el torno, existen dos formas de torneado: paralelo a las fibras y perpendicular a las fibras, pasando por posiciones intermedias.

Entre los distintos tipos de tornos tenemos:

- **Torno simple.** Que se fija las piezas de madera en dos ejes y se trabajan pieza por pieza, con herramientas manuales (gubias, formones y escoplos).
- **Tornos mecánicos para madera.** A diferencia de los tornos simples, estas se trabajan con elementos cortantes fijos que atacan la madera a través de un sistema de acercamiento, también mecánico, pueden trabajar pieza por pieza como en producción múltiple dependiendo del tipo de torno (copiadores múltiples y simples).

Figura 73.

Torneado en madera de panguana



Recomendaciones para el uso del torno

- Operario calificado en realizar torneado con diferentes especies y máquinas.
- El equipo de torneado debe adecuarse a las características de la producción de acuerdo al tipo de producción, sea artesanal, semi industrial o industrial, con el fin de asegurar eficiencia productiva y calidad.
- Es importante que los equipos de torneado, sean artesanales, semi industriales o industriales, tengan variador de velocidades para adecuar éstas a las características acordes a la variedad de especies de madera.
- Para el torneado artesanal o a mano es importante que las herramientas de corte (gubias, formones o escoplos) sean de una

aleación de HSS (acero rápido) y/o carburo de tungsteno (widia) para garantizar la duración de las herramientas y la calidad de corte.

- Para el torneado en equipos mecánicos es importante que las cuchillas de corte sean de una aleación de HSS (acero rápido) y/o carburo de tungsteno (widia) para garantizar la duración de las cuchillas y la calidad de corte.
- En las maderas muy blandas y hasta de dureza moderada una mayor velocidad de giro puede mejorar las superficies, suele presentarse un incremento de vellosidad, este leve defecto debe ser eliminado con lija.
- El torneado es una de las operaciones que presenta mayor desgaste de filos, debido a que el corte se efectúa frecuentemente con espesores de virutas moderadas. A mayor diámetro menor velocidad, sino el torno vibra. El recorrido de corte para piñas es de 200 a 300 RPM por centímetro.
- Con ángulos de corte elevados, los espesores de viruta relativamente elevados pueden producir clivajes por la rigidez de las virutas o por los esfuerzos de corte elevados con respecto a la cohesión transversal de las fibras. Cuando los ángulos de corte son bajos y cercanos a 0°, los clivajes son reemplazados por cizallamiento.

4.3.6. Escopleado

Operación de perforado que se realiza en la madera que se puede hacer con herramientas sencillas (taladro) o con equipos semi industriales o industriales llamados escopladuras, que pueden ser mecánicas, neumáticas o de cadena.

La perforación es un agujero o caja (ciego o pasante «caja abierta») en forma alargada que sirve como elemento de unión entre

Figura 74.
Escopleadora industrial



dos o más piezas de madera denominada «ensamble a caja y espiga». Puede ser, tipo escoplo que hacen perforaciones cuadrangulares de fondo ciego o pasante, tipo taladro, agujeros angostos hechos individualmente con broca o mecha para luego trabajar la superficie interior del ancho del escoplo; tipo broca o fresa que además de perforar corta horizontalmente y los extremos del escoplo son semi circulares.

Figura 75.
Escopleadora simple



Recomendaciones para el escoplado:

- Operario calificado en lectura de planos y manejo de la maquinaria.
- Las brocas pueden ser de HSS o de carburo de tungsteno y para uso oscilantes.
- Al utilizar la escopleadora de fresa oscilante la forma de la caja será redondeada en el frontal y recta en profundidad.
- Utilizar espigadores de movimiento circular, complementarias exactamente a la escopladora.
- Las piezas a trabajar deben ser calibradas en las medidas finales.
Las piezas a trabajar deben estar escuadradas.

Indicadores para la calificación del escopleado

- Avance de penetración sin dificultad.
- Superficies del escoplo pulidas sin defectos de fibra arrancada o vellosidades.

4.3.7 Espigado

Operación de preparar el perfil para encaje en la caja o escople, estas normalmente van en los extremos de las piezas con dimensión nominal, y se realizan con elementos cortantes o sierras circulares.

Los equipos utilizados para la operación de espigado van desde sierras circulares sencillas hasta espigadoras de alta producción, pueden ser mecánica y/o neumática; y la espiga es el complemento de unión entre dos a más piezas de madera denominada «ensamble a caja y espiga».

Figura 76.

Espigadora industrial.



Recomendaciones para espigado:

- Operario calificado en lectura de planos y manejo de la maquinaria.
- Los elementos cortantes para el espigado deben ser de HSS o carburo de tungsteno (widia)
- Para facilitar la entrada de la espiga en la caja y para alojar el exceso de pegamento aplicado e impedir que este rebose de la caja manchando la pieza, en algunos casos la espiga debe disponer de dos rebajes realizados mediante dos gavilanes alojados en la máquina.
- La resistencia que presenta el ensamble caja y espiga es buena.
- Las piezas a trabajar deben ser calibradas y escuadradas en las medidas finales.

Indicadores para la calificación del espigado

- Superficies de la espiga sin defectos de fibra arrancada o vellosidades.

4.3.8 Lijado

Conjunto de operaciones manuales y/o mecanizadas cuyo propósito es eliminar las rugosidades o imperfecciones de las superficies para facilitar la operación de abrir el poro y dejar la superficie lisa y en muchos casos para recibir materiales de recubrimiento en el acabado.

Recomendaciones para el lijado

Los factores del lijado relativos a la madera son la remoción del material y la calidad de la superficie.

- Operario calificado para identificar los tipos de superficie y el equipo necesario para el proceso de lijado y el tipo de lija a utilizar
- El lijado se debe ejecutar en función a las características de la madera en cuanto al grano y textura.
- Para empezar el lijado o «des-bronado» de la madera se deberá utilizar la lija de grano grueso (lija N° 80). Enseguida se deberá volver a lijar, pero esta vez con lija de grano fino (lija N° 150). Finalmente se terminará el lijado con la lija N° 220.
- Para madera de densidad media se recomienda usar lija N° 60, 120 y 180 que deja bien pulida la superficie.
- Para madera de alta densidad se recomienda usar hasta lija N° 220.
- Tener en cuenta la capacitación del operario para evitar lijados en contra sentido de la hebra y tener cuidado en el mantenimiento de las máquinas contra el descalibrado.
- Conviene lijar en dirección de la fibra, pero con un pequeño movimiento oscilante transversal para así facilitar la evacuación del polvo de la lija.

Figura 77.
Lijado con lijadora excéntrica
tablero de utucuro



Tipos de equipos para el proceso de lijado

- Máquinas para lijar superficies planas pueden ser portátiles o de banco (lijadoras de banda y lijadoras verticales, lijadora orbital, lijadoras de vaivén).
- Para lijar superficies de curvatura amplia (lijadoras de globo y orbitales).
- Para lijar bordes moldurados y para lijar elementos torneados (lijadoras calibradoras).
- Máquina para arenar a alta presión.

Figura 78.

Lijadora de banda industrial



Características para la selección de los elementos abrasivos (lijas y otros)

- Composición de los elementos de la lija.
- Dimensiones de las lijas (bandas, pliegos).
- Resistencia a la tensión de montaje.
- Resistente a la presión de la lija sobre la madera.
- Sentido de avance de la madera y/o de la lija.

Figura 79.

Lijadora regresadora



Figura 80.

Lijado de puerta de maquizapa ñagcha



- Adaptable a la velocidad de alimentación.
- Adecuado al espesor de remoción.
- Sustancias presentes en algunas especies de maderas (aceites, gomas, resinas, látex o cristales de sílice, cenizas, etc.), presentan dificultades como ensuciamiento fuertemente adherido a la lija.

Figura 81.

Lijadoras portátiles



Indicadores para la calificación del lijado:

- Superficie limpia pulida.
- Facilidad de remoción del sucio.
- Desgaste del material abrasivo.
- Defectos del lijado severos o leves como:
 - Marcas de máquina.
 - Rayados o arañado.
 - Vello­sidades o lanosidad.

4.3.9 Ensamble o armado

Es el conjunto de operaciones, en su mayor parte manuales, que tienen por finalidad acoplar las piezas previamente maquinadas para transformarlas en un producto estructurado.

Recomendaciones para un buen ensamblado

- El proceso deberá ejecutarse con personal calificado, cuando se verifique que todas las piezas estén clasificadas, completas, correctamente maquinadas y no existan piezas con defectos atribuibles a la madera.
- Contar con las herramientas en buen estado, con prensas de diferentes tipos y con insumos de unión de calidad.
- Los equipos y herramientas pueden ser: Prensas hidráulicas, neumáticas, así como prensas manuales o clavadoras.
- Los elementos de unión pueden ser: Caja y espiga, tarugos, grapas, clavos, cola sintética, entre otros.
- El resultado de un buen ensamblado es la obtención de un producto estable y bien estructurado.
- Para garantizar un buen ensamblado del producto es preciso considerar los planos y diseños, las partes y piezas que se ensamblan o se unen mediante prensas hidráulicas y/o manuales con los elementos de unión como:
Clavos, pernos, tornillos, tarugos, colas o pegamentos.

Tipos de acoplamiento

- **A caja y espiga:** Proceso de unir una pieza de madera cuyo extremo es en espiga a otra pieza que presenta una caja o escoplo en el lugar donde debe alojarse con el pegamento apropiado.

Figura 82

Mesa unida a caja y espiga

Consideraciones:

- Se requiere que las espigas calcen perfectamente en la caja y su inserción sea recta o inclinada, con el ángulo que el plano manda.
- Para todas las maderas considerar en la caja una tolerancia



razonable para la cola. La madera de baja densidad no debe encajarse de forma muy ajustada, porque se rompe el escopleado, hay que tener en cuenta la ubicación del escoplo en el producto, ya sea en el centro o en el canto de las piezas.

- **Pegado o encolado:** Es una operación que consiste en juntar o pegar las superficies de las piezas de madera seca al 10% CH°, mediante un adhesivo que puede ser cola, con el objetivo de obtener una pieza más gruesa o más ancha.

Figura 83.

Pegado y encolado



Consideraciones:

- Respetar escrupulosamente las indicaciones del fabricante de la cola. El proveedor del insumo deberá suministrarlas normas del pegado tales como: el modo de aplicación, la cantidad de cola, la temperatura, el tiempo de secado y las humedades de las maderas a acoplar.
- Se pueden encolar prácticamente todas las maderas.
- La elección de la cola depende de la utilización que se requiera (interior, exterior, mueble, carpintería de obra, estructura liviana, estructura pesada, etc.).
- Asegurar previamente las condiciones normales de preparación de la madera antes del encolado: Contenido de humedad correcto, estado del corte, superficie limpia y encolado uniforme.
- En el caso de los empalmes fingerjoint, contar con ángulos precisos de unión.

- Las maderas densas y de elevada contracción pueden presentar problemas, especialmente cuando se utilizan en laminado encolado.
- Las uniones se pueden calificar como bueno o delicado, según los casos.
- La teoría de cómo se encola la madera se basa en dos tipos de uniones:
 - **Unión mecánica:** La cola más o menos fluida se introduce en los poros de las dos superficies al unir la madera y después por fraguado, la cola se convierte en un sólido de gran cohesión, anclado fuertemente en ambas piezas que quedan perfectamente unidas. La calidad del encolado depende de la rugosidad de la superficie de la madera, del número de poros que tenga y que estén abiertos (limpios) para que profundice la cola (permeabilidad de la madera).
 - **Unión específica o química:** Resulta de la atracción química entre los grupos activos polares de la cola. En este caso está demostrado que la rugosidad de la superficie perjudica la calidad del encolado. Influye la edad de la pieza con el tiempo transcurrido desde que se realizó la superficie a encolar, dado que con el tiempo el número de grupos polares activos disminuyen.
- **Clavado o empernado:** Proceso de introducir en la madera los clavos o pernos ya sea como medio de unión o armado de productos estructurados.

Figura 84.

Clavado con martillo en jaba de huamanzamana

**Figura 85.**

Clavado con pistolete



Consideraciones:

- Es importante saber si se puede hundir fácilmente una punta sin riesgo de rajar la madera.
 - La resistencia depende de la superficie de unión y esta depende de la longitud, el diámetro y el número de pernos o clavos que se coloquen.
 - Se verificará la aptitud de la madera para retener una punta si agarra o no agarra bien. En caso contrario, se indica que es necesario efectuar perforaciones previas.
 - En algunos casos los clavos sólo sirven hasta que la cola haya fraguado, por lo que un buen prensado y encolado garantiza un buen acople.
- **Entarugado:** Proceso de unir piezas de madera mediante tarugos.

Consideraciones: Los tarugos con superficie de ranuras espiraladas son más exactos y dan mayor adherencia. Para que calcen los tarugos en las perforaciones se debe dar una mínima tolerancia para el ajuste.

4.4 Acabado

Conjunto de operaciones mayormente manuales para resaltar las cualidades estéticas de la madera. De acuerdo al gusto del cliente se puede incorporar un tono o un brillo adecuado y de forma permanente. Estas son cualidades que no deben perderse con el tiempo, ya sea por efecto de la luz, las variaciones de la humedad, por la temperatura y por desgaste como consecuencia del uso del mueble.

Figura 86.

Entarugado en puerta de utucuro



a. Fases del preacabado

Según la elección del estilo y en base al diseño del producto se aplican los siguientes tipos de preacabado:

- Preparación y limpieza de la superficie para eliminar las sustancias que se interpongan entre la madera y la primera mano de acabado.
- Masillado o estucado, si fuera necesario tapar imperfecciones.
- Retoque de fondo o tapa poro, para fijar los productos aplicados anteriormente, para tapar los poros y pequeños defectos superficiales y para preparar la superficie previa a la aplicación final del barniz o laca.
- Lijado para darle mayor resalte al veteado o figura de la madera, puede ser lijado grueso o lijado fino. Los métodos de aplicación de productos para el acabado pueden ser manuales con mota y/o con sopletes en cabinas con extractores de aire, cortinas de agua o con diversas técnicas y por etapas.

Figura 87.

Masillado



Existe una gama muy grande de productos de recubrimiento como lacas, barnices y pinturas.

- Emplear materiales de buena calidad, ya que se trata del perfeccionamiento o último retoque que se da al producto elaborado.
- La poca porosidad que presenta la superficie de la madera permite un ahorro sustancial en la cantidad de material de recubrimiento.
- Se evalúan las reacciones de todos los productos usados para la culminación del producto de madera y se determina qué productos de recubrimiento son adecuados para cada tipo de madera.
- Se da el lijado final, si fuera necesario para eliminar los rastros dejados por el patinado con lijas de grano 220 y 320.

b. Fases del acabado

De acuerdo al requerimiento del estilo y diseño se aplica los acabados (a poro sellado y poro abierto) con las siguientes operaciones:

- **Natural**, para resaltar el vetado de la madera, puede ser laqueado o barnizado.
- **Tintado o teñido**, para incorporar un tono o color a la superficie respetando su vetado o figura (uso de tintes minerales y/o naturales), puede ser laqueado o barnizado.
- **Pintado**, de acuerdo al estilo con técnicas del marmoleado, envejecido, al duco, craquelado, grabado y sombreado.

Retques con accesorios: Según el diseño de los productos de madera se termina su fabricación con

Figura 88.

Teñido de *Apeiba membranacea*.
Spruce ex Benth



Figura 89.

Mesas de centro de diversos colores
de maquizapa ñagcha



la aplicación de accesorios como chapas, bisagras, jaladores, espejos, adornos, entre otros.

Figura 91.

Adorno en empaque vinícola de marupa



4.5 Embalaje

Es la acción de envolver o empaquetar el producto terminado que se ha de transportar, utilizando elementos de protección tales como plástico, cartón corrugado, poliestireno termoplástico (teck-nopor), embalajes de madera, cajones de madera o plástico, entre otros.

Figura 93.

Embalaje puerta de marupa



Figura 90.

Coloque de bisagra



Figura 92.

Decking de ana caspi





Referencias bibliográficas

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM. 1981. Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. D 2017-81 (reaprobated 1986). IN: Book of standard method. Part 16. Philadelphia. : 317-321.p
- AMERICAN WOOD PRESERVERS ASSOCIATION. AWPA. 1985. Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. AWPA M-5. Annual reports. 13 p.
- AMERICAN WOOD PRESERVERS ASSOCIATION 1985. Standard method for analysis of water borne preservatives and fire retardant formulations. Standard A-2. New York. 14 p.
- ASOCIACAO BRASILEIRA DE PRESERVAZAO DE MADEIRAS, 1970. Técnicas para el estudio de pudriciones de la madera. 55 p.
- ARÓSTEGUI, A. 1975. Características tecnológicas y uso de la madera de 40 especies del Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Estudios tecnológicos de maderas del Perú (zona Pucallpa). Ministerio de Agricultura Universidad Agraria La Molina. Tomo III. 171 p.
- AROSTEGUI, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002. Instituto Nacional Forestal y de Fauna. Ministerio de Agricultura.
- BERROCAL A. *et al* 2004. Ensayo de penetrabilidad de dos preservadores a base de boro en madera de melina (*Gmelina arborea*) crecida en Costa Rica. KURU. Revista Forestal 1(3):13-16.

- CANESSA, B SÁENZ A. 2002. Biodeterioro y preservación de madera de *Tectona grandis* de plantaciones de Guatemala, Costa Rica y Panamá. Fundación Tecnológica de Costa Rica, ITCR Cartago. 10 p.
- CASTILLO A.; NALVARTE W. 2007. Descripción dendrológica de 26 especies forestales de importancia comercial de Rahuamanu y Alto Huallaga. Proyecto PD 23/00 Rev. 4(F) Promoción y transformación de conocimiento sobre modelos de manejo forestal sostenible a los productores madereros. Lima. 75 p
- CUMINS. J. s.f. Conservación de la madera con el uso de boratos. BO-ROQUIMICA S.A.M.I.C.A.F. Buenos Aires. 13 p.
- NININ, L. 1980 . Factores que afectan la trabajabilidad de 105 maderas de los bosques tropicales del grupo andino. Junta del Acuerdo de Cartagena, PADT-REFORT.. 113 p.
- FINDLAY, W.P.K 1959. Boron compounds for the preservation of timber against fungi and insects. German Wood Research Association. 6 th Wood protection Congress July, Berlin. 8 p.
- FONDO DE PROMOCIÓN A LAS EXPORTACIONES NO TRADICIONALES. 1985. Regla peruana de clasificación para madera tropical aserrada. Lima. 52 p.
- GONZALES F. R. 1974. Preservación de la madera. Convenio UNALM-MEM. 101 p.
- IAWA 1989. List of microscopic features for hardwood identification. International Association of Woods Anatomist. IAWA Bull.n.s Vol. 10: 217- 332.
- IAWA LIST OF MICROSCOPIC FEATURES FOR HARDWOOD IDENTIFICATION. International Association of Wood Anatomists at the Rijksherbarium, Bulletin n. s. 10 (3) E.A. Wheeler, Peter Baas and P.E. Gasson. Leiden - TheNetherlands. 333 pp.
- INSTITUTO FORESTAL DE CHILE. 1999. Secado artificial de madera aserrada en la región del BíoBío, Informe técnico N° 145. INFOR. Concepción. 79 p.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1983. Manual del grupo andino para la preservación de maderas. Proyecto subregional para la promoción industrial de maderas para la construcción. Lima. 150 p.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1988. Manual del grupo andino para el secado de maderas. 1era edición. Proyecto subregional de Promoción Industrial de la madera para construcción (PRID-MADERA). 429 p.

KOLLMAN, 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones Tomo I – Traducción de la 2da Edición. Ministerio de Agricultura – Instituto Forestal de Investigaciones. Experiencias y Servicios de la Madera. Madrid.- 647 p.

LEON W. ESPINOZA N. 2001. Anatomía de la madera. Universidad de los Andes. Mérida. 397 pp.

MADERABLES DE BOLIVIA. Proyecto de apoyo a la coordinación e implementación del Plan de Acción Forestal para Bolivia FAO-PAF-BOL (GCP/BOL/028/NET). Víctor Hugo Gutiérrez Rojas, Julio Silva Sandoval, José Arias Martínez, Luis Castello, Marcus Vinicius da Silva Alves.

NALVARTE; W.; LOMBARDI, I. 1995. Simulación de tratamientos silviculturales. CONCYTEC, Serie Tecnologías. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales, Unidad Modelo de Manejo y Producción Forestal – Dantas. Lima. 90 p.

NTP 251.009: 1980. MADERAS. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos

NTP 251.010: 2004. MADERA. Método para determinar el contenido de humedad.

NTP 251.011: 2004. MADERAS. Método de determinación de la densidad.

NTP 251.012: 2004. MADERAS. Método de determinación de la contracción.

NTP 251.001.2003. Terminología.

NTP 251.1.014. 2004 MADERA. Método para determinar la compresión axial o paralela al grano

NTP 251.017. 2004. MADERA. Método para determinar la flexión estática

NTP 251.016. 2004. MADERA. Método para determinar la compresión perpendicular al grano

NTP 251.015. 2004. MADERA. Método de determinación de la dureza

NTP 251.013.2004. MADERA. Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano

PÉREZ, G. 1983. Características físico mecánicas de *Eucalyptus fastigata*, *Eucalyptus nitens* y *Pinus muricata* creados en Chile. Instituto Forestal. 107 p.

Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio de la transformación primaria de la madera de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.

Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio de la estructura anatómica de diez especies de bosques secundarios y primarios remanentes. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.

Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio de la composi-

ción química de la madera de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.

Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio de las propiedades físicas de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.

Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio de las propiedades mecánicas de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.

Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio de la durabilidad natural de diez especies maderables de bosques secundarios y primarios remanentes en condiciones de área cementerio. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.

Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio del comportamiento a la preservación por el método de difusión con compuestos de boro de diez especies maderables de bosques secundarios y primarios residuales. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.

- Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio del comportamiento al secado artificial de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.
- Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio de la transformación química de la madera de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.
- Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Estudio del comportamiento a la trabajabilidad de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.
- Proyecto PD 512/08 Rev.2 (I). 2012. Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales. Informe técnico final. Diversificación de productos y estudio de prototipos de valor agregado. Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral.
- SYBILLE, A y Rodríguez M. 1996. Manual de identificación de especies forestales de la Sub Región Andina. INIA-OIMT. Lima 489 p.

- SYBILLE, A. 2006. Guía de procesamiento industrial. Fabricación de muebles con maderas poco conocidas. USAID. WWF. PROMPEX. Lima. 72 P.
- TOLEDO, E. RINCÓN C. 1996. Proyecto PD 37/88 Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú. Cámara Nacional Forestal. OIMT INRENA. Lima. 109 p.
- TRUJILLO, F. 1987. Durabilidad natural de cinco maderas tropicales. UNALM. Tesis para optar el Título de Ing. Forestal. Lima. 94 p.
- TRUJILLO, C.; GUEVARA, L.; OTÁROLA, B. 1996. Tratamiento anti mancha de maderas susceptibles. INRENA – OIMT. Proyecto ITTO PD/95/90 (F). Manejo Forestal del Bosque Nacional Alexander von Humboldt. Doc. Técnico N° 02-II-96. 56 p.



Anexos

Anexo 1. Constancia de verificación botánica de las 10 especies de proyecto



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA)
Estación Experimental Pucallpa



Herbario Regional de Ucayali

CONSTANCIA

Se deja constancia que se realizó la verificación taxonómica de las muestras botánicas presentadas por AIDER, las mismas que a continuación se detalla:

❖ <i>Croton matourensis</i> Aubl	Aucatadijo
❖ <i>Apeiba membranacea</i> . Spruce ex Benth	Peine de Mono
❖ <i>Matisia cordata</i> Bonpl.	Zapote
❖ <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	Ana caspi
❖ <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Huamansamana
❖ <i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr.	Utucuro
❖ <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Pashaco Blanco
❖ <i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	Panguana
❖ <i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupa
❖ <i>Terminalia oblonga</i> (Ruiz & Pav.) Steud.	Yacushapana amarilla

Así mismo las muestras quedan depositadas en el Herbario Regional de Ucayali, IVITA-Pucallpa.

Se expide la presente constancia para los fines convenientes del Solicitante.

Pucallpa, 25 de octubre del 2012

Bлга. Mirella Clavo Peralta
Resp. Herbario Regional de Ucayali-IVITA-Pucallpa
Registro CBP No. 1187



Agradecimiento

Lenin Ramírez Arancibia

Carlos Frank Chota Ríos

Edición gráfica

ESERGRAF / Miguel Álvarez

mig5548@yahoo.com

Diseño y diagramación

Nilton Zelada Minaya