

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**“COMPORTAMIENTO HIGROSCÓPICO DE LA MADERA
ASERRADA DE OCHO ESPECIES FORESTALES DE USO
ESTRUCTURAL EN PUCALLPA - PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL**

ANGIE PALMIRA MÉNDEZ FASABI

PUCALLPA – PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 392

En el auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la UNU, siendo las 9:35 am del día 31 mayo del 2019, se reunieron los miembros del jurado conformado por los siguientes docentes:

Lic. Mg. Desiderio Vásquez Plácido	Presidente
Ing. Mg. Pedro Aparicio Campos Cabrera	Miembro
Ing. Mg. Tedy Tuesta Torrejón	Miembro

Para evaluar la sustentación de tesis titulada: **“COMPORTAMIENTO HIGROSCÓPICO DE LA MADERA ASERRADA DE OCHO ESPECIES FORESTALES DE USO ESTRUCTURAL EN PUCALLPA – PERÚ”**, presentado por la Bach. **ANGIE PALMIRA MÉNDEZ FASABI**, quien hizo la defensa de la misma, terminada la sustentación, se procedió a formular las preguntas por parte del jurado evaluador, siendo absueltas satisfactoriamente por la sustentante, por lo que el Jurado Evaluador aprobó la tesis por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO**. En consecuencia la sustentante se encuentra apto para optar el título de Ingeniero Forestal, habiendo sido asesorada por el **Dr. MANUEL IVÁN SALVADOR CÁRDENAS**.

Siendo las 10:51 a.m. del mismo día se dio por concluido el acto académico.

Lic. Mg. Desiderio Vásquez Plácido
Presidente


Ing. Mg. Pedro Aparicio Campos Cabrera
Miembro

Ing. Mg. Tedy Tuesta Torrejón
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Lic. Mg. Desiderio Vásquez Plácido




Presidente

Ing. Mg. Pedro Aparicio Campos Cabrera




Miembro

Ing. Mg. Tedy Tuesta Torrejón



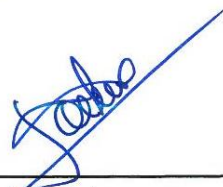
Miembro

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas



Asesor

Bach. Angie Palmira Méndez Fasabi



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELLECTUAL

Constancia

N° 333

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) titulado:

COMPORTAMIENTO HIGROSCÓPICO DE LA MADERA ASERRADA DE OCHO ESPECIES FORESTALES DE USO ESTRUCTURAL EN PUCALLPA - PERÚ

Cuyo autor (es) : **MENDEZ FASABI, ANGIE PALMIRA**
Facultad : **CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela Profesional : **INGENIERÍA FORESTAL**
Asesor (a) : **Dr. SALVADOR CARDENAS, MANUEL IVAN**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 08 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 23/09/2019



REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, Angie Palmira Méndez Fasabi

Autor de la TESIS titulada:

"Comportamiento Higroscópico de la Madera
Aseada de Ocho especies Forestales de Uso
Estructural en Paralepa - Perú"

Sustentada el año: 2019

Con la asesoría de: Dr. Manuel Juan Salvador Cardenas

En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales

Carrera Profesional de: Ingeniería Forestal

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).

Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 18 / 02 / 2020

Email: giopaulore@hotmail.com

Firma: [Firma]

Teléfono: 937 01 2055

DNI: 40919432

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor, por darme salud, vida y guiar mi existencia.

A los autores de mis días Daniel Méndez y Zoila Fasabi, quienes hicieron de mí una persona de bien, con principios morales muy sólidos.

Con el amor y el cariño más grande a Daniel Barreto, mi compañero de vida.

A mi Alma Mater, por acogerme en su seno y formarme profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Manual Iván Salvador Cárdenas, Docente Principal de la FCFyA de la UNU, asesor de la presente tesis, por su apoyo incondicional y dedicación permanente hasta la culminación del presente trabajo de investigación.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, por brindarme sus conocimientos y haber contribuido en mi formación profesional.

A todas las personas que directa e indirectamente han colaborado con la ejecución del presente estudio de investigación.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Formulación del problema.....	3
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivo específico.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de las especies forestales.....	6
2.1.1. Cachimbo rojo (<i>Cariniana domesticata</i> (Mart.) Miers).....	6
2.1.2. Quinilla colorada (<i>Manilkara bidentata</i> (A.D.C) A. Chev.....	8
2.1.3. Capirona (<i>Calycophyllum Sprucearum</i> (Benth.) Hook).....	11
2.1.4. Tornillo (<i>Cedrelinga catenaeformis</i> D. Ducke).....	14
2.1.5. Shihuahuaco (<i>Dipteryx odorata</i> Harms).....	17
2.1.6. Huayruro (<i>Ormosia coccinea</i> Jackson.).....	20
2.1.7. Aguano masha (<i>Paramachaerium ormosioides</i> (Ducke)).....	22
2.1.8. Utucuro (<i>Septotheca tessmannii</i> Ulbr.).....	25
2.2. Planteamiento teórico.....	28
2.2.1. Contenido de humedad de la madera.....	28
2.2.2. Densidad aparente.....	29
2.2.3. Contracción.....	29
2.2.4. Humedad de equilibrio higroscópico.....	35
2.3. Definición de términos básicos.....	36
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	38
3.1. Método de investigación.....	38
3.2. Población y muestra.....	38

3.2.1. Población.....	38
3.2.2. Muestra.....	38
3.3. Instrumentos de recolección de datos.....	38
3.3.1. Equipos y materiales de campo.....	38
3.4. Procedimiento de recolección de datos.....	39
3.4.1. Selección de aserraderos	39
3.4.2. Selección de trozas.....	39
3.4.3. Aserrío y selección de piezas de madera.....	39
3.4.4. Preparación de probetas.....	40
3.4.5. Ensayos de laboratorio.....	40
3.5. Procesamiento de datos.....	41
3.5.1. Determinación del contenido de humedad (CH).....	41
3.5.2. Determinación de la densidad aparente.....	42
3.5.3. Contracción volumétrica.....	42
3.6. Tratamiento de datos.....	43
3.6.1. Relación entre el contenido de humedad y la densidad aparente....	43
3.6.2. Elaboración de una tabla para estimar el peso de la madera en función de la especie y el contenido de humedad de utilización de la madera.....	44
3.6.3. Estimación del peso de la madera seca al aire en función a la Sección de piezas preferenciales.....	44
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Contenido de humedad saturada de la madera.....	45
4.2. Densidad aparente de la madera.....	48
4.2.1. Densidad aparente anhidra o seca al horno.....	48
4.2.2. Densidad seca al aire o de servicio.....	50
4.3. Contracción volumétrica.....	54
4.3.1. Contracción volumétrica total.....	54
4.3.2. Contracción volumétrica en la humedad seca al aire o servicio....	56
4.4. Relación entre el contenido de humedad y la densidad aparente.....	59
4.5. Peso por pie tablar de la madera de uso estructural.....	62
4.6. Estimación del peso de la madera seca al aire en función a la sección de piezas preferenciales.....	64
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67

5.1. Conclusiones.....	67
5.2. Recomendaciones.....	69
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	70
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Denominación del estado de la madera según el contenido de humedad.....	29
Tabla 2. Humedad de equilibrio promedio de la madera en diferentes lugares del Perú.....	36
Tabla 3. Contenido de humedad de la madera de ocho especies forestales.....	45
Tabla 4. Resumen del ANVA del contenido de humedad saturada de la madera de ocho especies forestales.....	46
Tabla 5. Resumen de la prueba de Tukey del contenido de humedad saturada.....	47
Tabla 6. Densidad anhidra de la madera de ocho especies forestales.....	48
Tabla 7. Resumen del ANVA de la densidad anhidra de la madera de ocho especies forestales.....	49
Tabla 8. Resumen de la prueba de Tukey de la densidad anhidra.....	49
Tabla 9. Densidad seca al aire o de servicio de la madera de ocho especies forestales.....	50
Tabla 10. Resumen del ANVA de la densidad seca al aire de la madera de ocho especies forestales.....	51
Tabla 11. Resumen de la prueba de Tukey de la densidad seca al aire.....	52
Tabla 12. Densidad seca al aire de la madera de ocho especies forestales.....	54
Tabla 13. Resumen del ANVA de la contracción volumétrica total de la madera de ocho especies forestales.....	55
Tabla 14. Resumen de la prueba de Tukey de la contracción volumétrica total.....	55
Tabla 15. Contracción volumétrica seca al aire o de servicio de la madera de ocho especies forestales.....	56
Tabla 16. Resumen del ANVA de la contracción volumétrica seca al aire o de servicio de la madera de ocho especies	

	forestales.....	57
Tabla 17.	Resumen de la prueba de Tukey de la contracción volumétrica seca al aire o de servicio.....	58
Tabla 18.	Relación entre el contenido de humedad y la densidad aparente de la madera de ocho especies forestales.....	61
Tabla 19.	Rango de contenido de humedad y la densidad aparente de la madera de ocho especies forestales utilizados estructuralmente.....	63
Tabla 20.	Peso de la madera de ocho especies forestales de secciones preferenciales, en el punto de equilibrio higroscópico (16% de CH - Pucallpa).....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Madera aserrada de cachimbo rojo (INFORHUAY SAC, 2016).....	8
Figura 2. Madera de quinilla colorada (Maderera Tambopata, s.f.)...	11
Figura 3. Madera de capirona (Maderas O.D.L., s.f.).....	14
Figura 4. Madera de tornillo (Aserradero San Sebastián, 2014).....	17
Figura 5. Madera de shihuahuaco (Santa Angela Group S.A.C., 2015).....	20
Figura 6. Madera de huayruro (INFORHUAY SAC, 2016).....	22
Figura 7. Madera de aguano masha (Perú Forestal, 2014).....	25
Figura 8. Madera de utucuro (ITTO, 2016).....	28
Figura 9. Esquema de la merma de volumen en los distintos procesos.....	34
Figura 10. Contenido de humedad saturada de la madera de ocho especies forestales.....	45
Figura 11. Densidad anhidra y seca al aire de la madera de ocho especies forestales.....	51
Figura 12. Contracción volumétrica total y en el punto de equilibrio de humedad higroscópico del aire de la madera de ocho especies forestales.....	57

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo por finalidad, determinar el comportamiento higroscópico de la madera aserrada de ocho especies forestales de uso estructural en Pucallpa – Perú. El método de investigación que se utilizó fue de tipo experimental y correlacional, la población de cada especie, estuvo constituido por el número de trozas que ingresaron el primer trimestre del 2018 a los aserraderos seleccionados en los distritos de Manantay y Callería; la muestra de cada especie, estuvo constituida por 10 trozas elegidas al azar, tratando en lo posible de que las trozas representen a 10 árboles. El tipo de muestreo de trozas fue por conglomerado, los ensayos se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnología de la Madera.

Los resultados ponen en evidencia que el contenido de humedad (CH) saturada son diferentes entre las maderas de las ocho especies; la densidad anhidra son diferentes en las maderas de las ocho especies; la densidad seca al aire o de servicio estadísticamente son diferentes entre las maderas de las ocho especies; se observó que existe diferencias altamente significativas entre los promedios de la contracción volumétrica total de las maderas de los ocho tipos de especies; se encontró diferencias altamente significativas entre los promedios de la contracción volumétrica seca al aire o de servicio de las maderas de las ocho especies; existe una relación altamente significativa, entre el contenido de humedad (CH) y la densidad aparente de la madera en las ocho especies forestales. La densidad aparente varía de una especie a otra, el peso por metro lineal de la madera de ocho especies forestales seca al aire o con contenido de humedad de equilibrio (CHE) o humedad higroscópica del aire (16% en Pucallpa), se observó que la madera de quinilla colorada y shihuahuaco son las más pesadas, cachimbo rojo y tornillo las menos pesadas por metro lineal, en cada una de la secciones preferenciales.

Palabras clave: Comportamiento higroscópico de la madera, madera de uso estructural, densidad aparente.

ABSTRACT

The purpose of the work was to determine the hygroscopic behavior of sawn wood of eight forest species for structural use in Pucallpa - Peru. The research method that was used was experimental and correlational, the population of each species, was constituted by the number of logs that entered the first sawmills of 2018 to the selected sawmills in the districts of Manantay and Callería; The sample of each species consisted of 10 randomly selected logs, trying as much as possible that the logs represent 10 trees. The type of sampling was per cluster, the tests were carried out in the Wood Technology Laboratory

The results show that the saturated moisture content (CH), the anhydrous density, the air-dry density or the service statistically are different among the woods of the eight species. Likewise, it was observed that there are highly significant differences between the averages of the total volumetric contraction and the volumetric dry air or service contraction of the wood of the eight species. There is a highly significant relationship between the moisture content (CH) and the apparent density of the wood in the eight forest species. The apparent density varies from one species to another; The weight per linear meter of the wood of eight forest species dries in the air or with equilibrium moisture content (CHE) (16% in Pucallpa), it was observed that the wood of colored quinilla and shihuahuaco are the heaviest, red hookah and screw the least heavy per linear meter, in each of the preferential sections

Keywords: Hygroscopic behavior of wood, wood for structural use, bulk density.

INTRODUCCIÓN

La madera es el recurso natural más antiguo empleado por el hombre. Desde siempre le ha proporcionado combustible, herramientas y protección. Es un material ortótropo natural de origen orgánico y se obtiene del interior del tronco de los árboles

Las propiedades de la madera son muy variables, dependen de sus características intrínsecas (especies), ambientales y de otros factores, tales como: contenido de humedad y permanencia de las cargas, además es un material no homogéneo, anisótropo, y combustible. Las variaciones de volumen por cambios de humedad son un factor importante. (ECURED, 2018)

El mismo autor indica que la madera que se utiliza en la construcción se clasifica en diferentes grupos: blandas, muy blandas, semiduras, duras y muy duras. Esta clasificación no atiende a su dureza en el sentido más estricto de la palabra, pues muchas de las maderas que se incluyen en el grupo de las blandas, son más duras que otras que se incluyen en este último grupo. La dureza, en este caso, está en función de su peso específico. Por otro lado precisa que la dureza de la madera es la resistencia que opone a la penetración de otros cuerpos, como clavos, tornillos, al rayado y al desgaste, etc. Es a la vez una característica física y mecánica y tiene una gran importancia dentro de la técnica de la madera. Las maderas duras y semiduras: se emplean en carpintería general y de obra, construcciones civiles, navales, hidráulicas, carrocerías, tornería, tallas, durmientes, postes telefónicos y eléctricos, vigas, columnas, pilotes, etc.

La falta de caracterización física y mecánica de la madera y/o la escasa difusión de sus propiedades físicas y mecánicas, hace que persistan una serie de ideas equivocadas acerca de su comportamiento. Generalmente a la madera se le identifica por sus características que no reflejan el medio o ambiente donde prestará servicio, lo más común es identificarlo por la densidad básica, valor que no refleja el peso real por unidad de volumen real de la madera, sin embargo la densidad aparente entre el 12-15% o a contenido de

humedad de equilibrio con el ambiente, es la verdadera densidad de la madera puesta en servicio; de igual manera sucede con las contracciones de la madera, por lo general se conoce las contracciones lineales (radial, tangencial y radial) y las volumétricas totales, es decir cuando la madera llega a 0% de contenido de humedad, pero no existe valores que indique cuanto se contrae hasta que la madera se equilibre con la humedad del ambiente que lo rodea.

Por lo tanto, es necesario proveer de información, a los diferentes sectores que utilizan la madera, sobre sus características sobre todo las físicas, acorde con el medio o ambiente donde prestará servicio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La actividad maderera de Ucayali, utiliza alrededor de 58 especies de diferentes características tecnológicas y diversos valores comerciales, con las cuales se abastece a la actividad de transformación forestal y la producción está destinada principalmente al mercado nacional. Las especies de mayor producción volumétrica son alrededor de 10 especies: lupuna, caoba, tornillo, catahua, cedro, copaiba, quinilla, mohena, capirona, shihuahuaco, entre otros.

Frente a esta situación se hizo necesario realizar un análisis de la variación del peso unitario por unidad de volumen (densidad aparente) en función al contenido de humedad de la madera de ocho especies forestales de uso estructural, a fin de obtener una herramienta de trabajo que garantice una adecuada toma de decisiones para hacer más rentable este sector.

Por tal motivo en el presente estudio se resolvió la siguiente interrogante: ¿Cómo influye el contenido de humedad en la densidad aparente, en la contracción volumétrica anhidra y en equilibrio con la humedad del ambiente de la madera de ocho especies forestales de Pucallpa?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Las propiedades físicas de la madera son totalmente diferentes y van a variar dependiendo principalmente del crecimiento, de la edad y de la parte del árbol de donde procede; también, aunque no en forma tan directa, de la clase del terreno y del contenido de humedad. Los caracteres exteriores de la madera, difieren de una especie a otra, los que facilitan el reconocimiento a través del color, la disposición de las fibras, la

dureza y la densidad. Dentro de las propiedades físicas de la madera, la contracción, tienen efecto directo en el peso de la madera aserrada, lo que indica que el peso de 1 metro cúbico de madera de baja densidad es diferente al peso de 1 metro cúbico de madera densa; así mismo el peso de 1 metro cúbico de una madera seca es diferente al peso de 1 metro cúbico de madera húmeda.

La industria de la construcción y la de muebles son los sectores de mayor consumo de madera aserrada en el Perú y las maderas se desempeñan prestando servicio o trabajan en diferentes altitudes del territorio, en tres regiones, épocas del año y climas, adecuándose constantemente a la humedad de equilibrio higroscópico del aire que lo rodea. La determinación de las principales características próximas a la humedad de equilibrio higroscópico del aire (16% en Pucallpa), permitirá una mayor y mejor utilización de la madera en los sectores productivos que tienen como materia prima la madera aserrada; Además contarán con una herramienta de trabajo que garantice una adecuada toma de decisiones, para hacer más rentable este sector; además permitirá incrementar la escasa información existente sobre este rubro.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

- Determinar el comportamiento higroscópico de la madera aserrada de ocho especies forestales de uso estructural en Pucallpa – Perú.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el contenido máximo de humedad de la madera aserrada de ocho especies forestales de Pucallpa.
- Determinar las densidades aparente (Densidad seca al aire, seca al horno) de ocho especies forestales de Pucallpa.

- Determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad aparente de la madera de ocho especies forestales de Pucallpa.
- Determinar el peso de la madera aserrada de ocho especies forestales de Pucallpa, por unidad de volumen comercial.
- Determinar el peso de la madera de las ocho especies forestales de Pucallpa por metro lineal y por sección preferencial.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LAS ESPECIES FORESTALES

2.1.1. Cachimbo rojo (*Cariniana domesticata* (Mart.) Miers)

La Confederación Peruana de la Madera – CPM (2008), a través de su Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales – Tomo II, proporciona la siguiente información sobre el cachimbo rojo:

- **Clasificación taxonómica**

Nombre Internacional: Bacú (Ven).

Nombre Científico: *Cariniana domesticata* Martius.

Sinónimos: *Couratari domesticata* Martius.

Nombre Común: Cachimbo rojo.

Familia: LECYTHIDACEAE.

- **Descripción botánica**

Árbol: Fuste recto y cilíndrico de buena conformación, con aletas basales, altura total de hasta 22 m, altura comercial de 17 m, DAP de 50 cm, corteza externa de color marrón oscuro, con ritidoma que se desprende en láminas fibrosas y deja una superficie lisa a fisurada de 4 cm de espesor, la corteza interna es de color blanco cremoso de apariencia fibrosa, exhala un olor a aceite rancio.

- **Distribución**

Se encuentra distribuido en Guyanas, Panamá, Brasil, Venezuela, Colombia y Perú. En el Perú se encuentra en los departamentos de Huánuco, Loreto, Madre de Dios y Ucayali. El Cachimbo se encuentra principalmente en bosques no inundados. Se desarrolla en las formaciones ecológicas de bosque muy húmedo premontano

(bmh-P) y bosque húmedo tropical (bh-T). Se presenta por lo general en zonas altas. Generalmente crece asociado con las especies *Xilopia* sp., *Aniba* sp., *Calycophyllum*.

- **Características de la madera**

Color: La albura es de color rosado cremoso, transición gradual a duramen rojizo.

Brillo: Bajo a mediano.

Grano: De recto a entrecruzado.

Textura: Media.

Veteado: Jaspeado, satinado poco pronunciado, arcos superpuestos.

Olor: Ausente o no distintivo.

- **Propiedades físicas**

Densidad Básica: 0.59 g/cm³

Contracción Volumétrica: 12.10%

Relación T/R: 1.50

Contracción Tangencial: 7.58%

Contracción Radial: 4.96%

Sílice: 0.52%

- **Propiedades mecánicas**

Módulo de elasticidad en flexión: 131.00 tn/cm²

Módulo de ruptura en flexión: 735.00 kg/cm²

Compresión paralela: 342.00 kg/cm²

Compresión perpendicular: 66.00 kg/cm²

Corte paralelo a las fibras: 84.00 kg/cm²

Dureza de lados: 468.00 kg/cm²

Tenacidad: 3.90 kg-m

- **Durabilidad natural y usos**

Durabilidad natural: Es moderadamente resistente al ataque biológico.

Preservación: Se recomienda los tratamientos, inmersión para madera húmeda. Baño caliente-frío para madera seca y vacía de presión, se considera como fácil de tratar.

Usos: Carpintería de interiores: tabaquería, armarios, puertas. Muebles. Estructuras: vigas, viguetas, pies derechos, columnas, tijerales. Encofrados, pisos, molduras y machihembrados. Envases pesados. Mangos de herramientas. Artículos deportivos en general. Artesanía. Tiene una aptitud papelera aceptable. Esta especie puede sustituir al Pino oregón, Pino insigne y Pino araucaria, en construcción y encofrados.



Figura 1. Madera aserrada de cachimbo rojo (INFORHUAY SAC, 2016)

2.1.2. Quinilla colorada (*Manilkara bidentata* (A.D.C) A. Chev)

La Confederación Peruana de la Madera – CPM (2008) a través de su Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales – Tomo II, proporciona la siguiente información sobre la quinilla colorada:

- **Clasificación taxonómica**

Nombre Internacional: Balata, Bulletwood.

Nombre Científico: *Manilkara bidentata* (A.D.C) A. Chev.

Sinónimos: *Manilkara amazónica* (Huber) Chev, *Mimusops surinamensis* Miq. *Mimusops amazonica* Huber, *Mimusops bidentata* A.D.C. *Manilkara balata* Dubard, *Manilkara surinamensis* (Miq) Dubard.

Nombre Común: Quinilla Colorada.

Familia: SAPOTACEAE.

- **Descripción botánica**

Árbol alcanza una altura total de 25 m, altura comercial promedio de 13 m, diámetro a la altura del pecho de 90 cm, el fuste es cilíndrico, ramifica en la parte terminal conformando una copa abierta, amplia, redondeada, presenta aletas basales pequeñas y gruesas, la corteza externa es de color pardo oscuro, de textura compacta, espesor de 15 mm, profundamente fisurada a lo largo del fuste en surcos paralelos, ritidoma leñoso en placas rectangulares; la corteza interna es laminar y rosada. Segrega látex blanco, pegajoso, de sabor dulce y consistencia lechosa en forma abundante.

- **Distribución**

Se encuentra distribuida en América Tropical. En el Perú se encuentra distribuida en los departamentos de Loreto y San Martín. Se desarrolla en las formaciones ecológicas de bosque seco tropical (bs-T) y bosque húmedo tropical (bh-T), en suelos bajos de las riberas de los ríos formando rodales generalmente puros. Asociada con *Guarea sp.*, *Ficus sp.*, *Cecropia sp.*, *Calycophyllum spruceanum*, *Hura crepitans*, *Aniba sp.*, y otras.

- **Características de la madera**

Color: Albura diferenciada del duramen. Albura de color marrón pálido. Duramen de color rojo claro / rosado.

Brillo: No presenta.

Grano: Recto algunas veces entrecruzado.

Textura: Fina.

Veteado: Sin veteado característico.

Olor: Ausente o no distintivo.

- **Propiedades físicas**

Densidad Básica: 0.87 g/cm³

Contracción Volumétrica: 15.80%

Relación T/R: 2.50

Contracción Tangencial: 11.01%

Contracción Radial: 6.76%

- **Propiedades mecánicas**

Módulo de Elasticidad en flexión: 184.00 tn/cm²

Módulo de Ruptura en flexión: 1204.00 kg/cm²

Compresión Paralela: 476.00 kg/cm²

Compresión Perpendicular: 140.00 kg/cm²

Corte paralelo a las Fibras: 135.00 kg/cm²

Dureza de lados: 1090.00 kg/cm²

Tenacidad: 6.60 kg-m

- **Durabilidad natural y usos**

Durabilidad natural: El duramen tiene un alto grado de resistencia al ataque de hongos, insectos y termites. Su resistencia a insectos marinos es baja.

Preservación: Muy difícil de preservar por el tratamiento de baño

caliente-frío y moderadamente tratable por el tratamiento de vacío a presión.

Usos: Construcción pesada, postes de telégrafo, horcones, durmientes, parquet, cimientos, piezas de puente, Chapas decorativas, artesanía, herramientas. Instrumentos arcos de violín.



Figura 2. Madera de quinilla colorada (Maderera Tambopata, s.f.)

2.1.3. Capirona (*Calycophyllum Sprucearum* (Benth.) Hook)

Instituto de Investigación Agraria - INIA (1999) proporciona la siguiente información sobre la capirona:

- **Clasificación Taxonómica**

Nombre Internacional: Pau mulato.

Nombre Científico: *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) Hook.

Sinónimos: Eukylista spruceana Benth

Nombre Común: **Perú:** capirona, palo mulato, **Bolivia:**

guayabochi, palo blanco. **Colombia:** capirona de altura, guayabete.

Ecuador: capirona.

Familia: RUBIACEAE.

- **Descripción botánica**

Árbol: Alcanza 35 m de altura total y 0.70 a 1.80 m de diámetro a la altura del pecho. Presenta tronco de fuste recto cilíndrico, la corteza externa es de color marrón verdoso que al desprenderse en placas coriáceas expone el tronco blanco grisáceo por ello también se le conoce como "palo mulato".

- **Distribución**

La distribución de la especie fue obtenida de la literatura y de reportes de herbario, se encuentra en los departamentos de Amazonas, San Martín, Huánuco, Madre de Dios, Loreto y Ucayali, entre 0 y 1000 msnm. La especie crece en comunidades denominados "capironales", existe en regulares cantidades en la Amazonía del Perú.

- **Características de la madera**

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de la madera (albura) de color blanco cremoso y las capas internas (duramen) de color blanco pardo con vetas de color marrón claro, observándose entre ambas capas muy poco contraste en el color. En la madera seca al aire la albura se toma de color blanco HUE 8/2 2.5Y y el duramen se toma a amarillo HUE 8/6 10YR. (*Munsell Soil Color Charts*).

Olor: No distintivo.

Lustre o brillo: Medio.

Grano: Recto a ligeramente entrecruzado.

Textura: Fina.

Veteado o figura: Jaspeado tenue, bandas paralelas.

- **Propiedades físicas**

Densidad Básica: 0.76 g/cm³

Contracción Volumétrica: 15%

Relación T/R: 2.30

Contracción Tangencial: 9.00%

Contracción Radial: 5.00%.

- **Propiedades mecánicas**

Módulo de Elasticidad en flexión: 100,000 tn/cm²

Módulo de Ruptura en flexión: 723 kg/cm²

Compresión Paralela: 476 kg/cm²

Compresión Perpendicular: 283 kg/cm²

Corte paralelo a las Fibras: 87 kg/cm²

Dureza de lados: 425 kg/cm²

Tenacidad: 2 kg-m

- **Durabilidad natural y usos**

Madera moderadamente fácil de aserrar y de buen comportamiento a la trabajabilidad. Al secado artificial se comporta en forma regular, requiere un programa suave para evitar los riesgos de agrietamiento. Tiene buena resistencia al ataque biológico, no requiere preservación, madera durable, especialmente en elementos fuera del contacto con el suelo. Tortorelli, lo señala como un sustituto de *Casearia prae cox* «boxwood».

La madera se puede utilizar para pisos, parquet, molduras, tarugos, construcción naval, estructuras pesadas vigas, carrocerías, tornería, artículos deportivos raquetas de tenis y ping pong, mangos de herramientas.

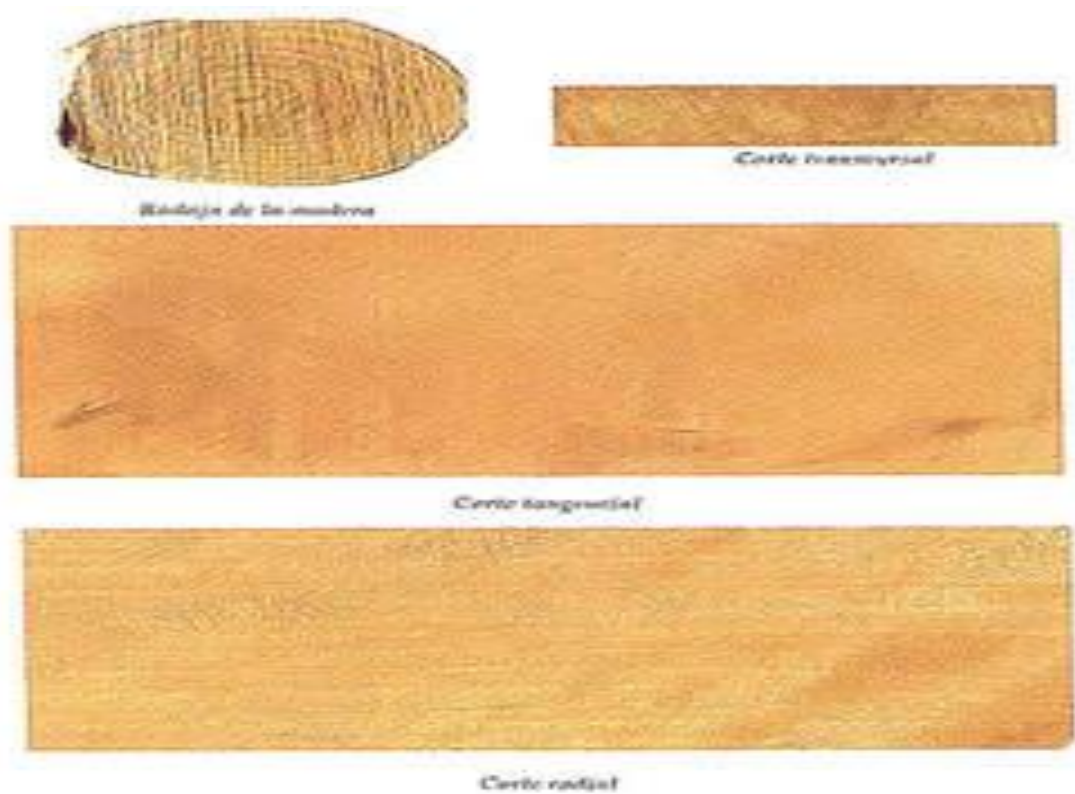


Figura 3. Madera de capirona (Maderas O.D.L., s.f.)

2.1.4. Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke)

El Instituto de Investigación Agraria - INIA (1999) proporciona la siguiente información sobre el tornillo:

- **Clasificación taxonómica**

Nombre Internacional: Tornillo.

Nombre Científico: *Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke.

Nombre Común: Perú: tornillo, huayra caspi, cedrorana.

Colombia: achapo. **Ecuador:** seique. **Brasil:** cedrorana.

Familia: FABACEAE-MIMOSOIDEAE.

- **Descripción botánica**

Árbol: Alcanza 40 m de altura y hasta 120 cm de diámetro; tronco recto cilíndrico; aletones poco o medianamente desarrollados, gruesos. La corteza superficial del tronco es de color pardo oscuro,

aparición rugosa, ritidoma coriáceo; la corteza muerta se desprende en placas rectangulares, por encima de los aletones; corteza muerta leñosa, corchosa, de 1 cm de espesor. Corteza viva de 0.5 cm de espesor, de color rosado, textura arenosa y de sabor dulce.

- **Distribución**

La distribución de la especie fue obtenida de la literatura y de reportes de herbario e inventarios, se encuentra en los departamentos de Junín, Madre de Dios, Loreto y Ucayali, entre 0 y 500 msnm. La especie existe en cantidades altas en la Amazonía norte y en cantidades medias en la Amazonía sur del Perú.

- **Características de la madera**

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color rosado y las capas internas (duramen) de color rojizo claro y de forma regular, observándose entre ambas capas un gradual contraste de color. En la madera seca al aire la albura se toma de color rosado HUE 7/4 5YR y el duramen marrón rojizo HUE 5/4 5YR. (*Munsell Soil Color Charts*).

Olor: Distintivo, urticante al aserrarse.

Lustre o brillo: Moderado a brillante

Grano: Entrecruzado

Textura: Gruesa

Veteado o figura: Poco definido en el corte tangencial, arcos superpuestos ligeramente diferenciados con líneas vasculares oscuras pronunciadas y en el corte radial bandas angostas, paralelas, satinadas.

- **Propiedades físicas**

Densidad Básica: 0.45 g/cm³

Contracción Volumétrica: 3.90%

Relación T/R: 2.2

Contracción Tangencial: 3%

Contracción Radial: 1%

- **Propiedades mecánicas**

Módulo de Elasticidad en flexión: 99,000 tn/cm²

Módulo de Ruptura en flexión: 693 kg/cm²

Compresión Paralela: 413 kg/cm²

Compresión Perpendicular: 66 kg/cm²

Corte paralelo a las Fibras: 87 kg/cm²

Dureza de lados: 373 kg/cm²

Tenacidad: 2.88 kg-m

- **Durabilidad natural y usos**

El Tornillo es una madera medianamente pesada, presenta contracciones lineales media y contracción volumétrica estable. La resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media. La madera, es moderadamente fácil de aserrar por su mediana resistencia mecánica. Presenta buena trabajabilidad y acabado apropiado para la producción de piezas estructurales para construcción de viviendas, puertas y ventanas. Seca en forma rápida, puede soportar horario fuerte en secado artificial demorando aproximadamente 55 horas, es estable con bajo riesgo de alabeo. La albura es susceptible al ataque biológico, la pieza con albura requiere ser preservada por sistema de vacío presión; el duramen es resistente y por ello las piezas enteramente de duramen no requieren de preservación.

Actualmente es usada en pisos, estructuras de casas, armaduras, vigas, columnas, carpintería de interiores, artesanía y en la fabricación de puertas, ventanas y carrocerías.



Figura 4. Madera de tornillo (Aserradero San Sebastián, 2014)

2.1.5. Shihuahuaco (*Dipteryx odorata* Harms)

El Instituto de Investigación Agraria – INIA (1999) proporciona la siguiente información sobre el shihuahuaco:

- **Clasificación taxonómica**

Nombre Internacional: Cumarú.

Nombre Común: Shihuahuaco, Charapilla, Kumarut (Perú), Coumarou (Bolivia), Charapilla (Colombia).

Nombre Científico: *Dipteryx odorata* Harms.

Sinónimos: Coumarouna micrantha (Horns) Ducke.

Familia: FABOCEAE – PAPILIONOIDEAE.

- **Descripción botánica**

Árbol: Alcanza 40 m de altura 100 cm de diámetro; aletones empinados, de 4 m de altura y 1.5 m de ancho; algunas veces, en árboles jóvenes, los aletones se prolongan tenuemente hacia arriba del tronco, dando el aspecto de tronco acanalado, mostrando concavidades y convexidades longitudinales; en árboles maduros el tronco es cilíndrico. Copa amplia y aparasolada. La corteza superficial del tronco es lisa, de color pardo grisáceo a pardo

amarillento; corteza muerta leñosa; se desprende en placas irregulares de hasta 1 cm de grosor, corchosas hacia el interior; al desprenderse quedan huellas circulares en bajo relieve, de color marrón anaranjado, dando la apariencia de martillado. Corteza viva compuesta de dos capas de 2 mm de espesor.

- **Distribución**

La distribución de la especie fue obtenida de la literatura y de reportes de herbario, se encuentra en los departamentos de Loreto y Ucayali. La especie existe en cantidades medias a altas en la Amazonía norte del Perú.

- **Características de la madera**

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco y las capas internas (duramen) de color marrón con jaspes claros y de forma regular, observándose entre ambas un gran y abrupto contraste de color. En la madera seca al aire la albura se torna de color blanco rosáceo HUE 8/2 7.5YR y el duramen marrón rojizo HUE 5/4 5YR. (*Munsell Soil Color Charts*).

Olor: Distintivo y característico.

Lustre o brillo: Moderado a elevado.

Grano: Entrecruzado.

Textura: Media.

Veteado o figura: Bien definido, arcos superpuestos y bandas angostas, paralelas, satinadas, jaspeado amarillo en la sección tangencial.

- **Propiedades físicas**

Densidad Básica: 0.87 g/cm³

Contracción Volumétrica: 15.00%

Relación T/R: 1.5

Contracción Tangencial: 9.10%

Contracción Radial: 5.50%

- **Propiedades mecánicas**

Módulo de Elasticidad en flexión: 153 000 kg/cm²

Módulo de Ruptura en flexión: 1286 kg/cm²

Compresión Paralela: 672 kg/cm²

Compresión Perpendicular: 150 kg/cm²

Corte paralelo a las Fibras: 145 kg/cm²

Dureza de lados: 1 353 kg/cm²

Tenacidad: 6.2 kg-m

- **Durabilidad natural y usos**

La madera presenta una mayor dificultad que la normal para el aserrado debido a su dureza y grano entrecruzado por lo que es recomendable utilizar herramientas adecuadas y sierras de cinta estelitadas. Piezas grandes seca con dificultad en forma natural, presentándose problemas de alabeos, en el secado artificial presenta buen comportamiento con un programa suave de 10 días para piezas de pequeñas dimensiones de 13 mm de espesor. Es resistente al ataque biológico; no requiere ser preservada.

La madera es dura, usada para durmientes, carrocerías, puentes sobre quebradas de poco cauce, en pisos, construcción pesada, carpintería de exterior, machihembrados y parquet.



Figura 5. Madera de shihuahuaco (Santa Angela Group S.A.C, 2015)

2.1.6. Huayruro (*Ormosia coccinea* Jackson.)

La Confederación Peruana de la Madera - CPM (2008) a través de su Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales – Tomo II, proporciona la siguiente información sobre el la madera del huayruro:

- **Clasificación Taxonómica**

Nombre Internacional: Huairuro, palo yugo (Bol), chocho (Col), peonia (Ven), tinctoria (Bra), caracará (Guy), peonia (P.R.).

Nombre Científico: *Ormosia coccinea* Jackson.

Nombre Común: Huayruro.

Sinónimos: *Robinia coccinea* Aublet.

Familia: FABACEAE.

- **Descripción botánica**

Árbol de fuste ahusado y cilíndrico. Altura total hasta 30 metros, altura comercial de 20 metros DAP de 45 a 62 cm; presenta copa aparasolada. La corteza externa de color marrón con apariencia rugosa y la corteza interna es de color crema amarillenta con textura fibrosa.

- **Distribución**

El Huayruro se encuentra distribuido en la selva tropical Latinoamericana desde El Caribe hasta el sur de Brasil. En Puerto Rico, Guyana, Brasil, Venezuela, Colombia y Perú. En el Perú se encuentra en los departamentos de Loreto y Ucayali. El Huayruro habita en las formaciones ecológicas del bosque húmedo tropical (bh-T). Prefiere suelos de buen drenaje, escogiendo también los límites de las sábanas y restingas.

- **Características de la madera**

Color: Transición gradual de altura a duramen. Duramen de color pardo amarillento claro.

Brillo: Medio.

Grano: Entrecruzado.

Textura: Gruesa.

Anillos: Arcos superpuestos, bandas paralelas.

Características: Ausente a ligeramente aromático.

- **Propiedades físicas**

Densidad Básica: 0.61 g/cm³

Contracción Volumétrica: 9.40%

Relación T/R: 1.98

Contracción Tangencial: 6.30%

Contracción Radial: 3.19%.

- **Propiedades mecánicas:**

Módulo de Elasticidad en flexión: 136 000 tn/cm²

Módulo de Ruptura en flexión: 838 kg/cm²

Compresión Paralela: 443 kg/cm²

Compresión Perpendicular: 71 kg/cm²

Corte paralelo a las Fibras: 105 kg/cm²

Dureza de lados: 650 kg/cm²

Tenacidad: 3.70 kg-m

- **Durabilidad natural y usos**

Durabilidad natural: Se considera una madera de durabilidad natural media ante el ataque de hongos y termitas, presenta una alta durabilidad contra la acción de otros insectos de madera seca.

Preservación: Es una madera de escasa impregnabilidad; pero dada su buena durabilidad natural no necesita ser preservada.

Usos: Construcción pesada, durmientes, chapas decorativas, estructuras: vigas, viguetas, pies derechos, columnas, tijerales. Carpintería de obra, pisos.



Figura 6. Madera de Huayruro (INFORHUAY SAC, 2016)

2.1.7. Aguano masha (*Paramachaerium ormosioides* (Ducke))

La confederación Peruana de la Madera - CPM (2008) a través de su Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales – Tomo

II, proporciona la siguiente información sobre el la madera del Aguano masha.

- **Clasificación taxonómica**

Nombre Internacional: Padauk (Afr.), Cori Caspi.

Nombre Científico: *Paramachaerium ormosioides* (Ducke).

Sinónimos: *Pterocarpus ormosioides* Ducke.

Nombre Común: Aguano masha, palo sangre.

Familia: FABACEAE.

- **Descripción botánica**

Fuste recto cilíndrico, con aletas basales, altura total promedio de 35 m, altura comercial promedio de 26 m, diámetro promedio a la altura del pecho de 80 cm. La corteza externa es de color pardo claro, de apariencia escamosa, guarda cierta similitud con la corteza de la caoba. La corteza interna es de color pardo oscuro, de textura lisa, exuda látex rojo oscuro de sabor amargo astringente y pegajoso.

- **Distribución**

Se encuentra distribuido en América desde México hasta Brasil, Bolivia y Perú. En el Perú se encuentra distribuido en los departamentos de Ucayali, Loreto, Cusco, Junín y Madre de Dios. En las formaciones de bosque húmedo tropical (bh-T), en bosques primarios no inundados de la Amazonía.

- **Características de la madera**

Color: Albura diferenciada del duramen. Albura de color blanco. Duramen de color rojo oscuro.

Olor: Ausente o no distintivo.

Brillo: Medio.

Grano: Entrecruzado.

Textura: Fina.

Anillos: Arcos superpuestos, bandas paralelas.

Veteado: Arcos superpuestos

- **Propiedades físicas**

Densidad Básica: 0.70 g/cm³

Contracción Volumétrica: 9.90%

Relación T/R: 1.70

Contracción Tangencial: 6.49%

Contracción Radial: 3.81%.

- **Propiedades mecánicas**

Módulo de Elasticidad en flexión: 139 000 tn/cm²

Módulo de Ruptura en flexión: 1 102 kg/cm²

Compresión Paralela: 547 kg/cm²

Compresión Perpendicular: 127 kg/cm²

Corte paralelo a las Fibras: 135 kg/cm²

Dureza de lados: 1 052 kg/cm²

Tenacidad: 5.9 kg-m

- **Durabilidad natural y usos**

Durabilidad natural: La albura es susceptible al ataque biológico.

El duramen es resistente al ataque biológico.

Preservación: No requiere.

Usos: Estructuras pesadas. Pisos. Artesanía.



Figura 7. Madera de aguano masha (Perú Forestal, 2014)

2.1.8. Utucuro (*Septotheca tessmannii* Ulbr.)

Según Oshiro (2016), proporciona la siguiente información sobre la madera de utucuro:

- **Clasificación Taxonómica**

Esta madera pertenece a la familia Bombacaceae, según la NTP 251.006. El informe de Osinfor clasifica como, FAMILIA MALVACEAE. Bombaceae es una subfamilia.

Nombre Común: Regional o vernacular: utucuro, huarmi caspi, zapote del mono.

Nombre Comercial: Utucuro.

Nombre Científico: *Septotheca tessmannii*.

Sinónimos: No tiene.

Símbolo: SEPT (según NTP 251.006).

Familia: MALVACEAE.

- **Descripción botánica**

Árbol alto de hasta 40 m de altura y 90 cm de diámetro, tronco cilíndrico con aletas delgadas, que pueden alcanzar los 3 m,

superficie del tronco de color pardo grisáceo; corteza muerta leñosa que se desprende en placas largas o redondas, dejando cicatrices cóncavas, dando la apariencia de martillazos; ramas jóvenes lepidotas, hojas muy grandes, alternas, simples, 40-50 cm de longitud, incluyendo el pecíolo; coriáceas, elípticas, base cordada, márgenes enteros; pinnadas nervadas, venas secundarias sub-opuestas. Inflorescencias axilares, pedunculadas. Flores subumbeladas, poseen 5 pétalos; grandes, color amarillo. Fruto cápsula loculicida, leñosa, de hasta 15 cm de longitud, se abre longitudinalmente en 5 partes. Semillas numerosas, aladas, 2,5 cm de largo por 0,8 cm de ancho. Posee una madera de buena calidad.

- **Distribución**

Septotheca es un género monotípico. La única especie, *Septotheca tessmannii* (utucuro), se encuentra en Brasil, Ecuador, Perú y Colombia en bosques por debajo de los 500 msnm, en selvas bajas inundables. Crece en Huánuco, Loreto y Ucayali. Se halla en el ámbito de (bh-T), en bosques primarios no inundados de la Amazonía de los ríos Ucayali y Pachitea, así como los alrededores de la laguna de Yarinacocha.

- **Características de la madera**

Color 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.

Olor: Sin olor.

Sabor: Sin sabor.

Brillo: Medio.

Textura: Media.

Veteado: Arcos superpuestos (sec. Tang.) Líneas verticales (sec. Rad.).

Grano: Recto.

La Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral - AIDER (2012), realizó ensayos de resistencia mecánica de la madera de Utucuro, cuyos resultados son:

- **Propiedades físicas**

Densidad Básica: 0.52 g/cm³.

Contracción Volumétrica: No determinado.

Relación T/R: No determinado.

Contracción Tangencial: No determinado.

Contracción Radial: No determinado.

- **Propiedades mecánicas**

Módulo de Elasticidad en flexión: 95 000 tn/cm²

Módulo de Ruptura en flexión: 712 kg/cm²

Compresión Paralela: 376 kg/cm²

Compresión Perpendicular: 37 kg/cm²

Corte paralelo a las Fibras: 29 kg/cm²

Dureza de lados: 409 kg/cm²

- **Durabilidad natural y usos**

La Cámara Nacional Forestal (2016) indica algunas características de la madera de utucuro, tales como:

Durabilidad natural: Moderadamente susceptible al ataque biológico.

Usos: Carpintería de obra, estructuras livianas, molduras.



Figura 8. Madera de utucuro (ITTO, 2016)

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

2.2.1. Contenido de humedad de la madera

Cáceres (2009), señala que la madera en los árboles tiene un contenido de humedad máximo comprendido entre 30 y 200%, dependiendo de la especie.

Madera21 (2016), indica que la madera verde es aquella que ha sido recientemente cortada, por lo cual tiene un contenido interno de humedad muy superior (más del 100%) al de la madera que ha recibido algún tipo de tratamiento de secado. Para los proyectos de construcción y muebles, la madera verde definitivamente no es la mejor opción. La naturaleza inestable del secado de la madera naturalmente puede deformar e incluso romper la integridad estructural de la construcción.

El contenido de humedad de madera verde de 100% significa que es más flexible, por lo que es idónea para trabajar con el torno, facilitando el tallado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuanto más verde sea la madera, más probable es que se deforme o incluso que se agriete al secarse la humedad.

Vizcarra (1998), menciona su contenido de humedad, varias denominaciones, tal como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1. Denominación del estado de la madera según el contenido de humedad

Denominación del estado de la madera	Nivel de humedad	Lugar de ubicación
Madera verde	80% >	Bajo cubierta en el bosque
Madera húmeda	25% - 80%	Recién cortada, en patio de trozas o a la interperie
Madera poco seca	20% - 25%	Aire libre
Madera seca al aire	15% - 20%	Bajo techo
Madera muy seca	8% - 15%	Interiores
Madera anhidra	0%	Laboratorio

Taquire (1987), estudió las propiedades físicas de la *Guazuma crinita* Mart. (Bolaina Blanca) y determinó que el contenido de humedad en la parte basal (71.69%) y superior (69.98%) son homogéneos, siendo el de mayor valor el de la parte basal, localizándose el valor mínimo en la parte media del árbol (62,85%).

2.2.2. Densidad aparente

Pereyra y Gelid (2017), manifiestan que la densidad aparente de la madera, es decir la relación del peso al volumen de la muestra de madera sin descontar los espacios huecos internos. La densidad constituye unas de las propiedades físicas de la madera, y de ella dependen la mayoría de sus características físicas y mecánicas, sirviendo en la práctica como referencia para clasificarlas.

Taquire (1987) estudió las propiedades físicas de la *Guazuma crinita* Mart. (Bolaina Blanca) y determinó que la variación a nivel longitudinal la densidad anhidra es mayor en la parte basal decreciendo en la parte media, pero no existiendo diferencia marcada entre la parte superior y la parte media; la contracción volumétrica es mayor en la parte basal, mientras, que en la parte media y superior del tronco son homogéneos,

2.2.3. Contracción

La contracción de la madera es toda disminución de las dimensiones de una pieza de madera como consecuencia de la entrega

de agua al medio ambiente. Hay que distinguir entre una contracción normal y otra anormal. La normal generalmente se inicia cuando el contenido de humedad de la madera está bajo el punto de saturación de las fibras y se manifiesta como una disminución armónica de sus dimensiones, debido a la pérdida de agua ligada a las paredes de la célula. La anormal en cambio, denominada también colapso, se manifiesta como alteraciones acentuadas en la dimensión y forma de la madera. Ocurre cuando el contenido de humedad está sobre el punto de saturación de las fibras. (Juacida e Inzunza, 1990)

La contracción normal de la madera ocurre en forma diferente dependiendo el plano que se analice. Esto debido a que la madera es un material anisotrópico. De esta forma se puede indicar que la contracción tangencial es mayor que la radial y ésta, a su vez mayor que la longitudinal. (Juacida e Inzunza, 1990)

Según la norma Nch176/3 (1986) la contracción normal es la disminución de las dimensiones que sufre la madera al perder humedad bajo el punto de saturación de las fibras, expresada como porcentaje de la disminución de la madera al estado verde.

El colapso es la disminución irregular de dimensiones que sufre la madera de algunas especies al perder humedad en las primeras etapas de secado sobre el punto de saturación de las fibras, que se caracteriza por el aplastamiento de las paredes. La teoría para explicar de forma simple el fenómeno de contracción de la madera se fundamenta en dos hipótesis. En primer lugar, se supone que los lúmenes de las células no alteran su tamaño cuando absorben o pierden agua. Mediciones efectuadas en los lúmenes de madera de *Picea sp* y *Betula sp*, mostraron cambios despreciables en sus dimensiones por variaciones en el contenido de humedad higroscópica.

La Universidad Nacional de Jujuy (2012), indica que de la contracción volumétrica total, mide la contracción volumétrica entre los

estados de saturación y anhidro, La contracción volumétrica entre dos estados de humedad viene dado por el porcentaje de variación de volumen entre los dos estados. La medida de contracción volumétrica no es suficiente para determinar la calidad de una madera. Es preciso saber cómo se comporta bajo la influencia de las variaciones de humedad próximas a la humedad normal, que es, en general, la que corresponde al ambiente de empleo de la madera. El mismo autor precisa que las maderas se clasifican de acuerdo a la contracción volumétrica: de gran contracción de 20 al 15%, de contracción media de 15 al 10% y de pequeña contracción de 10 al 5%.

La Universidad Católica del Norte (2009), manifiesta que la madera cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la dirección axial o de las fibras, no pasa del 0.8%; de 1 a 7.8%, en dirección radial, y de 5 a 11.5%, en la tangencial. La contracción es mayor en la albura que en el corazón, originando tensiones por desecación que agrietan y alabean la madera.

El secado de la madera forma parte de una serie de procesos que participan en la transformación de la madera, y como todo proceso, es determinante en la calidad del producto final. Por lo anterior, Álvarez y Fernández-Golfín (1992) definen la calidad del secado como las propiedades y posibles defectos presentes en la madera seca como consecuencia del proceso de secado. También explican que ésta calidad está influenciada por las características de calidad de la madera que se va a secar. La calidad final de la madera está determinada por las deformaciones y defectos que se puedan originar por la elección de un tratamiento de secado. (Juacida e Inzunza, 1990)

La calidad del secado está influenciada por los atributos propios de la madera y por las características del secado como: contenido de humedad final; variación del contenido humedad tanto dentro de la tabla como dentro de la pila; tensiones de secado; grietas superficiales, internas y de testa; colapso; diferentes tipos de deformaciones y cambios de color o manchas. (Fuentes, 1994)

El secado artificial de la madera es un proceso que permite disminuir el contenido de humedad de la madera aserrada a un contenido final deseado, en donde participan simultáneamente mecanismos de transferencia de calor y la velocidad del aire, produciendo la evaporación de humedad del interior de la madera. (INFOR, 1999)

El secado en cámara ofrece una serie de ventajas para la utilización final de las maderas, estos beneficios se traducen en lo siguiente: se disminuyen los costos de transporte al llevar un menor peso para un mismo volumen, mejora de las resistencias, salvo la resistencia al impacto o choque; mejora la capacidad de resistir el ataque de hongos y algunas especies de insectos. Después de haber sido secada hasta los niveles deseados, la madera es más estable respecto a los cambios de dimensiones que puede sufrir por modificación de la humedad en el aire que la rodea; un adecuado contenido de humedad final y una buena estabilidad dimensional, garantizan otros procesos, por ejemplo para recibir la aplicación de adhesivos o productos de terminación como pinturas y barnices. (Tuset y Durán, 1979)

Aunque esta suposición no es válida para todas las maderas, ya que en algunas los lúmenes disminuyen de tamaño mientras que en otras aumentan cuando varía su contenido de humedad, para la mayoría de los casos puede considerarse como una suposición razonable. Con la premisa de un área de lumen constante, el cambio en el volumen de una pieza de madera será entonces igual al volumen de agua fija o higroscópica absorbida o removida de la pared celular. En segundo lugar, para todas las maderas se supone que el contenido de humedad en el punto de saturación de las fibras es constante, estimándose un valor de 30% para este punto. (Junta de Acuerdo de Cartagena - JUNAC, 1989)

La derivación de expresiones matemáticas para cuantificar los valores de la contracción en función de la densidad, densidad relativa y contenido de humedad, se realiza a partir del modelo esquemático de la sección transversal de una célula, en condición seca al horno, ideado por (Siau, 1984).

Así mismo, el autor agrega que la anisotropía trae como consecuencia diferentes valores para la contracción en las tres direcciones u orientaciones de la madera: tangencial, radial y longitudinal. La contracción longitudinal de la madera normal desde la condición verde a seca al horno, fluctúa entre 0.1% y 0.9% y puede ser mucho más alta en madera juvenil, madera de compresión o madera de tensión. Se ha encontrado además que para una misma especie la contracción longitudinal varía inversamente con la densidad, por lo que se concluye que aquellas piezas de madera con densidad anormal menor, se contraen más a lo largo del grano que las piezas más pesadas de la misma especie. En coníferas de rápido crecimiento la contracción longitudinal es usualmente excesiva.

También indica que en la dirección tangencial, los límites de la contracción para el secamiento de la condición verde a seca al horno, son 3.5% a 15% de la dimensión verde. Los valores comparables para la contracción radial, son 2.4% a 11%. El menor valor de la contracción radial ha sido atribuido a los siguientes factores: Una restricción en la contracción en sentido radial debido a la disposición perpendicular de las células radiales.

La presencia alternada de bandas de madera temprana de baja densidad y madera tardía de alta densidad. El efecto de estas dos bandas es acumulativo en la dirección tangencial, mientras que en dirección radial la madera tardía, más densa, es restringida por la madera temprana, estableciendo un cierto equilibrio. Para efectos del cálculo de la contracción total, normalmente se desprecia el valor de la contracción longitudinal (Siau, 1984) y se utilizan solo aquellos de la contracción tangencial y radial.

Se define como la relación entre la contracción tangencial y la contracción radial. El cálculo de esta relación es de gran importancia en la utilización de la madera por cuanto puede determinar la aptitud de una determinada especie para un propósito específico.

Un ejemplo típico es la excepcionalmente baja contracción diferencial de la caoba centroamericana (*Swietenia macrophylla*), que agregada a su baja contracción total, la convierte en una madera particularmente apropiada para ciertos usos especiales como trabajos de ebanistería y piezas talladas.

La contracción diferencial tiene que ver con la distorsión que se presenta en la madera durante el secado, ya que tanto la contracción total, como la relación entre las contracciones tangenciales y radiales, son factores que en alto grado determinan la magnitud de los movimientos que se presentan internamente en los diferentes elementos que componen la madera, cuando se está secando.

Para la obtención de piezas aserradas secas de un tamaño determinado, es necesario restar a la dimensión de la madera verde, un porcentaje debido a la contracción de las piezas, por cepillado y por variación en el corte (ver figura 9).

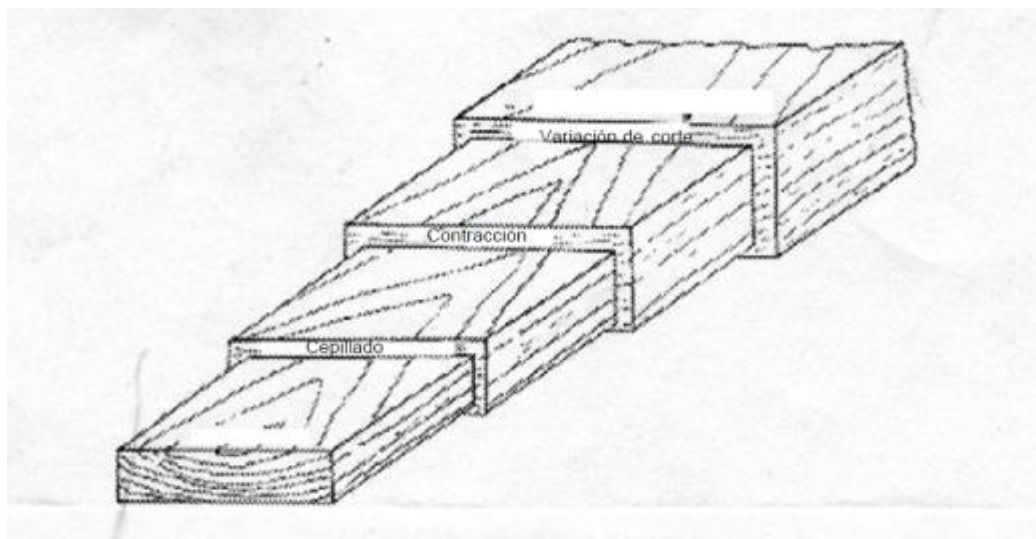


Figura 9. Esquema de la merma de volumen en los distintos procesos

La suma de estos tres componentes corresponde a la dimensión inicial, a la cual se debe cortar la pieza verde. Generalmente los aserraderos incluyen más madera que la necesaria por una estimación deficiente de la sobre medida. (INFOR, 1989)

Algunas de las sobredimensiones mencionadas son controlables. La contracción sin embargo no es controlable, sin embargo, ésta se puede estimar considerando la especie, humedad final, tipo de corte y densidad.

En todos los países alrededor del 70% del costo total de aserrado corresponde al costo de la materia prima. De este modo, cualquier variación en el grado de aprovechamiento de la materia prima afecta decisivamente en la rentabilidad del proceso. (Devlieger; Baettig, 1999)

2.2.4. Contenido de humedad de equilibrio higroscópico

Se recomienda con carácter general que la madera para uso estructural se instale en obra con un contenido de humedad no superior al 20%. Con el fin de reducir al mínimo posible los fenómenos de hinchazón y merma hay que procurar una humedad de la madera lo más próxima posible a la humedad de equilibrio que se espera en las condiciones ambientales en que se va a encontrar la madera en servicio. Si bien unos valores ajustados pueden obtenerse en la bibliografía técnica especializada, la tabla inferior ofrece unos valores orientativos de la humedad de equilibrio dependiendo del ambiente.

Emer (2015), indica que el contenido de humedad-equilibrio de la madera estimado (CHE) en Puerto Maldonado alcanza un promedio 13,19% y en Huánuco 12,77%. El contenido de humedad-equilibrio tuvo una clara variabilidad tanto por especies como estaciones de verano, otoño, invierno y primavera, lo que indica que hay diferencia matemática.

Sedano (2006), señala que la humedad de la madera permanece constante en un ambiente donde el aire tiene una temperatura de bulbo seco (TBS) y humedad relativa (HR) constantes. Esta humedad no depende de la especie del árbol. Con este criterio se ha determinado la humedad de equilibrio promedio de la madera en diferentes lugares del Perú. Arequipa 10,60%, Cusco 11,80%, La Molina 14,50%, Lima 15%, Selva Central 14,60% y Trujillo 17% e Iquitos 16,80% (Tabla 2).

Tabla 2. Humedad de equilibrio promedio de la madera en diferentes lugares del Perú

Departamento	Temperatura media anual (%)	Humedad Relativa media anual (%)	Humedad de Equilibrio Higroscópico (%)
Arequipa	16,40	55	10,60
Cusco	11,80	64	11,80
La Molina	23,20	75	14,50
Lima	19,00	75	15,00
Selva Central	21,60	75	14,60
Trujillo	20,50	81	17,00
Iquitos	26,70	80	16,80

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR (2003) manifiesta que en el Perú, tenemos una variedad de climas y estaciones, que van desde los húmedos tropicales (Selva), a los secos temperados (Sierra), a los secos - húmedos (Costa) presentando una gran variabilidad de contenido de humedad de equilibrio higroscópico; precisa además, que en la zona de Pucallpa en época seca alcanza los 14% y en época seca los 16%.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

El Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR (2009) define:

- **Ancho:** Es la mayor dimensión de la sección transversal (escuadría) de una pieza de madera.
- **Clasificación por dimensiones:** Es la que se realiza considerando las dimensiones de las piezas de madera como principal requisito.
- **Defecto de aserrío:** Variación de las dimensiones de una pieza de madera por encima de los estándares permitidos como resultado de una operación de aserrío mal realizada. Los principales defecto de aserrío son el descalibrado (la falta de medida y la sobre medida) y la marca de sierra.

- **Dimensión nominal:** Dimensión (espesor, ancho y largo) que las piezas de madera deben tener a un contenido de humedad de 20%. Algunas tolerancias pueden ser permitidas para la dimensión nominal.
- **Dimensión real:** Dimensión (espesor, ancho y largo) que las piezas tienen efectivamente en el acto de clasificación.
- **Dimensión final:** Es aquella (espesor, ancho y largo) que tiene una pieza de madera que ha sido cepillada a un contenido de humedad especificado.
- **Madera aserrada:** Pieza en forma de un paralelepípedo regular, obtenida de una troza de madera a través de cortes longitudinales y/o transversales, realizado por medio de sierras manuales y/o mecánicas.
- **Sobre medida:** Exceso en espesor, ancho y largo, excluyendo la tolerancia por defectos, irregularidades de aserrío o contracción por secado.
- **Sobre largo:** Exceso de largo, que es igual al largo real menos el largo nominal.
- **Sobre espesor:** Exceso de espesor, que es igual a espesor real menos el espesor nominal.
- **Sobre ancho:** Exceso en ancho; que es igual al ancho real menos el ancho nominal.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación que se utilizó fue de tipo experimental y correlacional. Experimental porque el factor especies tuvo una variación a criterio del investigador y correlacional porque se analizó la variación de la densidad aparente de la madera en función del contenido de humedad.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población de cada especie, estuvo constituido por el número de trozas que ingresaron el primer trimestre del 2018 a los aserraderos seleccionados en los distritos de Manantay y Callería.

3.2.2. Muestra

La muestra de cada especie, estuvo constituida por 10 trozas elegidas al azar, tratando en lo posible de que las trozas representen a 10 árboles. El tipo de muestreo conglomerado de 3 niveles:

- Primer conglomerado: Trozas (al azar).
- Segundo conglomerado: Piezas de madera aserrada (al azar).
- Tercer conglomerado: probetas (al azar).

3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El instrumento utilizado para la obtención de datos fue la observación directa de laboratorio, apoyado por una ficha de observación pre-establecida.

3.3.1. Equipos y materiales de campo

Los materiales, equipos y maquinaria utilizados en el desarrollo de

la investigación fueron:

- **Materiales:**
 - Trozas de madera.
 - Cinta métrica.
 - Pintura esmalte.
 - Cinta métrica de 50 m.
 - Formatos.

- **Equipos:**
 - Cámara digital ciber shoot.
 - Calibradores digitales.
 - Estufa.

- **Insumo:**
 - Pilas alcalinas.

- **Otros:**
 - Movilidad.

3.4. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Selección de aserraderos

Se seleccionaron cinco aserraderos de características similares en los distritos de Manantay y Callería, para disminuir el riesgo de que las trozas pertenezcan al mismo árbol.

3.4.2. Selección de trozas

Se tomaron aleatoriamente 21 trozas por especie y por aserradera, haciendo un total de 10 trozas por especie.

3.4.3. Aserrío y selección de piezas de madera

Se aserraron las trozas con sierra de cinta y se eligieron 2 piezas

de madera al azar, codificándolos con dos números, el primero indicaba el número de troza (X) y el segundo el número de pieza de la troza (Y).

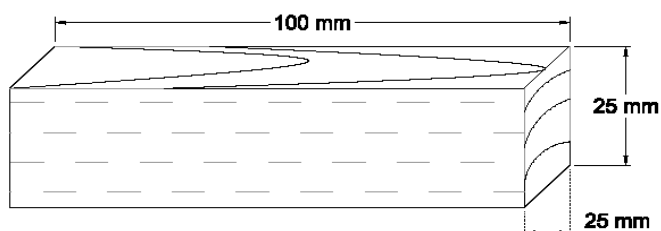
X - Y

3.4.4. Preparación de probetas

Las piezas de madera de las ocho especies fueron transportadas hacia el taller de carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali, para la elaboración de probetas, para los ensayos de algunas propiedades físicas como: contenido de humedad, contracción y densidad de la madera. De cada pieza de madera se obtuvo 2 probetas por pieza de madera, haciendo un total de 40 probetas por especie.

10 trozas x 2 piezas x 1 probetas = 20 probetas/troza

Las dimensiones de las probetas, estuvo en acorde con la norma ASTM D143-94, las dimensiones de las probetas fueron de 2,5 cm x 2,5 cm x 10 cm.



3.4.5. Ensayos de laboratorio

- **Peso húmedo de la madera**

Las probetas de madera húmedas fueron pesadas en una balanza de precisión, inicialmente se realizó todo los días, luego se hizo interdiario, después cada 3 días y finalmente cada semana hasta cuando el peso de las probetas se estabilizaron, es decir hasta que la humedad de la madera alcanzó la humedad de equilibrio higroscópico del aire.

- **Peso seco al horno**

Una vez que las probetas alcanzaron la humedad de equilibrio higroscópico, las probetas fueron introducidas en una estufa a 103 ± 2 °C de temperatura, hasta que la madera pierda el agua higroscópica y se registró el peso seco al horno o peso anhidro. Antes de pesar las probetas fueron enfriadas en un desecador con material higroscópico (CaCl), para evitar la absorción de la humedad del ambiente.

- **Volumen de las probetas**

Las probetas de madera húmedas fueron medidas con un calibrador digital, tanto el ancho, el espesor y el largo para la obtención del volumen de la probeta; las mediciones inicialmente se realizó todo los días, luego fue interdiario, después cada 3 días y finalmente cada semana, hasta cuando la dimensiones de las probetas se estabilizaron, seguros de que las probetas habían alcanzado el 0% de contenido de humedad.

3.5. PROCESAMIENTO DE DATOS

3.5.1. Determinación del contenido de humedad (CH)

Se hizo un seguimiento de la pérdida de humedad, hasta obtener una madera con contenido de humedad en equilibrio higroscópico del aire y luego hasta al 0% de contenido de humedad. Este ensayo se realizó de acuerdo a lo establecido por la Norma NTP 251.010-1980.

$$CH \% = \frac{(PH - PS)}{PS} 100$$

Dónde:

CH = Contenido de humedad en %

PH = Peso húmedo (de cada probeta) en g.

PS = Peso seco (de cada probeta en) en g.

3.5.2. Determinación de la densidad aparente

Densidad anhidra. Para calcular la densidad anhidra o seca al horno, se relacionará el peso seca al horno (Psh) y el volumen seca al horno (Vsh), utilizando la siguiente expresión:

$$DSh = \frac{Psh \text{ (CH } \approx 0\% \text{) (g/cm}^3\text{)}}{Vsh \text{ (CH } \approx 0\% \text{)}}$$

Dónde:

Dsh = Densidad seca al horno (g/cm³).

Psh = Peso seco al horno, a 0% de CH, (g).

Vsh = Volumen seco al horno con contenido de humedad a 0% (cm³).

Densidad seca al aire o de servicio. Se determinó con probetas de madera previamente acondicionadas en un ambiente (Laboratorio de Tecnología de la Madera de la UNU), cuyo peso (Psa) y volumen seca al aire (Vsa), se encontraba en equilibrio con la humedad de equilibrio higroscópico del aire que lo rodea. La densidad seca al aire se determinó según la Norma NTP 251.011 aplicando la siguiente fórmula:

$$Dsa = \frac{Psa \text{ (CH } \approx 12\% \text{) (g/cm}^3\text{)}}{Vsa \text{ (CH } \approx 12\% \text{)}}$$

Dónde:

Dsa = Densidad en estado seca a aire (g/cm³).

Psa = Peso seco al aire con CH aproximado de 12% (g).

Vsa = Volumen seco al aire con CH aproximado de 12% (cm³).

3.5.3. Contracción volumétrica

Contracción volumétrica total. La contracción volumétrica total de la madera fue evaluada tal como lo establece la norma NTP 251.012.2004 y para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$CVt = \frac{(Dvh - Dva) \times 100}{Dvh}$$

Dónde:

CVt = Contracción volumétrica total (%).

Dvh = Dimensión volumétrica húmedo o saturado con CH > a 30% (cm³).

Dva = Dimensión volumétrica seca al horno o anhidro con CH de Aprox. de 0% (cm³).

Contracción volumétrica de servicio o seca al aire. La contracción volumétrica seca al aire o de servicio de la madera fue evaluada tal como lo establece la norma NTP 251.012.2004 y para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$CVS = \frac{(Dvh - Dvs) \times 100}{Dvh}$$

Dónde:

CVS = Contracción volumétrica de servicio o seca al aire (%).

Dvh = Dimensión volumétrica húmedo o saturado con CH > a 30% (cm³).

Dvs = Dimensión volumétrica seca al aire o de servicio con humedad en equilibrio higroscópico del aire, aproximadamente 15% (cm³).

3.6. TRATAMIENTOS DE DATOS

3.6.1. Relación entre el contenido de humedad y la densidad aparente

Para verificar si existe relación significativa entre las variables de contenido de humedad y la densidad aparente de la madera de cada una de las especies, se realizó el análisis de correlación y regresión, teniendo como variables:

- **Variable Independiente (X)**
Contenido de humedad de la madera (%).
- **Variable Dependiente (Y)**
Peso de la madera (kg/pt).

3.6.2. Elaboración de una tabla para estimar el peso de la madera en función de la especie y el contenido de humedad de utilización

Para estimar el peso unitario (kg/pt) de la madera de ocho especies forestales a diferentes contenidos de humedad utilizados como material de construcción, se elaboró una tabla de dos entradas, con las variables: Contenido de humedad y Especies forestales.

3.6.3. Estimación del peso de la madera seca al aire en función a la sección de piezas preferenciales

Para determinar el peso por metro lineal de la madera de ocho especies forestales seca al aire o con humedad en equilibrio higroscópico del aire (Pucallpa 16% CH de equilibrio higroscópico), se elaboró una tabla de dos entradas en función a la sección preferencial (JUNAC, 1984) y las especies forestales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONTENIDO DE HUMEDAD SATURADA DE LA MADERA

La tabla 3 y la figura 10, muestran los promedios del contenido de humedad saturada de la madera de ocho especies forestales, utilizadas por sus propiedades como madera estructural y no estructural.

Tabla 3. Contenido de humedad de la madera de ocho especies forestales

Especie	N° de Obs.	\bar{X} (%)	S (%)	CV (%)
Cachimbo rojo	10	100.4	8.6	8.5
Utucuro	10	84.3	3.7	4.4
Huayruro	10	75.9	9.5	12.6
Aguano masha	10	67.2	5.0	7.4
Quinilla colorada	10	48.5	1.5	3.2
Tornillo	10	48.5	8.2	16.9
Shihuahuaco	10	47.7	2.2	4.6
Capirona	10	43.4	2.2	5.1

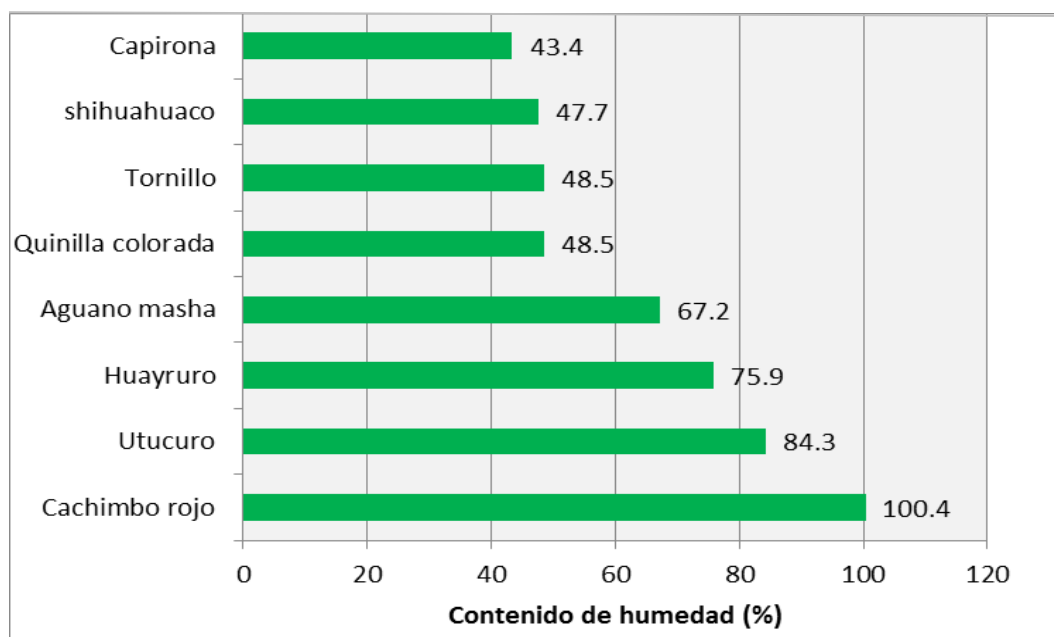


Figura 10. Contenido humedad saturada de la madera de ocho especies forestales

Los resultados ponen en evidencia que la madera de *Cariniana domesticata* (Mart.) Miers (Cachimbo rojo), es la especie que se encontró en el aserradero con el contenido de humedad más elevado con 100.4%, seguida de la madera de *Septotheca tessmannii* Ulbr. (Utucuro) con 83.4%. Por el contrario las maderas con contenido de humedad saturada más bajas fueron la madera de las especies *Dipteryx odorata* Harms (Shihuahuaco) con 47.7% y *Calycophyllum Sprucearum* (Benth.) Hook (Capirona) con 43.4%.

Con la finalidad de determinar si existe diferencias significativas entre los promedios del contenido de humedad saturada de la madera de ocho especies forestales se realizó el análisis de varianza (ANVA) de un factor, cuyo resumen lo muestra la tabla 4.

Tabla 4. Resumen del ANVA del contenido de humedad saturada de la madera de ocho especies forestales

Fuente de variación	gl	SC	CM	Fobs	Ftab $\alpha=0.01$	Nivel signif.
Especies	7	30603.6	4371.94	123.92	2.88	**
Error	72	2540.1	35.28			
Total	79	33143.7				

En la tabla 4, se observa que existe diferencias altamente significativas entre los promedios del contenido de humedad saturada de las ocho maderas y para determinar entre que especies se encuentra las diferencias, se realizó la prueba múltiple de medias de Tukey, cuyo resumen se detalla en la tabla 5.

Según la tabla 5, la madera de las ocho especies forestales de acuerdo a su contenido de humedad saturada, se puede agrupar en 6 categorías. En la categoría A se posesionó la madera de cachimbo rojo con el contenido de humedad saturada más alta (100.04%), en la categoría B el utucuro (84.3%), en la categoría C la madera de huairuro (75.9%), en la categoría D la madera de aguano masha (67.2%) y en la categoría E se

posesionaron la madera de 3 especies: quinilla colorada (48.5%), el tornillo (48.5%) y el shihuahuaco (47.7%), finalmente en la categoría F, se encontró la madera de capirona (43.4%), la que presenta el menor contenido de humedad saturada.

Tabla 5. Resumen de la prueba de Tukey del contenido de humedad saturada

Especie	CV (%)	A	B	C	D	E	F
Cachimbo rojo	100.4	A					
Utucuro	84.3		B				
Huayruro	75.9			C			
Aguano masha	67.2				D		
Quinilla colorada	48.5					E	
Tornillo	48.5					E	
Shihuahuaco	47.7					E	
Capirona	43.4						F

Lo valores de contenido de humedad de la madera de las ocho especies forestales, se encuentra dentro del rango mencionado por Cáceres (2009), quien señala que la madera en los árboles tiene un contenido de humedad máximo comprendido entre 30 y 200%. Por su parte Madera21 (2016), sostiene que la madera verde es aquella que ha sido recientemente cortada, por lo cual tiene un contenido interno de humedad muy superior más del 100% al de la madera que ha recibido algún tipo de tratamiento de secado. Para los proyectos de construcción y muebles, la madera verde definitivamente no es la mejor opción. La naturaleza inestable del secado de la madera naturalmente puede deformar e incluso romper la integridad estructural de la construcción. El contenido de humedad de madera verde de 100% significa que es más flexible, por lo que es idónea para trabajar con el torno, ya que se comporta bien al cincelado. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuanto más verde sea la madera, más probable es que se deforme o incluso que se agriete al secarse la humedad.

4.2. DENSIDAD APARENTE DE LA MADERA

4.2.1. Densidad aparente anhidra o seca al horno

La tabla 6 y la figura 11, muestran los promedios de la densidad anhidra o seca al horno de la madera de ocho especies forestales, utilizadas por sus propiedades como madera estructural y no estructural.

Tabla 6. Densidad anhidra de la madera de ocho especies forestales

Especie	N° de obs.	\bar{X} (g/cm ³)	s (g/cm ³)	CV (%)
Tornillo	10	0.51	0.02	3.5
Cachimbo rojo	10	0.56	0.03	4.5
Utucuro	10	0.74	0.06	8.0
Huayruro	10	0.75	0.06	7.4
Aguano masha	10	0.79	0.04	5.1
Capirona	10	0.92	0.02	2.5
Shihuahuaco	10	0.96	0.02	1.9
Quinilla colorada	10	1.00	0.01	1.5

Los resultados indican que la madera de *Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke (Tornillo), es la especie que presentó la menor densidad anhidra con 0.51 g/cm³, seguido de la madera de *Cariniana domesticata* (Mart.) Miers (Cachimbo rojo) con 0.56 g/cm³; mientras que las maderas más densas fueron *Manilkara bidentata* (A.D.C) A. Chev (Quinilla colorada) con 1 g/cm³ y la madera de *Dipteryx odorata* Harms (Shihuahuaco) con 0.96 g/cm³.

Con la finalidad de determinar si existe diferencias significativas entre los promedios de la densidad anhidra o seca al horno de la madera de ocho especies forestales se realizó el análisis de varianza (ANVA) de un factor, cuyo resumen lo muestra la tabla 7.

Tabla 7. Resumen del ANVA de la densidad anhidra de la madera de ocho especies forestales

Fuente de variación	gl	SC	CM	Fobs	Ftab $\alpha=0.01$	Signif.
Especies	7	2.258	0.322522	251.18	2.88	**
Error	72	0.092	0.001284			
Total	79	2.350				

La tabla 7, muestra que existe diferencias altamente significativas entre los promedios de la densidad anhidra de las ocho maderas y para determinar entre que especies se encuentra las diferencias, se realizó la prueba múltiple de medias de Tukey, cuyo resumen se detalla en la tabla 8.

Tabla 8. Resumen de la prueba de Tukey de la densidad anhidra

Especie	$\bar{X}(g/cm^3)$	A	B	C	D	E	F
Quinilla colorada	1	A					
Shihuahuaco	0.96		B				
Capirona	0.92			C			
Aguano masha	0.79				D		
Huayruro	0.75				D		
Utucuro	0.74				D		
Cachimbo rojo	0.56					E	
Tornillo	0.51						F

Según la tabla 8, la madera de las ocho especies forestales de acuerdo a su densidad anhidra o seca al horno, se agrupó en seis categorías. En la categoría A se posesionó la madera de quinilla colorada con la densidad anhidra más alta de 1 g/cm³, en la categoría B el shihuahuaco con 0.96 g/cm³, en la categoría C la madera de capirona con 0.92 g/cm³, en la categoría D se posesionaron las maderas de aguano masha con 0.79 g/cm³, huayruro con 0.75 g/cm³ y el utucuro con 0.74 g/cm³, en la categoría E la madera de cachimbo rojo con 0.56 g/cm³, finalmente en la categoría F se encontró la madera de tornillo con 0.51 g/cm³, la que presentó la menor densidad anhidra.

La densidad aparente anhidra o seca al horno de las maderas es una densidad teórica, que simplemente se puede obtener en un momento dado e inmediatamente la madera como todo material higroscópico, comienza a ganar humedad hasta equilibrarse con la humedad del aire o del medio que lo rodea.

A todo esto, Vignote (2017), menciona que la densidad aparente tanto el peso como el volumen de la madera están afectados por el porcentaje de humedad, al hablar de densidad aparente se debe siempre significar la humedad a la que está hecha la medida, es decir que se debe hablar de densidad de la madera a una determinada humedad como puede ser el 0% (densidad anhidra), del 12% (densidad normal) o a otra humedad de la madera.

4.2.2. Densidad seca al aire o de servicio

Tabla 9. Densidad seca al aire o de servicio de la madera de ocho especies forestales

Especie	N° de obs.	\bar{X} (g/cm³)	s (g/cm³)	CV (%)
Quinilla colorada	10	1.05	0.02	1.5
Shihuahuaco	10	1.00	0.02	1.7
Capirona	10	0.96	0.02	1.6
Aguano masha	10	0.85	0.04	4.9
Huayruro	10	0.78	0.05	6.9
Utucuro	10	0.78	0.06	7.4
Cachimbo rojo	10	0.60	0.02	3.6
Tornillo	10	0.55	0.02	3.4

La tabla 9 y la figura 11, muestran los promedios de la densidad seca al aire o de servicio de la madera de ocho especies forestales, es decir cuando la humedad de la madera se igualó con la humedad en equilibrio higroscópico del aire, en un ambiente cerrado de laboratorio.

Los resultados indican que las maderas más densas fueron *Manilkara bidentata* (A.D.C) A. Chev (Quinilla colorada) con 1.05 g/cm³ y

Dipteryx odorata Harms (Shihuahuaco) con 1.00 g/cm³; mientras que la madera de *Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke (Tornillo), es la especie que presentó la menor densidad seca al aire o de servicio con 0.55 g/cm³, seguido de la madera de *Cariniana domesticata* (Mart.) Miers (Cachimbo rojo) con 0.60 g/cm³.

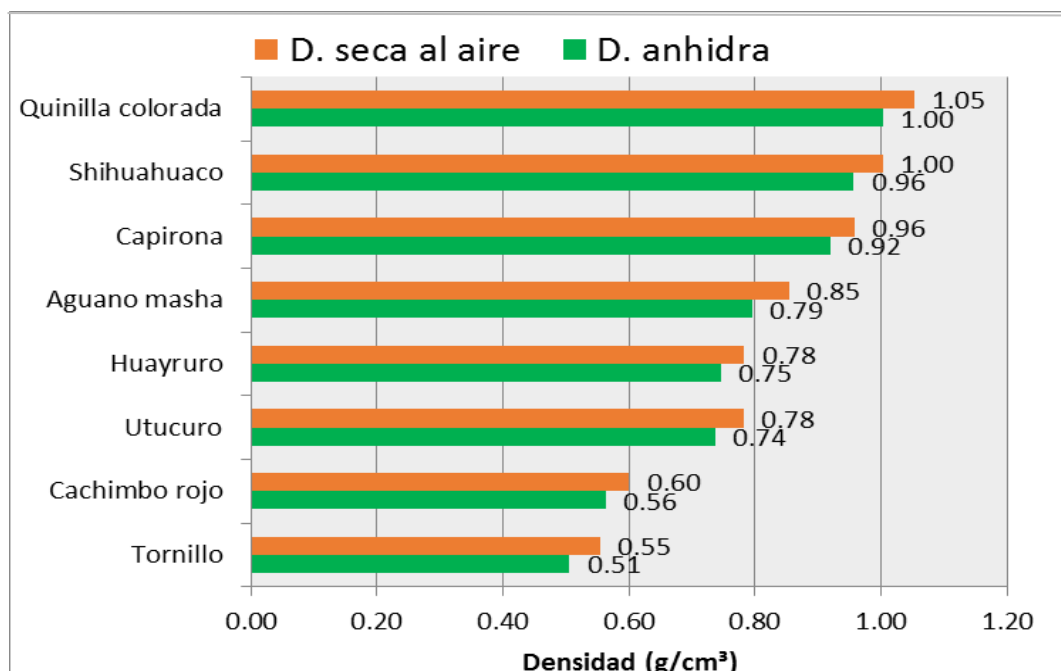


Figura 11. Densidad anhidra y seca al aire de la madera de ocho especies forestales

Con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de la densidad seca al aire o de servicio la madera de ocho especies forestales, se realizó el análisis de varianza (ANVA) de un factor, cuyo resumen lo muestra la tabla 10.

Tabla 10. Resumen del ANVA de la densidad seca al aire de la madera de ocho especies forestales

Fuente de variación	gl	SC	CM	Fobs	Ftab $\alpha=0.01$	Signif.
Especies	7	2.288	0.326863	272.21	2.88	**
Error	72	0.086	0.001201			
Total	79	2.374				

En la tabla 10, se observa que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de la densidad seca al aire o de servicio de las ocho maderas y para determinar entre que especies se encuentra las diferencias, se realizó la prueba múltiple de medias de Tukey, cuyo resumen se detalla en la tabla 11.

Tabla 11. Resumen de la prueba de Tukey de la densidad seca al aire

Espece	$\bar{X}(\text{g/cm}^3)$	A	B	C	D	E	F	G
Quinilla colorada	1.05	A						
Shihuahuaco	1		B					
Capirona	0.96			C				
Aguano masha	0.85				D			
Huayruro	0.78					E		
Utucuro	0.78					E		
Cachimbo rojo	0.6						F	
Tornillo	0.55							G

Según la tabla 11 la madera de las ocho especies forestales de acuerdo a su densidad seca al aire o de servicio, se agrupó en siete categorías. En la categoría A se posesionó la madera de quinilla colorada con la densidad seca al aire más alta de 1.05 g/cm³, en la categoría B el shihuahuaco con 1 g/cm³, en la categoría C la madera de capirona con 0.96 g/cm³, en la categoría D la madera de aguano masha con 0.85 g/cm³, en la categoría E se posesionaron las maderas de huayruro y utucuro ambos con 0.78 g/cm³, en la categoría F la madera de cachimbo rojo con 0.60 g/cm³, finalmente en la categoría G, se encontró la madera de tornillo con 0.55 g/cm³, la que presentó la menor densidad seca al aire.

La densidad seca al aire o de servicio de las maderas, es la densidad que se utiliza en la práctica, porque la humedad de la madera tiende a equilibrarse con la humedad de equilibrio higroscópico del ambiente que lo rodea, incrementando su peso y por ende su densidad aparente.

La densidad seca al aire o de servicio es mayor que la densidad anhidra debido a que la madera como material higroscópico intercambia constantemente vapor de agua con la atmósfera que la rodea, de tal forma que a cada pareja de valores higrotérmicos del aire (temperatura y humedad relativa) le corresponde un contenido de humedad, denominado humedad de equilibrio higroscópico (HEH). Como el aire cambia de condiciones climáticas constantemente, este punto de equilibrio HEH, también cambia constantemente. La madera actúa como un regulador de humedad y como los cambios climáticos del aire se suceden continuamente, del día a la noche, la humedad de la madera también cambia continuamente, si bien en valores muy pequeños. (Morales, 2014)

Por su parte, Sedano (2006) señala que la humedad de la madera permanece constante en un ambiente donde el aire tiene una temperatura de bulbo seco (TBS) y humedad relativa (HR) constantes. Esta humedad no depende de la especie del árbol. Con este criterio se ha determinado la humedad de equilibrio promedio de la madera en diferentes lugares del Perú. Arequipa 10,60%, Cusco 11,80%, La Molina 14,50%, Lima 15%, Selva Central 14,60% y Trujillo 17% e Iquitos 16,80%.

A todo esto, Emer (2015) indica que el contenido de humedad-equilibrio de la madera estimado (CHE) en Puerto Maldonado alcanza un promedio 13,19% y en Huánuco 12,77%. El contenido de humedad-equilibrio tuvo una clara variabilidad tanto por especies como estaciones de verano, otoño, invierno y primavera, lo que indica que hay diferencia matemática. Por su parte el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo – MINCETUR (2003) manifiesta que en el Perú, tenemos una variedad de climas y estaciones, que van desde los húmedos tropicales (Selva), a los secos temperados (Sierra), a los secos - húmedos (Costa) presentando una gran variabilidad de contenido de humedad de equilibrio higroscópico; precisa además, que en la zona de Pucallpa en época seca alcanza los 14% y en época húmeda los 16%.

4.3. CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA

4.3.1. Contracción volumétrica total

La tabla 12 y la figura 12, muestran los promedios de la contracción volumétrica total de la madera de ocho especies forestales, es decir contracción hasta 0% de contenido de humedad.

Tabla 12. Contracción volumétrica total de la madera de ocho especies forestales

Especie	N° obs.	\bar{X} (%)	s (%)	CV (%)
Quinilla colorada	10	18.73	0.01	1.5
Utucuro	10	17.77	0.06	8.0
Shihuahuaco	10	17.48	0.02	1.9
Capirona	10	17.06	0.02	2.5
Huayruro	10	14.36	0.06	7.4
Cachimbo rojo	10	13.28	0.03	4.5
Tornillo	10	10.03	5.16	3.5
Aguano masha	10	9.73	0.04	5.1

Los resultados indican que la madera de *Manilkara bidentata* (A.D.C) A. Chev (Quinilla colorada), es la que presentó la mayor contracción volumétrica con 18.73%, seguido de la madera de *Septotheca tessmannii* Ulbr. (Utucuro) con 17.77%; mientras que las maderas de menor contracción fueron *Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke (Tornillo) con 10.03% y la madera de *Paramachaerium ormosioides* (Ducke) (Aguano masha) con 9.73%.

Con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de la contracción volumétrica total de las maderas de ocho especies forestales, se realizó el análisis de varianza (ANVA) de un factor, cuyo resumen lo muestra la tabla 12.

Tabla 13. Resumen del ANVA de la contracción volumétrica total de la madera de ocho especies forestales

Fuente de variación	gl	SC	CM	Fobs	Ftab $\alpha=0.01$	Signif.
Especies	7	874.698	124.957	38.65	2.88	**
Error	72	232.741	3.233			
Total	79	1107.439				

En la tabla 13, se observa que existe diferencias altamente significativas entre los promedios de la contracción volumétrica total de los ocho tipos de maderas y para determinar entre que especies se encuentra las diferencias, se realizó la prueba múltiple de medias de Tukey, cuyo resumen se detalla en la tabla 14.

En la tabla 14, se aprecia que la contracción volumétrica total de la madera de las ocho especies forestales, las que se agruparon en cuatro categorías. En la categoría A se posesionó las maderas de quinilla colorada y utucuro con contracción volumétricas más alta de 18.73% y 17.77% respectivamente, en la categoría B nuevamente la madera de utucuro, shihuahuaco y capirona con 17.77%; 17.48% y 17.06% respectivamente, en la categoría C la madera de huayruro y cachimbo rojo con 14.36% y 13.28% respectivamente y finalmente en la categoría D se encontraron la madera de tornillo y aguano masha con 10.03% y 9.73% respectivamente, las que presentaron las menores contracción volumétrica total.

Tabla 14. Resumen de la prueba de Tukey de la contracción volumétrica total

Especie	□ (%)	A	B	C	D
Quinilla colorada	18.73	A			
Utucuro	17.77	A	B		
Shihuahuaco	17.48		B		
Capirona	17.06		B		
Huayruro	14.36			C	
Cachimbo rojo	13.28			C	
Tornillo	10.03				D
Aguano masha	9.73				D

La contracción volumétrica total de las maderas es una contracción teórica que simplemente se puede obtener en un momento dado e inmediatamente la madera como todo material higroscópico, comienza a ganar humedad y por consiguiente se expande hasta equilibrarse con la humedad del aire o del medio que lo rodea.

Al respecto la Universidad Nacional de Jujuy (2012), da a conocer que de la contracción volumétrica total, mide la contracción volumétrica entre los estados de saturación y anhidro, la contracción volumétrica entre dos estados de humedad viene dado por el porcentaje de variación de volumen entre los dos estados. La medida de contracción volumétrica no es suficiente para determinar la calidad de una madera. Es preciso saber cómo se comporta bajo la influencia de las variaciones de humedad próximas a la humedad normal, que es, en general, la que corresponde al ambiente de empleo de la madera. El mismo autor precisa que las maderas se clasifican de acuerdo a la contracción volumétrica: de gran contracción de 20 al 15%, de contracción media de 15 al 10% y de pequeña contracción de 10 al 5%.

4.3.2. Contracción volumétrica en la humedad seca al aire o servicio

La tabla 15 y la figura 12, muestran los promedios de la contracción volumétrica de la madera de ocho especies forestales, en el punto de humedad de equilibrio higroscópico del aire, es decir la contracción volumétrica de servicio, en un ambiente de laboratorio en Pucallpa.

Tabla 15. Contracción volumétrica seca al aire o de servicio de la madera de ocho especies forestales

Especie	N° obse.	\bar{X} (%)	s (%)	CV (%)
Quinilla colorada	10	13.06	1.15	8.8
Utucuro	10	12.71	1.75	13.8
Shihuahuaco	10	11.17	0.81	7.3
Capirona	10	9.77	0.41	4.2
Huayruro	10	8.88	1.95	22.0
Cachimbo rojo	10	8.15	0.91	11.2
Tornillo	10	7.76	0.75	9.7
Aguano masha	10	6.56	0.67	10.2

Los resultados indican que la madera de *Manilkara bidentata* (A.D.C) A. Chev (Quinilla colorada), es la especie que presentó la mayor contracción volumétrica seca al aire o de servicio con 13.06%, seguido de la madera de *Septotheca tessmannii* Ulbr. (Utucuro) con 12.71%; mientras que las maderas de menor contracción en servicio fueron *Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke (Tornillo) con 7.76% y la madera de *Paramachaerium ormosioides* (Ducke) (Aguano masha) con 6.56%.

Con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre los promedios de la contracción volumétrica seca al aire o de servicio de las maderas de ocho especies forestales, se realizó el análisis de varianza (ANVA) de un factor, cuyo resumen lo muestra la tabla 16.

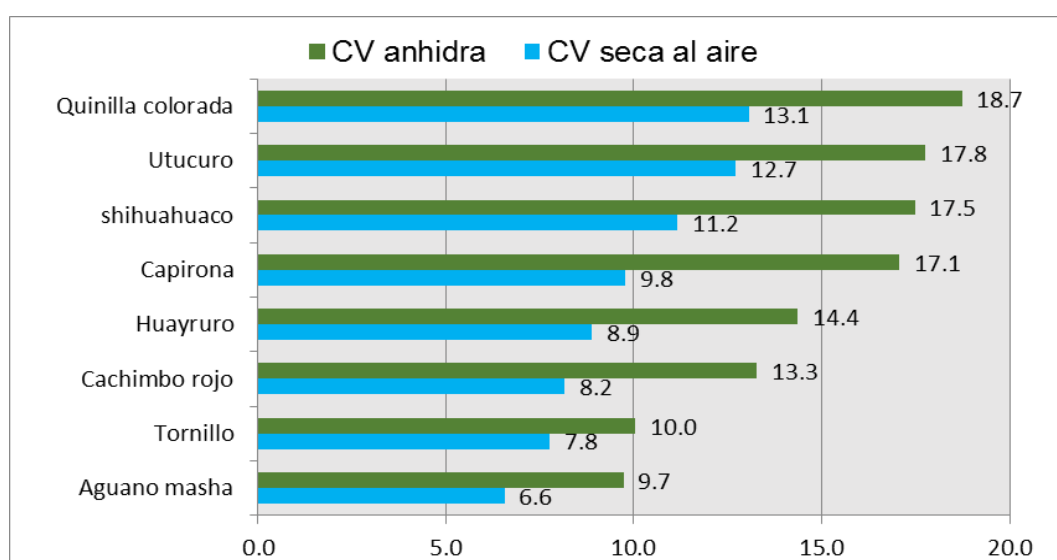


Figura 12. Contracción volumétrica total y en el punto de equilibrio higroscópico del aire de la madera ocho especies forestales

Tabla 16. Resumen del ANVA de la contracción volumétrica seca al aire o de servicio de la madera de ocho especies forestales

Fuente de variación	gl	SC	CM	Fobs	Ftab $\alpha=0.01$	Signif.
Especies	7	391.740	55.963	41.23	2.88	**
Error	72	97.736	1.357			
Total	79	489.476				

En la tabla 16, se observa que existe diferencias altamente significativas entre los promedios de la contracción volumétrica seca al aire o de servicio de las maderas de las ocho especies y para determinar entre que especies se encuentra las diferencias, se realizó la prueba múltiple de medias de Tukey, cuyo resumen se detalla en la tabla 17.

Tabla 17. Resumen de la prueba de Tukey de la contracción volumétrica seca al aire o de servicio

Especie	\bar{X} (%)	A	B	C	D	E	F
Quinilla colorada	13.06	A					
Utucuro	12.71	A					
Shihuahuaco	11.17		B				
Capirona	9.77			C			
Huayruro	8.88				D		
Cachimbo rojo	8.15					E	
Tornillo	7.76					E	
Aguano masha	6.56						F

En la tabla 17, se aprecia que la contracción volumétrica seca al aire o de servicio de la madera de ocho especies forestales, estas se agruparon en seis categorías. En la categoría A se posesionaron las maderas de quinilla colorada y utucuro con contracción volumétricas de servicio más alta de 13.06% y 12.71% respectivamente, en la categoría B el shihuahuaco con 11.17%, en la categoría C la madera de capirona con 9.77%, en la categoría D se encontró la madera de huairuro con 8.88%, en la categoría E se posesionaron la madera de cachimbo rojo y tornillo con 8.15% y 7.76% respectivamente y finalmente en la categoría F la madera de aguano masha con 6.56%, la que presentó la menor contracción volumétrica con humedad en equilibrio higroscópico del aire.

La contracción volumétrica seca al aire o de servicio de las maderas, es la contracción que se utiliza en la práctica, porque la humedad de la madera tiende a equilibrarse con la humedad de equilibrio higroscópico del ambiente que lo rodea, incrementando el volumen de la madera. Al respecto Álvarez (1984) menciona que es muy importante que

la madera se seque hasta alcanzar el grado de humedad de equilibrio medio, correspondiente a las condiciones ambientales en la que ella será aplicada. En el caso concreto cuando se trata de madera para exteriores, se pueden tomar como humedades medias de equilibrio. Para interiores, la humedad media de equilibrio recomendable se puede obtener de forma aproximada, a partir de los valores para exteriores disminuyéndolos uno o dos puntos cuando se trata de zonas costeras.

4.4. RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y LA DENSIDAD APARENTE

En la tabla 18, se aprecia que existe una relación altamente significativa, entre el contenido de humedad y la densidad aparente de la madera en las ocho especies forestales. La madera de dos especies (aguano masha y tornillo) presentan una relación lineal, mientras que las otras seis maderas (cachimbo rojo, huayruro, capirona, shihuahuaco, utucuro y quinilla colorada) presentaron una relación de tipo exponencial. Los valores de los coeficientes de correlación (r) en todos los casos los 0.97 y los coeficientes de determinación (r^2) superan el 95%, existiendo una estrecha relación entre el contenido de humedad y la densidad aparente de la madera, lo que indica que a medida que la madera pierde humedad la densidad aparente también disminuye.

Al respecto, Gonzales y Campos (2009) indican que como la humedad influye tanto en el peso como en el volumen, para obtener resultados sobre el peso específico, el grado de humedad en el que se tomen las medidas debe estar comprendido entre 0 y 30%, ya que en este rango el volumen varía en la misma proporción que la humedad.

Así mismo, el autor indica que la densidad real de las maderas es sensiblemente igual para todas las especies, aproximadamente 1,56. La densidad aparente varía no solo de unas especies a otras, sino aún en la misma con el grado de humedad y sitio del árbol, y para hallar la densidad media de un árbol hay que sacar probetas de varios sitios. Como la

densidad aparente comprende el volumen de los huecos y los macizos, cuanto mayor sea la densidad aparente de una madera, mayor será la superficie de sus elementos resistentes y menor el de sus poros.

Tabla 18. Relación entre el contenido de humedad y la densidad aparente de la madera de ocho especies forestales

Variable de estudio	Especie	r	r ² x100	Ecuación	Tipo de ecuación	r tab		Signif.
						α=0.05	α=0.01	
Contenido de humedad VS Densidad aparente	Aguano masha	0.998	99.65	$y = 0.0063x + 0.7842$	Lineal	0.549	0.716	**
	Tornillo	0.981	96.28	$y = 0.005x + 0.8961$	Lineal	0.549	0.716	**
	Cachimbo rojo	0.999	99.78	$Y = 0.5571e^{0.0058x}$	Exponencial	0.549	0.716	**
	Huayruro	0.997	99.42	$y = 0.7368e^{0.0058x}$	Exponencial	0.549	0.716	**
	Capirona	0.983	96.54	$y = 0.9055e^{0.0047x}$	Exponencial	0.549	0.716	**
	Shihuahuaco	0.976	95.21	$y = 0.9441e^{0.0047x}$	Exponencial	0.549	0.716	**
	Utucuro	0.995	99.05	$y = 0.7273e^{0.0054x}$	Exponencial	0.549	0.716	**
	Quinilla colorada	0.979	95.83	$y = 0.9942e^{0.0044x}$	Exponencial	0.549	0.716	**

4.5. PESO POR PIE TABLAR DE LA MADERA DE USO ESTRUCTURAL

La tabla 19, presenta peso por pie tablar de la madera de ocho especies forestales expresados para una mejor interpretación en kilogramos por pie tablar (kg/pt), todas de uso estructural a diferentes contenidos de humedad posibles de ser puesta en servicio; la densidad aparente de la madera varía de una especie a otra, resultando la madera de quinilla colorada como la madera más pesada por pie tablar, seguidos del shihuahuaco, capirona, aguano masha, huayruro, utucuro, cachimbo rojo y la más liviana por pie tablar resultó la madera de tornillo.

El peso de la madera por unidad de volumen es uno de los parámetros muy importante en el diseño estructural de las construcciones con madera, en consecuencia es necesario conocer el peso de los elementos estructurales de madera (vigas, columnas, pies derechos, cerchas, entre otros) y que estarán en función al contenido de humedad y a la especie. Interempresas (2013), recomienda con carácter general que la madera para uso estructural se instale en obra con un contenido de humedad no superior al 20%. Con el fin de reducir al mínimo posible los fenómenos de hinchazón y merma hay que procurar una humedad de la madera lo más próxima posible a la humedad de equilibrio que se espera en las condiciones ambientales en que se va a encontrar la madera en servicio. Si bien unos valores ajustados pueden obtenerse en la bibliografía técnica especializada, sin embargo el autor ofrece unos valores orientativos de la humedad de equilibrio dependiendo del ambiente de montaje: ambiente interior cerrado (con calefacción) $9\% \pm 3\%$; ambiente interior cerrado (sin calefacción) $12\% \pm 3\%$; ambiente interior bajo cubierta $15\% \pm 3\%$; ambiente exterior al descubierto $18\% \pm 6\%$.

Tabla 19. Rango de contenido de humedad de utilización práctica y el peso por pie tablar de la madera de ocho especies forestales

Rangos de humedad de la madera	CH (%)	Peso de la madera de ocho especies forestales (kg/pt)							
		Quimilla colorada	Shihuahuaco	Capirona	Aguano masha	Huayruro	Utucuro	Cachimbo rojo	Tornillo
Rango de contenido de humedad de la madera utilizada en la práctica	30	2.68	2.57	2.46	2.30	2.07	2.02	1.56	1.45
	29	2.67	2.55	2.45	2.28	2.06	2.01	1.56	1.44
	28	2.65	2.54	2.44	2.27	2.05	2.00	1.55	1.43
	27	2.64	2.53	2.43	2.25	2.03	1.99	1.54	1.43
	26	2.63	2.52	2.41	2.24	2.02	1.97	1.53	1.42
	25	2.62	2.51	2.40	2.22	2.01	1.96	1.52	1.41
	24	2.61	2.49	2.39	2.21	2.00	1.95	1.51	1.40
	23	2.60	2.48	2.38	2.19	1.99	1.94	1.50	1.39
	22	2.58	2.47	2.37	2.18	1.98	1.93	1.49	1.38
	21	2.57	2.46	2.36	2.16	1.96	1.92	1.49	1.37
Humedad de equilibrio higroscópico en Pucallpa	20	2.56	2.45	2.35	2.15	1.95	1.91	1.48	1.37
	19	2.55	2.44	2.34	2.13	1.94	1.90	1.47	1.36
	18	2.54	2.42	2.33	2.12	1.93	1.89	1.46	1.35
	17	2.53	2.41	2.31	2.10	1.92	1.88	1.45	1.34
Humedad en ambiente cerrado o interiores	16	2.52	2.40	2.30	2.09	1.91	1.87	1.44	1.33
	15	2.51	2.39	2.29	2.07	1.90	1.86	1.43	1.32
	14	2.50	2.38	2.28	2.06	1.89	1.85	1.43	1.32
	13	2.48	2.37	2.27	2.04	1.87	1.84	1.42	1.31
	12	2.47	2.36	2.26	2.03	1.86	1.83	1.41	1.30

Del mismo modo, Gonzalo (2017) precisa que el contenido de humedad, es la cantidad de agua que contiene la madera expresada en porcentaje de su peso anhidro. Cuanto mayor sea el contenido de humedad de la madera, menor será la resistencia. Si la madera se encuentra situada en interior cubierto y cerrado, la humedad debe ser menor del 12%; si se sitúa en semi-exterior cubierto, menor del 20% de humedad y si se localiza a la intemperie este porcentaje de humedad debe ser mayor del 20%. Esta propiedad es muy importante tenerla en cuenta para la madera estructural.

Por su parte, TMFB (2017) menciona que en los intercambios de humedad con el ambiente, la madera nunca puede rebasar el contenido de humedad del 30% conocido como punto de saturación de las fibras, ni puede bajar del umbral del 4 – 5%. En toda esa franja el agua que se cede o se absorbe se fija en la pared celular y provoca el fenómeno de hinchazón o contracción, según absorbe o cede humedad respectivamente.

Aidima (2014), pone de manifiesto que para determinar la humedad, se tiene que saber que en el momento en el que el valor de humedad supere el 15%, se considera que la madera está demasiado húmeda, lo cual disminuye su resistencia mecánica y aumenta el riesgo de ataques por hongos o insectos xilófagos que finalmente acabaría dañando la estructura de la madera o alterando la calidad de la madera.

4.6. ESTIMACIÓN DEL PESO DE LA MADERA SECA AL AIRE EN FUNCIÓN A LA SECCIÓN DE PIEZAS PREFERENCIALES

Para determinar el peso por metro lineal de la madera de ocho especies forestales seca al aire o con contenido de humedad en equilibrio con la humedad higroscópica del aire (16% en Pucallpa), en función a las secciones preferenciales de las piezas de madera (vigas, viguetas, pies

derechos, columnas, etc.), establecida por la Junta del Acuerdo de Cartagena - JUNAC (1984).

En la referida tabla, se observa que las piezas de madera de *Manilkara bidentata* (A.D.C) A. Chev (Quinilla colorada) y de *Dipteryx odorata* Harms (Shihuahuaco) son las que presentan mayores pesos por cada metro lineal de longitud; contrariamente las piezas de madera de *Cariniana domesticata* (Cachimbo rojo) y *Cedrelinga catenaeformis* D. Ducke (Tornillo) de las ocho especies estudiadas presentan menores pesos por metro de longitud en cada una de la secciones preferenciales.

Tabla 20. Peso por metro lineal de la madera de ocho especies forestales según secciones preferenciales, en el punto de equilibrio higroscópico del aire (16% de CH - Pucallpa)

Dimensiones		Peso de la madera (Kg/metro lineal)							
Nominales b x h (Pulg.)	Reales b x h (cm)	Quimilla colorada	Shihuahuaco	Capirona	Aguano masha	Huayruro	Utucuro	Cachimbo rojo	Tornillo
2 x 2	4 x 4	2.76	2.62	2.51	2.29	2.09	2.04	1.57	1.45
2 x 3	4 x 6.5	4.13	3.94	3.77	3.43	3.13	3.07	2.36	2.18
2 x 4	4 x 9	5.51	5.25	5.03	4.57	4.18	4.09	3.15	2.91
2 x 5	4 x 11.5	6.89	6.56	6.29	5.71	5.22	5.11	3.94	3.64
2 x 6	4 x 14	8.27	7.87	7.54	6.86	6.26	6.13	4.72	4.36
2 x 7	4 x 16.5	9.64	9.18	8.80	8.00	7.31	7.16	5.51	5.09
2 x 8	4 x 19	11.02	10.50	10.06	9.14	8.35	8.18	6.30	5.82
2 x 9	4 x 21.5	12.40	11.81	11.32	10.28	9.40	9.20	7.08	6.54
2 x 10	4 x 24	13.78	13.12	12.57	11.43	10.44	10.22	7.87	7.27
3 x 3	6.5 x 6.5	6.20	5.90	5.66	5.14	4.70	4.60	3.54	3.27
3 x 4	6.5 x 9	8.27	7.87	7.54	6.86	6.26	6.13	4.72	4.36
4 x 4	9 x 9	11.02	10.50	10.06	9.14	8.35	8.18	6.30	5.82
4 x 6	9 x 14	16.53	15.74	15.09	13.71	12.53	12.27	9.45	8.72
4 x 8	9 x 19	22.04	20.99	20.12	18.28	16.71	16.36	12.60	11.63
4 x 10	9 x 24	27.55	26.24	25.15	22.85	20.88	20.45	15.74	14.54
4 x 12	9 x 29	33.06	31.49	30.18	27.42	25.06	24.53	18.89	17.45
6 x 6	14 x 14	24.80	23.62	22.63	20.57	18.79	18.40	14.17	13.09
6 x 8	14 x 19	33.06	31.49	30.18	27.42	25.06	24.53	18.89	17.45
6 x 10	14 x 24	41.33	39.36	37.72	34.28	31.32	30.67	23.62	21.81
6 x 12	14 x 29	49.59	47.23	45.26	41.13	37.59	36.80	28.34	26.17

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. El contenido de humedad saturada son totalmente diferentes entre las maderas de las ocho especies, agrupándose en 6 categorías, en la A se posesionó el cachimbo rojo con contenido de humedad más alto (100.04%), en la B el utucuro (84.3%), en la C el huayruro (75.9%), en la D la aguano masha (67.2%) y en la E la quinilla colorada (48.5%), tornillo (48.5%) y shihuahuaco (47.7%), finalmente en la categoría F la capirona (43.4%).
2. La densidad anhidra son diferentes en las maderas de las ocho especies, agrupándose en seis categorías. En la categoría A se posesionó la quinilla colorada con 1 g/cm^3 , en la B el shihuahuaco con 0.96 g/cm^3 , en la C la capirona con 0.92 g/cm^3 , en la D se posesionaron el aguano masha con 0.79 g/cm^3 , huayruro con 0.75 g/cm^3 y el utucuro con 0.74 g/cm^3 , en la E el cachimbo rojo con 0.56 g/cm^3 y en la F la madera de tornillo con 0.51 g/cm^3 .
3. La densidad seca al aire o de servicio estadísticamente son diferentes entre las maderas de las ocho especies, agrupándose en siete categorías. En la categoría A la quinilla colorada con la densidad seca al aire de 1.05 g/cm^3 , en la B el shihuahuaco con 1 g/cm^3 , en la C la capirona con 0.96 g/cm^3 , en la D el aguano masha con 0.85 g/cm^3 , en la E las maderas de huayruro y utucuro ambos con 0.78 g/cm^3 , en la F el cachimbo rojo con 0.60 g/cm^3 y en la categoría G el tornillo con 0.55 g/cm^3 , con la menor densidad seca al aire.
4. Existe diferencias altamente significativas entre los promedios de la contracción volumétrica total, de las maderas de ocho tipos de especies, agrupándose en cuatro categorías. En la categoría A se ubicaron la quinilla colorada y el utucuro con contracción más alta de

18.73% y 17.77% respectivamente, en la B nuevamente el utucuro, shihuahuaco y capirona con 17.77%, 17.48% y 17.06% respectivamente, en la C el huayruro y cachimbo rojo con 14.36% y 13.28% respectivamente y en la D se encontraron el tornillo y aguano masha con 10.03% y 9.73% respectivamente, con las menores contracciones volumétricas total.

5. Se encontró diferencias altamente significativas entre la contracción volumétrica seca al aire o de servicio de las maderas de las ocho especies, las mismas que se agruparon en seis categorías. En la A se posesionaron la quinilla colorada y utucuro con los valores más altas de 13.06% y 12.71% respectivamente, en la B el shihuahuaco con 11.17%, en C la capirona con 9.77%, en la D el huayruro con 8.88%, en la E el cachimbo rojo y tornillo con 8.15% y 7.76% respectivamente y en la F el aguano masha con 6.56%, con la menor contracción volumétrica en equilibrio higroscópico del aire.
6. Existe una relación altamente significativa, entre el contenido de humedad y la densidad aparente de la madera en las ocho especies forestales. La madera de aguano masha y tornillo presentaron una relación lineal, mientras que las otras seis maderas (cachimbo rojo, huayruro, capirona, shihuahuaco, utucuro y quinilla colorada) la relación fue de tipo exponencial.
7. La densidad aparente de la madera de las ocho especies forestales, varía de una especie a otra, resultando a madera de quinilla colorada como la madera más pesada por pie tablar, seguidos del shihuahuaco, capirona, aguano masha, huayruro, utucuro, cachimbo rojo y la más liviana por pie tablar resultó la madera de tornillo.
8. El peso por metro lineal de la madera de ocho especies forestales seca al aire o con contenido de humedad en equilibrio con la humedad higroscópico del aire (16% en Pucallpa), se observó que las piezas de madera de quinilla colorada y de shihuahuaco son las que presentan

mayores pesos, cachimbo rojo y tornillo presentaron menores pesos por metro de longitud en cada una de la secciones preferenciales.

5.2. RECOMENDACIONES

1. La mayoría de autores e investigadores mencionan la densidad básica y la contracción total de la madera, es decir cuánto pesa por unidad de volumen y cuánto se contrae la madera hasta lograr el 0% de contenido de humedad, valores teóricos, no prácticos porque la madera realmente trabaja a un contenido de humedad en equilibrio higroscópico del aire, por lo que se recomienda determinar los valores de la densidad y de la contracción de las maderas; pero seca al aire o puesta en servicio.
2. Elaborar tablas por especie o grupos de especie para poner al servicio de la población involucrada en el mundo de la madera, el peso de la madera por unidad de volumen ya sea en kilogramos por pie tablar o kilogramos por metro cubico, muy próximo al contenido de humedad en equilibrio higroscópico del aire, aproximándose a las condiciones de trabajo de la madera.
3. Elaborar tablas de dos entradas por especie para poner al servicio de la población involucrada en el diseño estructural de la madera, el peso de la madera por cada sección preferencial y por longitudes de apoyo de cada uno de las secciones preferenciales de la madera, muy próximo al contenido de humedad en equilibrio higroscópico del aire, aproximándose a las condiciones de trabajo de la madera.
4. Como existe una relación significativa entre la densidad seca al aire o de servicio y las propiedades mecánicas de la madera se recomienda utilizar como madera estructural en el siguiente orden: en la categoría A la quinilla colorada, en la categoría B el shihuahuaco, en la C la capirona, en la D el aguano masha, en la E las maderas de huayruro y utucuro, en la F el cachimbo rojo y en la categoría G el tornillo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aidima. (2014). Determinación del contenido en humedad de la madera estructural. Visto el 21 de Diciembre del 2017. Disponible en: <http://blog.simbolocalidad.com/determinacion-contenido-humedad-madera-estructural>
- Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral - AIDER. (2012). Informe técnico final “Estudio de las propiedades mecánicas de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales”. Visto el 18 de Agosto del 2016. Disponible en: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2929/Technical/Technical%20report%20-%20Propiedades%20mec%C3%A1nicas%20de%2010%20especies%20de%20bosques%20secundarios.pdf
- Álvarez, H.; Fernández – Golfín, J. (1992). Fundamentos teóricos del secado de la madera. Madrid (España). (Colección monografías INIA, núm. 82). 193p.
- Cámara Nacional Forestal - CNF. (2010). Cartilla de precios y servicios forestales Disponible en: http://www.cnf.org.pe/cartilla%20prec%20JUNIO_10/9%20CARTILLA%20DE%20PRECIOS%20JUNIO%202010%20PUCALLPA%20-%20UCAYALI.pdf. Visto el: 06 DE Abril del 2016. Lima.
- Cáceres. (2009). Madera. Consultado el 06 Enero del 2015. Disponible en: http://www.acaceres.addr.com/student_access/madera.pdfhttp://www.acaceres.addr.com/student_access/madera.pdf 2009.
- Gonzales, R. y Campos, R. (2009). Secado artificial de madera de casuarina. Revista Forestal del Perú. Volumen 4, Nº 1-2. Visto el 11 de Mayo del 2018. Disponible en: [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol04_no1-2_Ene-Dic70_\(07\)/vol4_art8.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol04_no1-2_Ene-Dic70_(07)/vol4_art8.pdf) Lima. Pp.1-13.

Confederación Peruana de la Madera - CPM. (2008). Compendio de información técnica de 32 especies forestales. Tomo II. Visto el 11 de Octubre del 2017. Disponible en:

<http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/125.pdf>

Devlieger, F.; Baetitig, R. (1999). Ingeniería de Aserraderos. Fundamentos de planificación y gestión. Universidad de Talca. Serie técnica N° 1. p.134.

ECURED (2018). La madera como material de construcción. Visto el 11 de Octubre del 2017. Disponible en:

https://www.ecured.cu/La_madera_como_material_de_construccion

Emer, R. (2015). Variabilidad del contenido de humedad-equilibrio de la madera de diez especies comerciales para tres regiones del Perú. Visto el 11 de Octubre del 2017. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/287375133_Variabilidad_del_contenido_de_humedad-equilibrio_de_la_madera_de_diez_especies_comerciales_para_tres_regiones_del_Peru. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

Fuentes, M. (1994). Secado de madera aserrada de *Pinus radiata* D. DON, impregnado con sales hidrosolubles CCA. Tesis de Magíster en Ciencias Forestales.

Fernandez-Golfin, J. (1992). Fundamentos Teóricos del Secado de la Madera. Departamento de industrias Forestales. Madrid. 28p.

Instituto Nacional de Calidad – INCAL. (2011). Normas Técnicas Peruanas de madera. NTP 251.011:2014 Madera. Método para determinar la densidad de la madera bajo diferentes condiciones de contenido de humedad. Lima

Instituto Nacional de Calidad - INCAL. (2014). Normas Técnicas Peruanas de Madera. NTP 251.010:2014 Madera. Métodos para determinar el

contenido de humedad Resumen Establece los métodos de ensayo para la determinación del contenido de humedad (CH) de la madera. Lima.

Instituto Nacional de Calidad - INCAL. (2015). Normas Técnicas Peruanas de Madera. NTP 251.012:2015 Madera. Método de determinación de la contracción.3ª Edición.

Interempresas. (2013). Madera de uso estructural. Visto el 30 de Enero del 2012. Disponible en:

<http://www.interempresas.net/Madera/Articulos/105399-Madera-aserrada>.

Instituto Fororestal - INFOR. (1989). Principios de organización y operación del aserradero. Manual N° 16. Pp. 184-187.

Instituto de Investigación Agraria - INIA. (1999). Maderas. Visto el 31 de Octubre del 2017. Disponible en:

www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/inia/inia-p4/inia-p4-22.htm.

Gonzalo, L. (2017). Propiedades y especies para madera estructural. Disponible en: <https://www.maderea.es/propiedades-y-especies-para-madera-estructural/>. Consultado el 06 Enero del 2017

INN. (1986). Nch176/3.of86. Madera – parte 3: Determinación de la contracción radial y tangencial. Normas chilenas oficiales.

Junta Nacional del Acuerdo de Cartagena - JUNAC. (1984). Manual de diseño para maderas del grupo andino. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, PE. 3:25 -27 p.

Junta de Acuerdo de Cartagena. (1989). Manual del Grupo Andino para el secado de la madera. Ed. Pp.6-32.

Juacida, R.; Inzunza, L. (1990). Pautas de Control de Calidad para Madera Secada artificialmente. Universidad Austral de Chile. (Publicación Docente, 21). 27p.

- Madera21. (2016). Madera seca v/s madera verde. Visto el 11 de Octubre del 2017. Disponible en: <http://www.madera21.cl/?p=2601>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo - MINCETUR. (2003). Manual de buenas prácticas de manufactura para el secado y la preservación de madera aserrada. Visto el 30 de noviembre del 2016. Disponible en: [file:///C:/Users/PC/Downloads/publicacion_595%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/publicacion_595%20(1).pdf)
- Morales, E. (2014). Madera al Exterior: Humedad de equilibrio higroscópico y sus valores característicos. Visto el 11 de Octubre del 2017. Disponible en: https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_4707_15644.pdf. Sevilla – España.
- Oshiro, M. (2016). Ficha estándar de familia del catálogo de bienes, servicios y obras del MEF. Ficha estándar N° 88 familia 20720015 madera utucuro. Visto el 21 de Diciembre del 2017. Disponible en: https://www.mef.gob.pe/contenidos/doc_siga/catalogo/ctlogo_familias_madera_utucuro.pdf
- Pereyra, O. y Gelid, M. (2002). Estudio de la variabilidad de la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* para plantaciones de misiones y norte de corrientes. Visto el 28 de Octubre del 2017. Disponible en: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/2308/1928>.
- Sedano, T. (2006). Diseño de un horno tipo BACH para secar madera. Tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Mecánico. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Mecánica. Lima – Perú.
- Siau, J. (1984). Transport processes in Wood. Springer series in wood sciences. Nueva York. pp. 125-145.
- Tableros y Molduras Felix Bermejo - TMFB. (2017). Humedad de la madera. Visto el 11 de Octubre del 2017. Disponible en: https://tmolduras-fbermejo.es/pdfmaderas/p_humedad.pdfuso-estructural.html

- Taquire, A. (1987). Propiedades físicas a nivel radial, longitudinal y comportamiento al cepillado, moldurado, taladrado y lijado de la *Guazuma crinita* Mart. (Bolaina blanca), Pucallpa. Tesis Ingeniero Forestal. UNCP. Huancayo, 113p.
- Tuset, R., Durán F. 1979. Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de utilización. Ed. Hemisferio Sur. 668p.
- Universidad Católica del Norte. (2009). Laboratorio de propiedades de la madera. Visto el 30 de Noviembre del 2016. Disponible en: https://www.google.com.pe/search?q=UNIVERSIDAD+CATOLICA+DEL+NORTE,+PROPIEDADES+DE+LA+MADERA&ei=-JOmW-r5LMjCzwL_oJHwBw&start=10&sa=N&biw=1024&bih=657
- Universidad Nacional de Jujuy. (2017). Coeficiente de contracción volumétrica. Visto el 11 de Octubre del 2017. Disponible en: www.campus.fi.unju.edu.ar/...MADERA/PROPIEDADES_DE_LA_MADERA.doc?
- Vignote, S. (2017). Madera aserrada: características y propiedades. Visto el 28 de Octubre del 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Santiago_Pena2/publication/311924247_MADERA_ASERRADA_i_CHARACTERISTICAS_Y_PROPIEDADES/links/58639ec008ae6eb871acfacc/MADERA-ASERRADA-i-CARACTERISTICAS-Y-PROPIEDADES.pdf. 42 p.
- Vizcarra, S. (1998). Guía para el Secado de la Madera en hornos. Documento Técnico. Santa Cruz. Bolivia. Pp. 5-10.

ANEXOS

ANEXO 1

CONTENIDO DE HUMEDAD MÁXIMO DE LA MADERA DE OCHO ESPECIES FORESTALES POR PROBETA (P) Y POR ESPECIE

Especie	Contenido de humedad de probetas (%)										□ (%)	s (%)	CV (%)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
Cachimbo rojo	104.3	105.2	89.3	100.1	102.6	93.1	86.2	100.9	110.9	111.7	100.4	8.6	8.5
Utucuro	87.1	86.5	80.2	85.1	83.3	86.6	75.7	87.3	84.4	86.5	84.3	3.7	4.4
Huayruro	88.2	78.4	78.6	61.9	70.1	74.7	85.2	87.6	62.4	71.7	75.9	9.5	12.6
Aguano masha	70.5	70.6	64.8	65.4	67.8	64.7	71.8	74.1	56.5	65.4	67.2	5.0	7.4
Quinilla colorada	50.4	47.5	46.2	47.6	48.2	46.9	48.7	48.8	49.7	51.0	48.5	1.5	3.2
Tornillo	44.8	50.8	51.8	42.4	66.9	44.1	47.7	39.5	41.5	55.3	48.5	8.2	16.9
Shihuahuaco	47.6	46.5	47.2	44.2	44.7	50.9	50.4	49.3	47.2	48.7	47.7	2.2	4.6
Capirona	46.3	41.3	45.5	42.4	39.9	42.3	41.5	45.7	45.0	44.1	43.4	2.2	5.1

ANEXO 2

DENSIDAD ANHIDRA DE LA MADERA DE OCHO ESPECIES FORESTALES POR PROBETA (P) Y POR ESPECIE

Especie	Densidad anhidra o seca al horno (g/cm ³)										s (%)	CV (%)	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
Tornillo	0.49	0.53	0.49	0.48	0.49	0.50	0.52	0.51	0.53	0.51	0.51	0.02	3.5
Cachimbo rojo	0.55	0.57	0.60	0.58	0.54	0.58	0.58	0.55	0.53	0.52	0.56	0.03	4.5
Utucuro	0.67	0.76	0.83	0.72	0.75	0.69	0.85	0.70	0.71	0.69	0.74	0.06	8.0
Huayruro	0.67	0.74	0.73	0.82	0.80	0.74	0.68	0.68	0.81	0.78	0.75	0.06	7.4
Aguano masha	0.76	0.77	0.81	0.81	0.80	0.81	0.73	0.77	0.87	0.82	0.79	0.04	5.1
Capirona	0.90	0.92	0.90	0.91	0.95	0.89	0.93	0.97	0.91	0.93	0.92	0.02	2.5
Shihuahuaco	0.94	0.96	0.97	0.99	0.98	0.94	0.93	0.93	0.96	0.96	0.96	0.02	1.9
Quinilla colorada	0.99	1.01	1.03	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	0.99	0.98	1.00	0.01	1.5

ANEXO 3

DENSIDAD NORMAL O SECA AL AIRE DE LA MADERA DE OCHO ESPECIES FORESTALES POR PROBETA (P) Y POR ESPECIE

Especie	Densidad seca al aire (g/cm ³)										\bar{X} (g/cm ³)	s (%)	CV (%)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
Tornillo	0.55	0.58	0.54	0.52	0.53	0.55	0.56	0.56	0.58	0.56	0.55	0.02	3.4
Cachimbo rojo	0.58	0.60	0.62	0.60	0.59	0.63	0.63	0.60	0.57	0.57	0.60	0.02	3.6
Utucuro	0.72	0.81	0.87	0.76	0.79	0.74	0.89	0.75	0.75	0.74	0.78	0.06	7.4
Huayruro	0.71	0.78	0.77	0.87	0.83	0.79	0.72	0.72	0.85	0.78	0.78	0.05	6.9
Aguano masha	0.82	0.83	0.88	0.86	0.86	0.88	0.79	0.82	0.93	0.87	0.85	0.04	4.9
Capirona	0.94	0.96	0.95	0.95	1.00	0.94	0.97	0.95	0.96	0.95	0.96	0.02	1.6
Shihuahuaco	0.99	1.01	1.02	1.03	1.02	0.99	0.98	0.98	1.01	1.01	1.00	0.02	1.7
Quinilla colorada	1.03	1.06	1.08	1.04	1.05	1.06	1.04	1.07	1.04	1.04	1.05	0.02	1.5

ANEXO 4
CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA TOTAL DE LA MADERA DE OCHO ESPECIES FORESTALES POR PROBETA (P) Y
POR ESPECIE

Especie	Contracción Volumétrica total (%)										□ (%)	S (%)	CV (%)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
Tornillo	9.56	10.60	10.42	9.33	9.57	9.48	11.19	9.81	10.02	10.37	10.03	5.16	3.5
Cachimbo rojo	14.07	16.90	16.98	15.69	11.01	12.47	13.34	11.21	10.72	10.43	13.28	0.03	4.5
Utucuro	14.84	18.45	22.62	17.04	16.90	16.60	21.49	16.68	16.56	16.56	17.77	0.06	8.0
Huayruro	13.57	13.82	15.51	16.51	15.04	11.74	12.34	14.73	16.35	13.94	14.36	0.06	7.4
Aguano masha	7.9	8.4	9.1	11.7	10.3	9.2	9.8	10.2	10.9	9.8	9.73	0.04	5.1
Capirona	17.8	16.3	15.9	15.8	16.0	15.4	16.0	24.1	16.1	17.1	17.06	0.02	2.5
Shihuahuaco	17.19	16.65	17.04	18.71	18.37	16.66	16.67	20.19	17.23	16.05	17.48	0.02	1.9
Quinilla colorada	18.22	17.90	20.19	17.38	18.35	18.82	18.04	20.51	18.03	19.91	18.73	0.01	1.5

ANEXO 5

CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA PARCIAL O EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO HIGROSCÓPICO (SECA AL AIRE) DE LA MADERA DE OCHO ESPECIES FORESTALES POR PROBETA (P) Y POR ESPECIE

Especie	Contracción Volumétrica parcial (%)										□ (%)	S (%)	CV (%)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
Tornillo	7.68	8.14	9.10	6.76	7.09	7.63	8.80	7.09	7.44	7.87	7.76	0.75	9.7
Cachimbo rojo	7.20	8.29	8.25	7.46	7.74	9.43	9.89	8.42	7.22	7.65	8.15	0.91	11.2
Utucuro	10.13	12.57	15.99	14.22	10.97	12.28	14.39	13.00	11.79	11.79	12.71	1.75	13.8
Huayruro	8.30	9.32	10.37	11.14	8.71	8.19	8.91	9.75	10.14	4.02	8.88	1.95	22.0
Aguano masha	5.4	6.0	6.6	7.4	7.1	6.6	6.4	6.0	7.6	6.4	6.56	0.67	10.2
Capirona	10.7	9.5	10.1	9.9	9.9	9.8	9.2	9.6	9.6	9.5	9.77	0.41	4.2
Shihuahuaco	11.32	11.09	10.59	11.80	11.39	10.61	10.64	12.99	11.17	10.06	11.17	0.81	7.3
Quinilla colorada	12.21	12.38	14.75	11.59	12.74	12.78	12.07	14.90	13.02	14.12	13.06	1.15	8.8