

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



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y  
MECÁNICAS DE TABLEROS CONTRACHAPADOS DE  
*Ceiba pentandra* L. Gaertn (Iupuna blanca), DE TRES  
EMPRESAS TRIPLAYERAS DE PUCALLPA.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**EDGARDO PAUL GÓMEZ SCHRADER**

**PUCALLPA – PERÚ**

**2019**



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



**COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS**

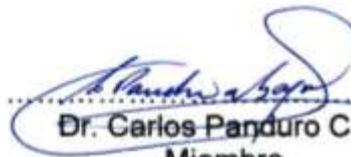
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 389**

En la ciudad de Pucallpa, siendo la 1.20 pm del día viernes 22 de Marzo de 2019, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad nacional de Ucayali; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en los ambientes del Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismo que estuvo conformado por:

- |                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| ❖ Dr. Marco Antonio Chota Isuiza | Presidente |
| ❖ Dr. Carlos Panduro Carbajal    | Miembro    |
| ❖ Ing. M.Sc César Mori Montero   | Miembro    |

Para proceder a la evaluación de sustentación de Tesis denominado **“Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) de tres empresas triplayeras de Pucallpa”**, presentado por el **Bach. EDGARDO PAUL GÓMEZ SCHRADER**, Asesorado por el Ing. **M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón**. Finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de las preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante; en consecuencia la Tesis fue **APROBADO** por **UNANIMIDAD**, con calificación **MUY BUENO** y recomendación de Publicación, quedando expedito para el otorgamiento del Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas siendo las 2.20 pm horas del mismo día, se da por finalizada el acto Académico y firmando los miembros en señal de conformidad.

  
.....  
Dr. Marco Antonio Chota Isuiza  
Presidente

  
.....  
Dr. Carlos Panduro Carbajal  
Miembro

  
.....  
Ing. M.Sc. Cesar Mori Montero  
Miembro

## ACTA DE APROBACIÓN

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

Dr. Marco Antonio Chota Isuiza

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

Dr. Carlos Panduro Carbajal

  
\_\_\_\_\_  
Miembro

Ing. M.Sc Cesar Mori Montero

  
\_\_\_\_\_  
Miembro

Ing. M.Sc Tedy Tuesta Torrejón

  
\_\_\_\_\_  
Asesor

Bach. Edgardo Paul Gómez Schrader

  
\_\_\_\_\_  
Tesisista



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION**  
**DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

## Constancia

N° 129

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el PROYECTO DE INVESTIGACION titulado:

“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE TABLEROS CONTRACHAPADOS DE Ceiba pentandra L. Gaertn (Iupuna blanca), DE TRES EMPRESAS TRIPLAYERAS DE PUCALLPA”

Cuyo autor es:

GÓMEZ SCHRADER, EDGARDO PAUL

Asesor: Ing. M. Sc. TUESTA TORREJÓN, TEDY

Escuela Profesional: INGENIERÍA FORESTAL

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **09%**.

El tal que de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en la DIRECTIVA DE USO

DEL SISTEMA ANTIPLAGIO (10%), en el artículo 9: “Criterios de porcentaje de similitud”. Se declara, que dicho trabajo de investigación: **SI** Contiene un porcentaje aceptable de plagio, por lo que **SI** se aprueba su originalidad.

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

Firma:   
DRA. DINA PARI QUISPE  
Direc. Gral Prod Intel



Fecha: 01/04/2019

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

Yo, Edgardo Paul Gómez Schrader

Autor de la TESIS titulada: "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de Ceiba pentandra L. Gaertn. (Lupuna blanca) de tres empresas tripleyeras de Pucallpa".

Sustentada el año: 2019  
Con la asesoría de: Ing. M.Sc. Tedy Tuesta Torregón  
En la Facultad de: Ciencias Forestales y Ambientales  
Escuela 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: 28 / 03 / 2019

Email: paul\_gomez\_sch\_dasde mayo@hotmail.com

Teléfono: 969 417646

Firma: [Firma manuscrita]

DNI: 71234189

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la vida, salud y el amor eterno de mis seres amados.

A mis padres, Edgardo Gómez Pisco y Hadid Schrader Romero, por el apoyo incondicional y los consejos permanentes durante mi vida y en todo el proceso de mi formación como profesional.

A mis hermanos Flavio Leonel, Luis Francisco y Leonela, por sus motivación y estar siempre presentes en mi vida.

A mi mujer Juliana Rodríguez Moncada y a Claudia Fernanda por el inmenso amor, apoyo incondicional y su comprensión durante este proceso.

A mis abuelos Luis Schrader Ramírez y Noemí Romero Mozombite, por sus sabios consejos y brindarme siempre sus apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor, al Ing M.Sc. Tedy Tuesta Torrejón, quien me ofreció su invaluable asesoramiento en el presente trabajo de investigación. Por su tiempo, esfuerzo y dedicación; sin sus correcciones, experiencia y consejos, no hubiese sido posible la elaboración de mi tesis.

A mi Co-Aesor al Ing M.Sc. David Gerardo Lluncor Mendoza, por dedicar su preciado tiempo apoyándome con sus grandes conocimientos en el tema, como también por las enseñanzas brindadas en el campo y los temas correspondientes a mi profesión.

Al Ing M.Sc. Moisés Acevedo Mallque, por facilitarme la ejecución de mi tesis en la Universidad Nacional Agraria la Molina y al Sr. Vicente Cuba Huamán, por brindarme su apoyo en la realización de la presente tesis.

## INDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
INDICE DEL CONTENIDO .....	VIII
INDICE DE TABLAS .....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I .....	3
PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA .....	3
1.1.FORMULACION DEL PROBLEMA.....	3
1.2.OBJETIVOS.....	4
CAPITULO II .....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
CAPÍTULO III .....	18
METODOLOGÍA .....	18
3.1.UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	18
3.2.MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	18
3.3.POBLACIÓN Y MUESTRA.....	18
3.4.INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	19
3.4.1. Materiales .....	19
3.4.2. Equipos e instrumentos.....	19
3.5.PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	19
3.5.1. Condiciones generales de ensayo.....	19
3.5.2. Obtención de las probetas para los diferentes ensayos .....	19
3.6.CLASIFICACIÓN DE TEXTURA Y COLOR A NIVEL MACROSCÓPICO. ...	20
3.7.DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS .....	20
3.7.1. Contenido de humedad.....	20
3.7.2. Densidad en equilibrio con el ambiente. ....	21
3.7.3. Expansión longitudinal, debido a cambios en el contenido de humedad...	21
3.8.DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS. ....	22

3.8.1. Módulo de ruptura.....	22
3.8.2. Dureza. ....	22
<b>3.9. TRATAMIENTO DE DATOS.....</b>	<b>23</b>
3.9.1. Análisis de varianza unifactorial (AV1).....	23
3.9.2. Prueba de tukey ( $\alpha=0,05$ ) .....	23
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>24</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. PROPIEDADES FÍSICAS .....</b>	<b>24</b>
4.1.1. Densidad en equilibrio con el ambiente. ....	24
4.1.2. Contenido de humedad en equilibrio. ....	25
4.1.3. Expansión longitudinal. ....	26
4.1.4. Expansión transversal.....	27
<b>4.2. PROPIEDADES MECÁNICAS.....</b>	<b>28</b>
4.2.1. Módulo de ruptura longitudinal.....	29
4.2.2. Módulo de ruptura transversal. ....	31
4.2.3. Dureza. ....	33
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>35</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>35</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	35
5.2. RECOMENDACIONES. ....	37
5.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
<b>ANEXOS .....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b>	Propiedades físico-mecánicas del Triplay, de tableros enlistonados de madera y de recortes de Triplay, enchapados...	<b>6</b>
<b>TABLA 2</b>	Clasificación de los valores de flexión estática – Modulo de Ruptura.....	<b>15</b>
<b>TABLA 3</b>	Clasificación según valores de dureza Janka.....	<b>16</b>
<b>TABLA 4</b>	Numero de probetas por tipo de ensayo.....	<b>20</b>
<b>TABLA 5</b>	Esquema del Análisis de variancia de los tratamientos (AV1).....	<b>23</b>
<b>TABLA 6</b>	Propiedades físicas de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca) y su relación con textura y color.....	<b>24</b>
<b>TABLA 7</b>	Propiedades mecánicas de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca) y su relación con textura y color.....	<b>28</b>
<b>TABLA 8</b>	Análisis de varianza (ANVA) del módulo de ruptura longitudinal entre empresas.....	<b>30</b>
<b>TABLA 9</b>	Prueba de comparación del módulo de ruptura en un corte longitudinal entre empresas (Tukey $\alpha= 0,05$ ).....	<b>30</b>
<b>TABLA 10</b>	Análisis de varianza (ANVA) del Módulo de ruptura transversal entre empresas.....	<b>31</b>
<b>TABLA 11</b>	Prueba de comparación del módulo de ruptura en un corte longitudinal entre empresas (Tukey $\alpha= 0,05$ ).....	<b>32</b>
<b>TABLA 12</b>	Análisis de varianza (ANVA) de la dureza entre empresas.....	<b>33</b>
<b>TABLA 13</b>	Prueba de comparación de la dureza entre empresas (Tukey $\alpha= 0,05$ ).....	<b>34</b>
<b>TABLA 14</b>	Análisis de varianza (ANVA) de la densidad en equilibrio entre empresas.....	<b>45</b>
<b>TABLA 15</b>	Prueba de comparación de la densidad en equilibrio entre empresas (Tukey $\alpha= 0,05$ ).....	<b>45</b>
<b>TABLA 16</b>	Análisis de varianza (ANVA) del contenido de humedad en equilibrio entre empresas.....	<b>46</b>
<b>TABLA 17</b>	Análisis de varianza (ANVA) de la expansión longitudinal entre empresas.....	<b>47</b>
<b>TABLA 18</b>	Prueba de comparación de la expansión longitudinal entre empresas (Tukey $\alpha= 0,05$ ).....	<b>47</b>

<b>TABLA 19</b>	Análisis de varianza (ANVA) de la expansión transversal entre empresas.....	<b>48</b>
<b>TABLA 20</b>	Prueba de comparación de la expansión transversal entre empresas (Tukey $\alpha= 0,05$ ).....	<b>48</b>
<b>TABLA 21</b>	Densidad en equilibrio de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca).....	<b>49</b>
<b>TABLA 22</b>	Contenido de humedad en equilibrio de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca).....	<b>50</b>
<b>TABLA 23</b>	Expansión longitudinal en un corte longitudinal de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca)....	<b>51</b>
<b>TABLA 24</b>	Expansión longitudinal en un corte transversal de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca)....	<b>51</b>
<b>TABLA 25</b>	Módulo de ruptura longitudinal de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca).....	<b>52</b>
<b>TABLA 26</b>	Módulo de ruptura en un corte transversal de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca)....	<b>53</b>
<b>TABLA 27</b>	Dureza de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca).....	<b>54</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	Tablero de madera contrachapada.....	<b>8</b>
<b>FIGURA 2</b>	Partes del tablero de madera contrachapada.....	<b>8</b>
<b>FIGURA 3</b>	Variación del módulo de ruptura longitudinal promedio entre empresas.....	<b>29</b>
<b>FIGURA 4</b>	Variación del módulo de ruptura transversal promedio entre empresas.....	<b>31</b>
<b>FIGURA 5</b>	Variación de la dureza promedio entre empresas.....	<b>33</b>
<b>FIGURA 6</b>	Variación de la densidad en equilibrio promedio entre empresas...	<b>45</b>
<b>FIGURA 7</b>	Variación del contenido de humedad en equilibrio promedio entre empresas.....	<b>46</b>
<b>FIGURA 8</b>	Variación de la expansión longitudinal promedio entre empresas...	<b>47</b>
<b>FIGURA 9</b>	Variación de la expansión transversal promedio entre empresas....	<b>48</b>
<b>FIGURA 10</b>	Lotes de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca) en la empresa Gina SAC.....	<b>55</b>
<b>FIGURA 11</b>	Lotes de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca) en la empresa IU SAC.....	<b>55</b>
<b>FIGURA 12</b>	Lotes de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca) en la empresa MAIL SAC.....	<b>55</b>
<b>FIGURA 13</b>	Muestreo de tableros contrachapados, según la Norma Técnica Peruana 251.054.....	<b>55</b>
<b>FIGURA 14</b>	Boletas de compra de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca) de las tres empresas.....	<b>56</b>
<b>FIGURA 15</b>	Preparación y obtención de las probetas.....	<b>56</b>
<b>FIGURA 16</b>	Codificación de las probetas.....	<b>57</b>
<b>FIGURA 17</b>	Pesado de las probetas para la determinación de la Densidad.....	<b>57</b>
<b>FIGURA 18</b>	Determinar el contenido de humedad.....	<b>57</b>
<b>FIGURA 19</b>	Determinar la expansión.....	<b>58</b>
<b>FIGURA 20</b>	Determinar el módulo de ruptura longitudinal.....	<b>58</b>
<b>FIGURA 21</b>	Determinar el módulo de ruptura transversal.....	<b>59</b>

<b>FIGURA 22</b>	Determinación de la dureza y las probetas después de haber recibido la carga.....	<b>59</b>
<b>FIGURA 23</b>	Clasificación a nivel macroscópico de las probetas de tableros contrachapados de <i>Ceiba pentandra</i> L. Gaertn (lupuna blanca)....	<b>60</b>
<b>FIGURA 24</b>	Momento de la lectura e interpretación de las cargas en la prensa universal de las propiedades mecánicas de tableros contrachapados.....	<b>60</b>

## RESUMEN

El objetivo principal del trabajo fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca), de tres empresas triplayeras de Pucallpa; con la finalidad de generar información base para las personas o empresas que utilizan en distintas actividades los tableros contrachapados.

El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de tecnología de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali y en el laboratorio de tecnología de la madera de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Para ello se utilizó dos tableros contrachapados de cada empresa, de calidad BC según lo indicado en la Norma Técnica Peruana - NTP 251.040 (2010), de donde se tomaron diez probetas para cada ensayo, de acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas Peruanas respectivas.

Los resultados encontrados del presente estudio indican que existe diferencia significativa de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) de tres empresas triplayeras de Pucallpa. La densidad en equilibrio promedio es de  $0,45 \text{ g/cm}^3$ ; siendo mayor la densidad en Industrias GINA SAC con  $0,48 \text{ g/cm}^3$ . El módulo de ruptura promedio de un corte longitudinal es de  $667,82 \text{ daN/cm}^2$ ; presentando mayor módulo de ruptura Industrias GINA SAC con  $744,01 \text{ daN/cm}^2$  y el módulo de ruptura promedio de un corte transversal es de  $167,03 \text{ daN/cm}^2$ ; siendo mayor el módulo de ruptura en Industria GINA SAC. La dureza promedio es de  $208,45 \text{ Kgf/cm}^2$ ; presentando mayor dureza Industrias GINA SAC con  $218,09 \text{ Kgf/cm}^2$ .

**Palabras claves:** Propiedades físicas, propiedades mecánicas, tableros contrachapados, *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).

## ABSTRACT

The main objective of the work was to determine the physical and mechanical properties of plywood panels of *Ceiba pentandra* L. Gaertn (white lupuna), of three Triplayer companies of Pucallpa; in order to generate basic information for people or companies that use plywood in different activities.

The work was carried out in the wood technology laboratory of the National University of Ucayali and also in the wood technology laboratory of the National Agrarian University La Molina. To this end, two plywood boards of each company were used, of BC quality as indicated in the Peruvian Technical Standard - NTP 251.040 (2010), whereupon ten test tubes were taken for each test, according to what is established in the respective Peruvian Technical Standards.

The results found in this study indicate that there is a significant difference in the physical and mechanical properties of plywood from *Ceiba pentandra* L. Gaertn (white lupuna) from three Triplayer companies in Pucallpa. The average equilibrium density is 0,45 g/cm<sup>3</sup>; the density is higher in GINA SAC Industries with 0,48 g/cm<sup>3</sup>. The average rupture modulus of a longitudinal section is 667,82 daN/cm<sup>2</sup>; presenting the largest GINA SAC rupture module with 744,01 daN/cm<sup>2</sup> and the average rupture modulus of a cross section is 167,03 daN/cm<sup>2</sup>; the rupture module being greater in Industry GINA SAC. The average hardness is 208,45 Kgf/cm<sup>2</sup>; presenting greater hardness GINA SAC Industries with 218,09 Kgf/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Physical properties, mechanical properties, plywood boards, *Ceiba pentandra* L. Gaertn (white lupuna).

## INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de las especies forestales en el Perú, es una de las actividades que genera oportunidades de desarrollo y bienestar de la población mejorando la calidad de vida, a la par que se respete el medio ambiente y la diversidad cultural de los pueblos que la habitan, SERFOR (2017). Según Proamazonia (2016), las actividades de transformación de la madera se desarrolla principalmente en las regiones Ucayali (Pucallpa), Loreto (Iquitos) y en menor escala la selva central, representando estas regiones hasta el 95,5 % de la actividad económica del sector maderero en bosques húmedos tropicales, siendo la madera contrachapada uno de los principales productos con demanda internacional.

SERFOR (2016), menciona que las exportaciones de tableros contrachapados se encuentran en el tercer lugar con US\$ 6 089 312,72 para 2016, mientras que en 2017 se mantuvo en tercer lugar con US\$ 6 574 112 con una tendencia en crecimiento de 7,96%, probablemente debido a la introducción de nuevas especies al mercado.

A pesar de su gran uso en diferentes rubros de la industria, los tableros contrachapados de la región y el país aún no han sido sometidos a estudios de características físicas y mecánicas que puedan respaldar las recomendaciones para ciertos usos, afirmación que es compartida por, SENCICO (2016) quien menciona que en el Perú no existen requisitos o valores de referencia para su uso. Situación que lo presenta en desventaja frente a otros tipos de tableros (melamina, conglomerado orientado OSB, aglomerados de partículas y superboard), y que podría influir en el desinterés de su uso.

En ese sentido la investigación tiene como objetivo general, determinar las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) de tres empresas triplayeras de Pucallpa, siendo los objetivos específicos: clasificar la textura y color de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca), determinar la densidad, contenido de humedad y expansión de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca), determinar el módulo de ruptura y dureza de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).

Con la información generada las personas o empresas que utilizan en distintas actividades los tableros contrachapados, podrán tomar decisiones para el uso adecuado de tableros contrachapados, en función a sus propiedades. Además, permitirá contribuir a la adecuada inversión de personas o empresas que utilizan el tablero contrachapado.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

### 1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

La industria forestal en la amazonia, representa el eje principal de su economía, esta actividad básicamente está enmarcado en trabajos de extracción, transformación y comercialización. En el aspecto de la elaboración de productos de tableros contrachapados, Según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR (2016), indica que la producción de tableros de madera contrachapada en el Perú fue de 49 591,58 m<sup>3</sup> para el 2016, con respecto a la estadística publicado en el 2017 que fue de 53 290,03 m<sup>3</sup>, sufriendo una creciente en la producción del 7,5 % y en el número de especies utilizados. Esto debido a la introducción de nuevas especies al mercado.

De acuerdo a Industrias Ucayali SAC (2016), en el año 2015 su producción de tableros de madera contrachapada en Ucayali fue de 18 012,11 m<sup>3</sup> y en el año 2016 fue de 18 416,98 m<sup>3</sup>. Siendo la especie *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) una de las más utilizadas. Ya que este ejerce un dominio en el mercado nacional e internacional, debido a la disponibilidad de materia prima de dicha especie.

Por tal motivo, una de las premisas en la que se basa el estudio sobre la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca). Es que en el Perú no existe alguna norma técnica que indiquen los valores referentes de las propiedades físicas y mecánicas deseadas para los distintos usos de tableros contrachapados en las diversas actividades, Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - (SENCICO, 2016).

Con el presente trabajo de investigación se busca generar información de las características físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca). Con la finalidad de orientar al consumidor al mejor uso del producto.

Bajo lo mencionado las preguntas que guían esta investigación son las siguientes:

Problema General:

¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) de tres empresas triplayeras de Pucallpa?

Problema Específico:

¿Cuál es la textura y color de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca)?

¿Cuál es la densidad, contenido de humedad y expansión de los tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca)?

¿Cuál es el módulo de ruptura y dureza de tableros de madera contrachapada de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca)?

## 1.2. OBJETIVOS

### Objetivo General

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca), de tres empresas triplayeras de Pucallpa.

### Objetivos Específicos

- Clasificar la textura y color de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).
- Determinar la densidad, contenido de humedad y expansión de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).
- Determinar el módulo de ruptura y dureza de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

##### **2.1.1. Estudios realizados**

Dentro de las tecnologías propias del subsector forestal, la industria de los tableros se muestra como alternativa para la optimización en el empleo de la madera, además de que tecnológicamente tienden a sustituir a la madera sólida por las características que presentan, es decir, características más isotrópicas, propiedades tecnológicas de mayores magnitudes, mayor estabilidad aunadas a la opción de poder obtener tableros de grandes dimensiones. La industria de los tableros es considerada como de gran importancia dentro del sector forestal por la gran cantidad de materia prima que consume, por los empleos que genera, por las inversiones de capital que representa y por las actuales perspectivas de crecimiento que muestra, (CNIF, 1997), citado por (Sanchez, 2000).

Rubio (2006), en su trabajo de “Determinación de las propiedades físico-mecánicas del Triplay, de tableros enlistonados de madera y de recortes de Triplay, enchapados”. Publicado por la Sarh-Sff (1982), Determino los valores de alguna de las propiedades mecánicas para tableros elaborados con el género Pinus. Los valores reportados para el caso de los tableros de pino, en el ensayo de flexión, que se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Propiedades físico-mecánicas del Triplay, de tableros enlistonados de madera y de recortes de Triplay, enchapados.

PROPIEDAD	3 mm	6 mm
Esfuerzo en el límite de proporcionalidad. (Kg/cm <sup>2</sup> )	44,4	355,6
Máximo esfuerzo de ruptura (Kg/cm <sup>2</sup> )	738,8	532,3
Módulo de elasticidad (Kg/cm <sup>2</sup> ) *1000	1323	901
Trabajo al Límite de proporcionalidad. (Kg-cm <sup>2</sup> ) /cm	3 0,110	0,075
Trabajo a la carga máxima (Kg-cm <sup>2</sup> ) /cm	0,130	0,078

Fuente: Rubio (2006).

Sánchez (2000) en su trabajo donde se evaluaron algunas propiedades físicas y mecánicas de tres tableros contrachapados de pino de cada uno de los siguientes espesores 3, 6 y 9 mm provenientes de tres diferentes fabricantes ubicados en las regiones norte, centro y sur del País. Se obtuvieron valores de densidad, adherencia, resistencia mecánica a flexión estática, tracción y cizalle y se compararon con los resultados obtenidos en otros trabajos.

- Los valores promedio de densidad normal para los espesores de 3, 6 y 9 mm se registraron respectivamente en 625,9 kg/m<sup>3</sup>, 587,4 kg/m<sup>3</sup> y 580 kg/m<sup>3</sup>, clasificándose dentro de los tableros de densidad baja a media según la FAO (1983). La densidad anhidra se registró en promedio en 0,59 g/cm<sup>3</sup> para los tableros de 3 mm, en 0,54 g/cm<sup>3</sup> para los de 6 mm y 0,52 g/cm<sup>3</sup> para los de 9 mm.
- Para las propiedades de esfuerzo en el límite de proporcionalidad y módulo de ruptura los valores más altos correspondieron a los tableros de 3 mm con 234,36 kg/cm<sup>2</sup> y 814,41 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siguiendo los de 9 mm con 176,68 kg/cm<sup>2</sup> y 700,13 kg/cm<sup>2</sup> y finalmente los de 6 mm con 148,63 kg/cm<sup>2</sup> y 576,15 kg/cm<sup>2</sup>. En el módulo de elasticidad los valores más bajos los presentaron los tableros de 9 mm con 42 650,63 kg/cm<sup>2</sup>, siguiendo los de 6 mm con 46 193,83 kg/cm<sup>2</sup> y finalmente el

espesor de 3 mm con 52 133,84 kg/cm<sup>2</sup>. Conforme a la clasificación que Novelo (1964) hace para las propiedades de la flexión estática en la madera, los valores de esfuerzo en el límite de proporcionalidad se registraron dentro del nivel bajo de resistencia unitaria a la flexión, los valores del módulo de ruptura dentro del nivel bajo de resistencia y los valores del módulo de elasticidad en el nivel denominado como muy bajo.

- En el ensayo de tracción paralela a la fibra los valores se encontraron dentro del rango de 4,31 kg/cm<sup>2</sup> a 11,61 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción, valores que son rebasados por el reportado por Vignote (1996) igual a 18 kg/cm<sup>2</sup>.

Según Aguirre (2013), en su trabajo de investigación titulado “Estudio del efecto de la humedad de las chapas de Sande (*Brosimum utile*) y Pachaco (*Schizolobium parahybum*) sobre la calidad del pegado y el contenido de formaldehído libre en tableros contrachapados en la empresa enchapes decorativos S.A” con el objetivo de determinar el efecto de la humedad de las chapas de Sande y Pachaco. Obtuvo como resultado que las chapas de Sande presentan un contenido de humedad de 65,42 % respecto a su peso seco. Así mismo Aguirre (2013), cito a Silva (2008) que reporta contenido de humedad en base seca en un rango de 63,00 % hasta 95,00%.

También AITIM (2015), en su revista Productos Básicos y Carpintería – Tableros de Contrachapado, menciona que el contenido de humedad higroscópica de los tableros enchapados de madera a una temperatura de 20 °C, depende de la humedad relativa del aire (HR): 7 % para HR= 30%; 12% para HR= 65%; y 18% para HR= 85%.

## **2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA**

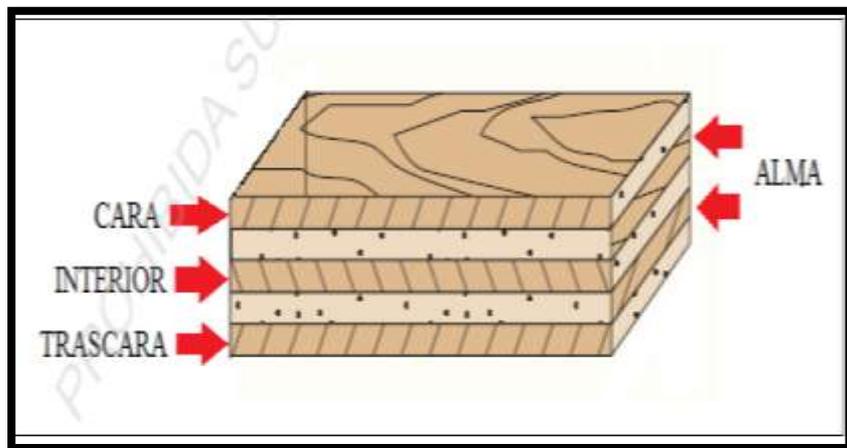
### **2.2.1. Tableros de madera contrachapados.**

Según la Norma Técnica Peruana - NTP 251.038 (2017), es el producto constituido de láminas de madera encoladas de modo que las fibras de dos láminas consecutivas formen un ángulo cercano a 90°. Está

constituido por dos láminas externas del tablero con distintos grados de calidad, la de calidad superior recibe la denominación de cara y la de calidad inferior recibe la denominación de trascara. La lámina interna cuya dirección del grano es perpendicular a las caras, recibe la denominación de alma. Así mismo la lámina cuya dirección del grano es paralela a la de las caras, recibe la denominación de interior.



**Figura 1.** Tablero de madera contrachapada.



**Figura 2.** Partes del tablero de madera contrachapada.

### **2.2.2. Usos de tableros de madera contrachapados.**

Según Panshin (1959), citado por Sánchez (2000), agrupa las posibles aplicaciones de los tableros contrachapados en los siguientes rubros un tanto imprecisos, pero que muestran la diversidad de aplicaciones de los tableros contrachapados: Uso en la industria de la construcción: aceras, cimientos curvos de viviendas, rascacielos, diques o puentes, tejados, cubiertas de pared, suelos y subsuelos, forro para cubrimiento

de enlucidos, tableros mural, decoración, acabado de áticos y basamentos, tabiques secundarios y desvanes, garajes, construcciones rurales como establos y gallineros, revestimientos interiores y exteriores, casas prefabricadas.

- Uso en la ebanistería: muebles corrientes y de calidad, tableros y alas de las mesas, respaldos de caja, frentes y fondos de cajón, respaldos de espejo, muebles para máquinas de coser, adornos, asientos y respaldos de sillas de aulas y teatros, bancos para iglesia. Se aplican a muebles de comedor, armarios, libreros y botiquines. No se usa en las patas del mueble, travesaños de silla, mecedoras y demás partes macizas, (Sánchez, 2000).
- Usos industriales: carrocerías de camiones y de barcos, revestimiento de hospitales y restaurantes y recientemente de trenes aerodinámicos. Tableros de mesa, equipos de oficina y paneles de pared, construcción de vagones de carga como revestimiento y vagones viajeros. Otros usos: construcción de botes, revestimiento de trasatlánticos, fabricación de casas remolcables, (Sánchez, 2000).
- En la industria automotriz para tableros de suelo, entrepaños, bastidores de tapicería. En la industria cinematográfica para la construcción de escenarios. Para construcción de aviones y planeadores. Elaboración de puertas, baúles, cajas de viaje, cajones de embalaje, cestas de frutas y verduras, juguetes, jaulas, tableros para tenis de mesa, patrones, tableros de anuncio y/o exposición, tablas de muestra (gamas) y aparatos de diversión, (Sánchez, 2000).

### **2.2.3. Industrias de tableros de madera contrachapados.**

Según la Dirección General Forestas y Fauna Silvestre - DGFFS-U (2017), mediante la Oficina de Registro de Industrias Forestales (ORIF), menciona que en la actualidad existen siete empresas registradas que fabrican y comercializan tableros contrachapados en Pucallpa.

## **2.3. PROPIEDADES FÍSICAS.**

Ananías (2004) Indica que las propiedades físicas de la madera son aquellas propiedades que determinan su comportamiento ante los distintos factores que intervienen en el medio ambiente normal, sin producir ninguna modificación química en su estructura.

Las propiedades físicas influyen determinantemente en la aptitud tecnológica de uso y en procesos claves como son la transformación mecánica primaria y secundaria y el secado (Santiago, Guevara, y Espinoza, 2013).

### **2.3.1. Contenido de humedad**

Según Pérez (1983) y Cuevas (2003), citado por Díaz (2005) se entiende por contenido de humedad “la masa de agua contenida en una pieza de madera, expresada como porcentaje de la masa de la pieza anhidra”. El peso anhidro es el peso que se obtiene cuando se coloca la madera en una estufa a 100 o 102°C, hasta que se obtiene un peso constante.

La madera constituida por los elementos anatómicos cuyas paredes están formadas por un material absorbente, puede contener agua bajo tres formas: como agua libre, llenando las cavidades celulares; como agua higroscópica, impregnado en las paredes celulares; como agua higroscópica, impregnado en las paredes celulares; y como agua de constitución, formando parte integrante de su estructura molecular. La madera en el proceso de secado, primero pierde toda su agua libre. El punto cuando comienza a perder el agua higroscópica, denominamos punto de saturación de las fibras, que es más o menos constante en cualquier madera, variando de 25% - 30% de contenido de humedad, (Arostegui y Vargas, 1961).

Según Pérez (1983) y Cuevas (2003), en un árbol recién cortado, su madera contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate (Rivera, 2014).

Avalos (2013), Menciona que las maderas livianas, por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas. De igual manera la albura, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción del agua, presenta un contenido de humedad mayor que el duramen. El duramen no permite contenidos de humedad elevados debido a las sustancias infiltradas y contenidas en sus células, la albura puede acumular más del 100% de su peso seco en agua e incluso llegar a un 400% en aquellas maderas muy livianas como la lupuna, catahua, marupa, etc.

El conocimiento del contenido de humedad de la madera es importante para su utilización, ya que afecta su peso, resistencia, contracción, durabilidad, conductibilidad del calor y electricidad, inflamabilidad y permeabilidad por los líquidos, (Arostegui y Vargas, 1961).

Según Morales (2003), las variaciones de humedad en la madera no sólo influyen en las hinchazones y mermas, también lo hacen en su peso, resistencia, dificultad de corte, aserrado y acabado, así como en la fluencia y deformación de las piezas. Aunque a medida que disminuye el grado de humedad aumenta las propiedades mecánicas, algunas de ellas como la tenacidad o la resistencia al choque, decrecen. La influencia es tan importante que los valores de resistencia y rigidez se establecen en relación con la humedad.

### **2.3.2. Densidad de la madera**

Según Pérez (1983) y Cuevas (2003) citado por Díaz (2005) la densidad es el cociente entre la masa y el volumen de la madera, la cual varía con la humedad, es decir, cuando la humedad crece, la densidad también crece.

Existe una relación directa de la densidad con las propiedades mecánicas, a mayor densidad mayor resistencia. Por lo general las maderas de mayor densidad son más durables que las maderas livianas. Las maderas densas son más difíciles para ser trabajadas, secadas e inmunizadas. Santiago, Guevara, y Espinoza (2013),

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

La variabilidad de la densidad de la madera depende de la especie y además de la edad de los árboles. La magnitud de la densidad de la madera está estrechamente relacionada con la estructura anatómica de la madera, particularmente depende del espesor de la pared celular de las fibras, (Ananías, 2004).

La densidad de madera varía dentro de la planta, durante la vida de la planta y entre individuos de una misma especie según Chave (2006) citado por Rivera (2014); Además, las ramas y las partes exteriores del tronco tienden a presentar densidades de madera más bajas que la médula del tronco.

Densidad básica es una relación entre la masa de madera anhidra (seca al horno) y su volumen en estado saturado (verde), y expresado en  $\text{g/cm}^3$ . La densidad básica es utilizada para la clasificación de las maderas según su peso según (Santiago, Guevara y Espinoza, 2013).

La densidad y el peso específico son numéricamente iguales en condiciones anhidras, siempre que la primera este expresado en el sistema C.G.S. acorde el contenido de humedad aumenta la densidad haciéndose mayor que el peso específico (Álvarez y Fernández, 1992) citado por (Rivera, 2014).

Díaz (2005) Sostiene que es de vital importancia conocer la densidad, ya que de ella depende en gran parte el comportamiento de la madera, su adaptabilidad a eventuales tratamientos y modificaciones, así como la posibilidad de utilización que ofrece.

### **2.3.3. Contracción y expansión de la madera**

Ananías (2004) Indica que la madera contiene una cierta cantidad de agua depositada en los lúmenes celulares y en las paredes celulares de las fibras. Normalmente cuando la madera intercambia humedad de la pared celular, se producen a consecuencia de este intercambio, variaciones en las dimensiones de la madera, que son conocidas como contracción o hinchamiento.

Los cambios dimensionales de la madera involucran principalmente la contracción e hinchamiento que se produce entre diferentes estados de su saturación en las direcciones tangencial y radial. La magnitud de estos cambios caracteriza el comportamiento de una madera frente a los cambios de humedad y en especial frente al secado (Coronel, 1994), citado por (Piter y Igartúa, 2009).

Como la madera tiene un comportamiento anisotrópico, las variaciones dimensionales normales de la madera son de diferente magnitud en las direcciones tangenciales, radiales y longitudinales. Siendo la contracción tangencial de 1,5 a 3 veces mayor que la contracción radial y la contracción longitudinal es normalmente despreciable en la madera. Las diferencias entre contracción tangencial y radial son debidas por una parte al potencial favorecimiento de la contracción en el sentido tangencial que hacen las bandas de madera de verano, particularmente en coníferas, y por otra a la restricción a los cambios dimensionales que ejercen los radios leñosos en la dirección radial de la madera. La limitada contracción longitudinal es debida a la orientación longitudinal de los principales tejidos constituyentes de la madera (Ananías, 1992) citado por (Rivera, 2014).

La relación T/R clasifica la estabilidad de la madera ante los cambios dimensionales por la pérdida del agua higroscópica o decremento del contenido de humedad entre el plano tangencial y radial. La relación T/R determina el grado de estabilidad de la madera, menor de 1,5 es muy estable, de 1,5 a 2,5 es estable, de 2,51 a 3 es inestable y mayor de 3 es muy inestable según (Santiago, Guevara y Espinoza, 2013).

## 2.4. PROPIEDADES MECÁNICAS

Spavento (2008), define que las propiedades mecánicas de la madera son aquellas que definen la aptitud y capacidad para resistir cargas externas, excluyendo los esfuerzos debidos a las tensiones internas producto de los cambios de humedad. Dichas propiedades mecánicas se clasifican de acuerdo al comportamiento de la madera ante la acción de una carga y al plano de corte en que se aplique la misma; como así también, de acuerdo a las modalidades de las cargas sobre las muestras, si éstas son estáticas o dinámicas, y de su tiempo de aplicación. De este modo, podemos dividir a las mismas en: resistencia estática y resistencia dinámica.

### 2.4.1. Flexión de la madera.

Arostegui y Acevedo (1974), menciona que la resistencia a la flexión de la madera es la capacidad portante que esta da, cuando este elemento está sometido a fuerzas transversales, citado por (Ordoñez y Lugo, 2015).

### 2.4.2. Módulo de Ruptura (MOR).

Corresponde a la tensión unitaria máxima en flexión que soporta un material antes de que se produzca la falla. Cualquier incremento de carga sobre el material provocará la rotura del mismo según la IRAM 9542 (1965), citado por (Spavento, Keil y Monteoliva, 2008).

Así mismo Rivero Moreno (2004), establece la clasificación que se presenta en la tabla 2 de acuerdo al ensayo de flexión estática.

**Tabla 2.** Clasificación de los valores de flexión estática – Modulo de Ruptura

<b>Flexión Estática - Modulo de Ruptura (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>MOR</b>	<b>Clasificación</b>
< 500	Muy bajo
500 – 950	Bajo
951 – 1220	Medio
1221 – 1750	Alto
> 1750	Muy alto

Fuente: Rivera Moreno (2004).

Una madera es menos deseable para uso estructural cuando sus parámetros se encuentren cercanos a los valores más bajos de dicha clasificación, citado por (Spavento, Keil y Monteoliva, 2008).

### 2.4.3. Dureza de la madera.

La dureza determina la resistencia que ofrece la madera a la penetración de cuerpos de mayor solidez y consistencia, según IRAM (9570) citado por (Spavento, Keil y Monteoliva, 2008).

A su vez en la Tabla 3 se presenta la clasificación de las maderas según los valores de dureza Janka, según (Coronel, 1995) citado por (Spavento, Keil y Monteoliva, 2008).

**Tabla 3.** Clasificación según valores de dureza Janka.

Clasificación	Rango
Maderas muy blandas	<300 Kgf/cm <sup>2</sup>
Maderas blandas	301 a 500 Kgf/cm <sup>2</sup>
Maderas semiduras	501 a 700 Kgf/cm <sup>2</sup>
Maderas duras	701 a 1000 Kgf/cm <sup>2</sup>
Maderas muy duras	>1000 Kgf/cm <sup>2</sup>

Fuente: Spavento, Keil y Monteolivo (2008).

## DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Caras.** Son láminas externas del tablero de madera. En un tablero cuyas caras sean de distintos grados de calidad, la de la calidad superior recibe la denominación de cara, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.038 (2017).
- **Trascara.** Lamina externa de calidad inferior en un tablero cuyas capas externas son de diferentes grados de calidad, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.038 (2017).
- **Alma.** Es la lámina interna cuya dirección del grano es perpendicular a las caras y es la que recibe el adhesivo por ambas superficies para unir dos láminas adyacentes, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.038 (2017).

- **Interior.** Es la lámina interna cuya dirección del grano es paralela a la de las caras y está ubicada entre dos almas, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.038 (2017)
- **Làmina.** Obtenida por corte rotativo o por rebanado, cuyo espesor varía entre 0,13 mm a 6,35 mm, según Norma Técnico Peruana - NTP 251.038 (2017).
- **Higroscopicidad.** Es la capacidad de ganar o perder agua según las condiciones del medio que la rodea, hasta llegar a un equilibrio con el mismo, según Norma Técnica Peruana - NTP (251.001.2003)
- **Anisotropía.** Es la propiedad de algunos materiales, como es el caso de la madera que presenta propiedades físico-mecánicas en dimensiones diferentes según la dirección que se considere, según lo establecido en la Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003)
- **Contenido de humedad.** Es la cantidad o porcentaje de agua contenida en la pared celular de la madera; se expresa como porcentaje de su masa anhidra o seca al horno, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003).
- **Contenido de humedad en equilibrio.** Es aquel contenido de humedad en la cual la madera está en equilibrio con el medio ambiente circundante, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003).
- **Contenido de humedad promedio.** Es la cantidad que expresa el valor promedio de los contenidos de humedad de una pieza de madera.
- **Densidad.** Es la relación entre el peso y volumen de la madera a un determinado contenido de humedad, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003).
- **Expansión.** Es la propiedad de la madera de experimentar cambios volumétricos al variar la temperatura, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003).
- **Equilibrio higroscópico.** Es el contenido de humedad de la madera perteneciente a una determinada temperatura y humedad relativa del ambiente, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003).
- **Madera saturada.** Aquella madera que alcanzó el máximo contenido de humedad al haber sido previamente inmerso en agua, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003).

- **Madera seca al aire en ambiente normalizado.** Aquella madera que adquirido un equilibrio de humedad en un ambiente de  $5\% \pm 2\%$  de humedad relativa y  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  de temperatura, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003).
- **Madera anhidra.** Es aquella en la que se ha eliminado todo su contenido de humedad, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003).
- **Punto de saturación de las fibras.** Es el estado de la madera en el cual el agua en libre ha sido eliminada, mientras que las paredes celulares se mantienen saturadas de agua higroscópica, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.001 (2003).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El ensayo de propiedades físicas, se llevó a cabo en el laboratorio de tecnología de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicada en la Carretera Federico Basadre Km. 6, políticamente se encuentra en el Distrito de Cillería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

Las pruebas de propiedades mecánicas, se llevó a cabo en el laboratorio de tecnología de la madera de la Universidad Nacional Agraria la Molina, políticamente está ubicada en la Av. La Molina S/N Distrito de la Molina, Departamento de Lima.

#### 3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se realizó una investigación cuantitativa, cuyo método empleado fue descriptivo y comparativo, determinando las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba Pentandra* L. Gaertn (Iupuna blanca), de tres empresas triplayeras de Pucallpa.

#### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

- **Población.** La población estuvo constituida por los tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (Iupuna blanca) de 4 mm de espesor, provenientes de la producción mensual, de las empresas Maderas Industriales y Laminados S.A.C, Industrial Ucayali S.A.C e Industrias Gina S.A.C. De acuerdo a la Norma Técnica Peruana – NTP 251.054 (2010), se utilizó dos tableros contrachapados de cada empresa, de calidad BC según lo indicado en la Norma Técnica Peruana – NTP 251.040 (2010).
- **Muestra.** Se utilizó dos planchas de tableros contrachapados, producidas por las tres empresas; estos tableros fueron cortados en probetas de acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas Peruanas – NTP, descritas en la tabla 4.

### **3.4 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1 Materiales**

- Libreta de apuntes.
- Marcador indeleble
- Cinta para rotular.

#### **3.4.2 Equipos e instrumentos**

- Estufa eléctrica con termostato regulable y rango de operación de 103+ 2°C.
- Prensa universal, para ensayos de propiedades físicas y mecánicas.
- Balanza digital
- Vernier digital
- Bola de janka, para ensayo de dureza.
- Laptop
- Impresora
- Scanner
- Cámara fotográfica

### **3.5 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.5.1 Condiciones generales de ensayo.**

Se tomó como referencia a las condiciones generales de ensayo que se establece en la Norma Técnica Peruana - NTP 251.055 (2010); titulada "Condiciones generales de ensayo".

#### **3.5.2 Obtención de las probetas para los diferentes ensayos**

Para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, se utilizó los siguientes números de muestras.

**Tabla 4:** Número de probetas por tipo de ensayo.

<b>N°</b>	<b>PROBETAS</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>DIMENSIONES (± 1 mm)</b>	<b>NTP</b>
<b>Propiedades físicas:</b>				
01	10	Contenido de humedad.	150 x 75 x 4	251.056
02	10	Densidad.	100 x 100 x 4	251.057
03	10	Expansión longitudinal y transversal.	300 x 76 x 4	251.084
<b>Propiedades mecánicas:</b>				
04	10	Módulo de ruptura.	400 x 75 x 4	251.066
05	10	Dureza.	150 x 75 x 25	251.081

### **3.6 CLASIFICACION DE TEXTURA Y COLOR A NIVEL MACROSCÓPICO.**

Se realizó la clasificación de textura y color de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca); utilizando la tabla de clasificación de textura según Tortorelli (1960) y el atlas de colores Munsell.

### **3.7 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS**

En el presente trabajo de investigación se realizó los siguientes ensayos:

#### **3.7.1 Contenido de humedad.**

Para el cálculo del contenido de humedad, se determinó por medio de pesadas, la pérdida de masa de cada probeta, entre su estado en un momento dado y su estado anhidro, según Norma Técnica Peruana – NTP 251.056 (2010) titulada “Determinación de la humedad” y se utilizó la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{m - m_1}{m_1} \times 100$$

Donde:

CH: Contenido de humedad (%).

m : Masa original de la probeta (gr)

m1 : Masa de la probeta seca (gr)

### 3.7.2 Densidad en equilibrio con el ambiente.

Se determinó la relación de la masa de cada probeta sobre su volumen, calculado según las dimensiones, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.057 (2010) titulada “Determinación de la densidad” y se utilizó la siguiente fórmula:

$$p_i = \frac{M}{L \times a \times c}$$

Donde:

Pi : Densidad en equilibrio con el ambiente (gr/cm<sup>3</sup>)

M : Masa de la probeta (gr)

L : Largo de la probeta (cm).

a : Ancho de la probeta (cm).

c : Espesor de la probeta (cm).

### 3.7.3 Expansión longitudinal, debido a cambios en el contenido de humedad.

Se determinó la variación longitudinal de tableros contrachapados cuando cambie en su contenido de humedad. Tomando como referencia la Norma Técnica Peruana - NTP 251.084 (2010) para la preparación de las muestras; para las mediciones lo establecido en la Norma Técnica Peruana - NTP 251.012 (2004) y se utilizó la siguiente fórmula:

$$E = \frac{L_f - L}{L_f} \times 100$$

Donde:

E : Expansión longitudinal de la probeta.

L : Largo original de la probeta (cm).

Lf : Largo Final de la probeta (cm).

### 3.8 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.

Se realizó los siguientes ensayos:

#### 3.8.1 Módulo de ruptura.

Se determinó la resistencia a la flexión que ofrece los tableros contrachapados, cuando se le somete a una carga concentrada en el punto medio del tablero. El módulo de ruptura se determinó midiendo la tensión unitaria máxima para diferentes valores de la carga a lo largo del ensayo, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.066 (2010) titulada "Ensayo de flexión" y se utilizó la siguiente fórmula:

$$nf = \frac{3Pl}{2be^2}$$

Donde:

nf : Módulo de ruptura en daN/cm<sup>2</sup>

P : Carga de ruptura (daN).

l : Distancia entre apoyos (daN).

b : Ancho de la probeta (cm).

e : Espesor de la probeta (cm).

#### 3.8.2 Dureza.

Se calculó la dureza de tableros contrachapados, según Norma Técnica Peruana - NTP 251.081 (2010) titulada "Ensayo de dureza" y se utilizó la siguiente fórmula:

$$D = \frac{C_1 + C_2}{n}$$

Donde:

D : Dureza de la probeta, en Kgf/cm<sup>2</sup>

C1: Carga número uno en la probeta Kgf/cm<sup>2</sup>

C2: Carga número dos en la probeta Kgf/cm<sup>2</sup>

n : Numero de cargas aplicadas a la probeta.

### 3.9 TRATAMIENTO DE DATOS

#### 3.9.1 Análisis de Varianza Unifactorial (AV1).

Para establecer si existe diferencias significativas y altamente significativas de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados, producidas por tres empresas, se realizó un Análisis de Varianza Unifactorial (AV1) a un grado de confianza del 95 % ( $\alpha=0,05$ ) y del 99% ( $\alpha=0,01$ ), siendo:

Factor 1: Tres (03) Empresas.

Nº de Tratamientos: Tres (03)

Nº de repeticiones: Diez (10 x 02 tableros) = 20

Unidad experimental: Probeta

**Tabla 5.** Esquema del Análisis de variancia de los tratamientos (AV1) - ( $\alpha=0,05$ ) y ( $\alpha=0,01$ )

Fuente de Variación	GI	SC	CM	Fc/F <sub>obs</sub>
Entre empresas	p-1	SC <sub>a</sub>	CM <sub>a</sub>	
Error	p(n-1)	SC <sub>r</sub>	CM <sub>r</sub>	
Total	pn -1)	SC <sub>t</sub>		

**NOTA.** En caso de haber mayor significancia se utilizará la prueba de TUKEY ( $\alpha=0,05$ ).

#### 3.9.2 Prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ )

Para probar si existe diferencia entre los promedios y evaluar las hipótesis de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados entre empresas, se realizó la prueba de Tukey. A un grado de confianza del 95% ( $\alpha=0,05$ ) y del 99% ( $\alpha=0,01$ ).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Propiedades físicas

**Tabla 6.** Propiedades físicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) y su relación con textura y color.

EMPRESA	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	PROPIEDADES FÍSICAS			Textura	Color
		Contenido de humedad (%)	Expansión (%)			
			Longitudinal	Transversal		
MAILSAC	0,46	15,3	0,13	0,10	R. Gruesa	Amarillo Claro
IUSAC	0,42	15,28	0,12	0,20	R. Gruesa	Amarillo Oscuro
GINASAC	0,48	14,09	0,24	0,22	R. Fina	Amarillo Pálido
<i>Promedio general</i>	0,45	14,89	0,16	0,17		
<i>Desviación Standard</i>	0,015	1,783	0,065	0,063		
<i>Coefficiente de Variación</i>	3,35	12,36	47,90	35,34		

*MAILSAC: Maderas Industriales y Laminados SAC; IUSAC: Industrial Ucayali; GINASAC: Industrias Gina SAC; R.GRUESA: Relativamente Gruesa; R.FINA: Relativamente Fina.*

#### 4.1.1 Densidad en equilibrio con el ambiente.

En la tabla 6, se muestra la densidad en equilibrio promedio de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) es de 0,45 g/cm<sup>3</sup>. Con el mayor valor de densidad Industrias GINA SAC con 0,48 g/cm<sup>3</sup>. Estos valores están por debajo de lo mostrado por Sánchez (2000), donde registró la densidad anhidra del pino con promedio de 0,59 g/cm<sup>3</sup> para los tableros de 3 mm, en 0,54 g/cm<sup>3</sup> para los de 6 mm y 0,52 g/cm<sup>3</sup> para los de 9 mm. Por lo tanto se puede atribuir que esta diferencia se debe a la densidad propia de las maderas.

Al aplicar el Análisis de Varianza de un Factor (AV1) mostrado en la tabla 14, se observa que p-valor ( $2,06 \times 10^{-18}$ ) es menor a  $\alpha=0,01$ , existiendo diferencias altamente significativas entre los promedios, a un nivel de confianza del 99%, indicando así que existe una notable

influencia de la procedencia de tableros contrachapados en la densidad en equilibrio de los tableros.

Al aplicar la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ) expuesto en la tabla 15, se muestra que la densidad en equilibrio de las empresas Industrias GINASAC, MAILSAC e IUSAC, difieren significativamente entre sí.

Por lo tanto al analizar la textura a nivel macroscópico, vemos que el tablero contrachapado que presenta la textura relativamente gruesa es IU SAC y muestra el valor de la densidad en equilibrio más bajo con  $0,42 \text{ g/cm}^3$ . El tablero contrachapado que presenta la textura relativamente fina es Industrias GINASAC, que presenta el mayor valor de la densidad en equilibrio con  $0,48 \text{ g/cm}^3$ . Entonces se puede atribuir que existe influencia de la textura en la densidad en equilibrio de tableros contrachapados.

#### **4.1.2 Contenido de humedad en equilibrio.**

En la tabla 6, se muestra el contenido de humedad en equilibrio promedio de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) es de 14,89 %. Con el mayor valor del contenido de humedad la empresa MAILSAC con 15,3 %. Estos valores están por encima del contenido de humedad promedio de los tableros OSB de 9,5 mm es de 6,64 % mostrados por Vásquez (2017). Probablemente debido a la naturaleza de los tableros. Según Masisa (2016) menciona que los tableros contrachapados están elaborados con finas capas o láminas de madera pegadas con las fibras transversalmente una sobre la otra con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor. Mientras que los tableros OSB, son tableros de virutas o astillas de madera orientadas que distribuyen en diferentes capas y se unen con cola sintética para, después, ser prensadas.

Al efectuar el Análisis de Varianza de un Factor (AV1) mostrado en la tabla 16, se observa que p-valor (0,1627) es mayor a  $\alpha=0,05$ , por lo tanto no existe diferencias estadísticamente significativas entre los promedios, a un nivel de confianza del 95%, precisando así que no

existe una demarcada influencia de la procedencia de tableros contrachapados en el contenido de humedad.

Pero al analizar de manera independiente se encuentra que la textura influye relativamente en la velocidad de captación de agua higroscópica. Por lo tanto al presentar el tablero contrachapado la textura relativamente gruesa (Maderas Industriales y Laminados SAC), estas van a captar más fácilmente la humedad del medio; por tal motivo al realizarse la determinación del contenido de humedad va presentar mayor contenido de humedad.

En el caso del tablero contrachapado que presenta textura relativamente fina (Industrias Gina SAC) el tiempo de captación de las moléculas de agua higroscópica del medio va ser mayor. A ello se puede atribuir que al momento de efectuar la evaluación, presentan menor contenido de humedad.

#### **4.1.3 Expansión longitudinal.**

En la tabla 6, se muestra la expansión longitudinal promedio de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (Iupuna blanca) es de 0,16 cm. Con el mayor valor de la expansión longitudinal Industrias GINASAC con 0,24 cm.

Al efectuar el Análisis de Varianza de un Factor (AV1) mostrado en la tabla 17, se observa que p-valor (0,0313) es menor a  $\alpha = 0,05$ , por lo tanto existe diferencia significativas entre los promedios, a un nivel de confianza del 95%, precisando así que existe una influencia significativa de la procedencia de tableros contrachapados en la expansión longitudinal.

Al aplicar la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) evidenciado en la tabla 18, se muestra que la diferencia de la expansión longitudinal de Industrias GINASAC, es significativo a IUSAC. Sin embargo no existe diferencia significativa de expansión longitudinal entre MAILSAC e industrias GINASAC. Así como también no existe diferencia significativa de la expansión longitudinal entre MAILSAC y la empresa IUSAC.

En efecto se puede atribuir que existe una relación directa entre la textura y la expansión longitudinal en tableros contrachapados. Así al tener una textura relativamente fina (Industrias Gina SAC) presenta mayor expansión longitudinal, esto implica que al tener esta característica el tablero contrachapado va a captar mayor cantidad de agua higroscópica y por lo tanto eso se refleja en una mayor expansión.

Esto se confirma con el tablero contrachapado que presenta la textura relativamente gruesa (Industrial Ucayali) donde presenta una menor expansión longitudinal, debido a que posee menor porcentaje de celulosa y por lo tanto va a captar menor cantidad de agua higroscópica.

#### **4.1.4 Expansión transversal**

En la tabla 6, se muestra la expansión transversal promedio de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) es de 0,17 cm. Industrias GINASAC presenta el mayor valor de expansión con 0,22 cm. Este resultado es mayor a lo que se muestra en la expansión longitudinal (0,16 cm). Debido a la orientación de las láminas o chapas que conforman los tableros contrachapados.

Al realizar el Análisis de Varianza de un Factor (AV1) mostrado en la tabla 19, se observa que p-valor (0,0284) es menor a  $\alpha = 0,05$ , por lo tanto existe diferencias significativas entre los promedios, a un nivel de confianza del 95%, precisando así que existe una influencia estadísticamente significativa de la procedencia de tableros contrachapados en la expansión en un corte transversal.

Al efectuar la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) mostrado en la tabla 20, se observa que la diferencia de la expansión transversal de Industrias GINASAC, es significativo a MAILSAC. Sin embargo no existe diferencia significativa de la expansión transversal entre MAILSAC y la empresa IUSAC. Así como también no existe diferencia significativa de la expansión transversal entre industrias GINASAC y la empresa IUSAC.

En consecuencia por efecto a la inmersión de una hora al agua, el tablero contrachapado de textura relativamente fina (Industrias Gina SAC) presento mayor arqueamiento, lo cual se puede atribuir que presenta mayor expansión, debido a que capto mayor cantidad de agua higroscópica y por lo tanto un mayor aumento en su sección. El tablero contrachapado de color amarillo claro (Maderas Industriales y Laminados SAC) es el que mostro el menor valor de expansión; lo cual se puede atribuir dicho comportamiento a la ausencia de inclusiones.

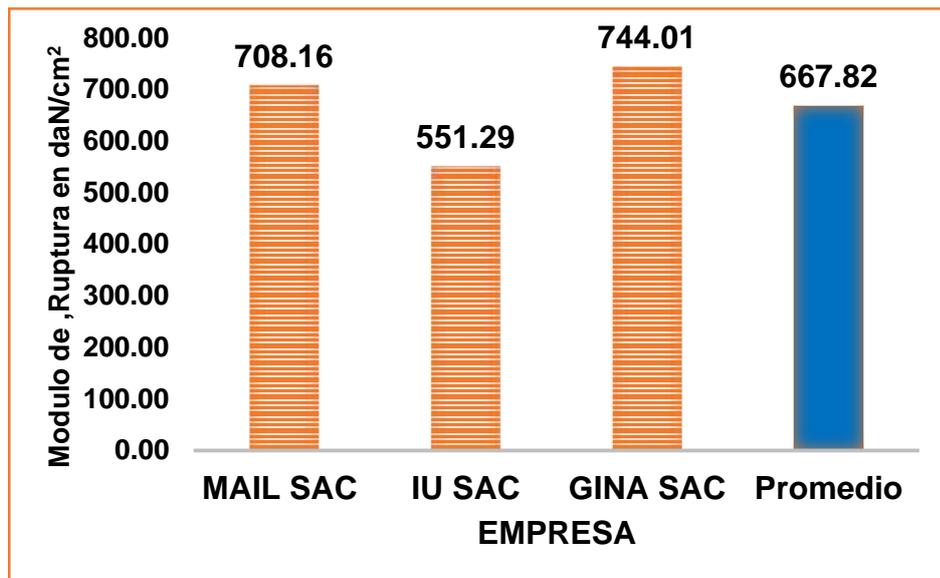
#### 4.2 Propiedades mecánicas.

**Tabla 7.** Propiedades mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) y su relación con textura y color.

EMPRESA	PROPIEDADES MECANICAS			Textura	Color
	MOR Longitudinal	(daN/cm <sup>2</sup> ) Transversal	Dureza (Kgf/cm <sup>2</sup> )		
MAILSAC	708,16	127,74	197,19	R. Gruesa	Amarillo Claro
IUSAC	551,29	171,44	210,08	R. Gruesa	Amarillo Oscuro
GINASAC	744,01	201,91	218,09	R. Fina	Amarillo Pálido
<i>Promedio general</i>	667,82	167,03	208,45		
<i>Desviación Standard</i>	74,860	36,930	17,694		
<i>Coficiente de Variación</i>	11,08	21,22	8,59		

*MAILSAC: Maderas Industriales y Laminados SAC; IUSAC: Industrial Ucayali; GINASAC: Industrias Gina SAC; R.GRUESA: Relativamente Gruesa; R.FINA: Relativamente Fina.*

#### 4.2.1 Módulo de ruptura longitudinal.



**Figura 3.** Variación del módulo de ruptura longitudinal entre empresas.

En la tabla 7 y figura 3, se muestran el módulo de ruptura longitudinal promedio de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (luna blanca) es de 667,82 daN/cm<sup>2</sup>. Con el mayor valor del módulo de ruptura Industrias GINASAC con 744,01 daN/cm<sup>2</sup>. Estos resultados están por encima a los que Rangel (2017) encontró en los tableros aglomerados de partículas de madera de *Eucalyptus urophylla*, (módulo de ruptura de 320,4 Kg/cm<sup>2</sup>). Esta diferencia es probablemente debido a la naturaleza de los tableros; ya que los tableros aglomerados de partículas de madera es una mezcla de partículas de madera a una proporción de 85% virutas o partículas y 15 % de cola sintética; a diferencia de los tableros contrachapados están formados por capas de madera delgadas o laminas pegados para hacerla más resistente a romperse, según Masisa (2016).

**Tabla 8.** Análisis de varianza (ANVA) del módulo de ruptura longitudinal entre empresas

<i>F.V</i>	<i>S.C</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>P - Valor</i>	<i>Signif</i>
Módulo de ruptura longitudinal	210123,8690	2	105061,9345	17,85	0,00001148	**
Error	158898,6430	27	5885,1349			
Total	369022,5120	29				

\* : *Significativo* ( $p < 0,05$ )

\*\* : *Altamente significativo* ( $p < 0,01$ )

En la tabla 8, se observa que p-valor es menor a  $\alpha = 0,01$ , por lo tanto existe diferencia altamente significativa entre los promedios, a un nivel de confianza del 99%, precisando así que existe una notable influencia de la procedencia de tableros contrachapados en el módulo de ruptura en un corte longitudinal.

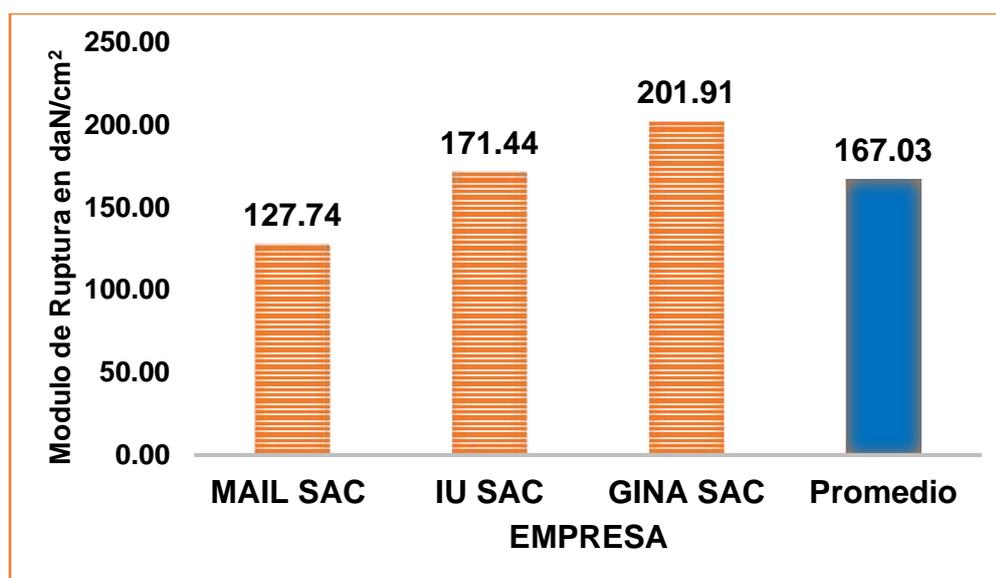
**Tabla 9.** Prueba de comparación del módulo de ruptura en un corte longitudinal entre empresas (Tukey  $\alpha = 0,05$ ).

<i>Módulo de ruptura</i>	<i>Medias</i>	<i>Significancia</i>
Industrias Gina SAC	744,01	AB
Maderas Industriales y Laminados SAC	708,16	BA
Industrial Ucayali SAC	551,29	C

En la tabla 9, se muestra que existe una diferencia altamente significativa del módulo de ruptura longitudinal de tableros contrachapados entre Industrias GINASAC y la empresa IUSAC. Pero no existe diferencia significativa entre Industrias GINASAC y MAILSAC. Sin embargo existe una diferencia altamente significativa entre MAILSAC y la empresa IUSAC.

Por lo tanto, la textura nos orienta en cuanto a la resistencia a la ruptura de tableros contrachapados; es así que en el presente caso del tablero contrachapado que presenta la textura relativamente fina (Industrias Gina SAC) presenta mayor valor del módulo de ruptura. En el caso del tablero contrachapado que presenta la textura relativamente gruesa (Industrial Ucayali SAC) presenta el menor valor del módulo de ruptura.

#### 4.2.2 Módulo de ruptura transversal.



**Figura 4.** Variación del módulo de ruptura transversal entre empresas.

En la tabla 7 y figura 4, se muestran el módulo de ruptura transversal promedio de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) es de 167,03 daN/cm<sup>2</sup>. Con el mayor valor del módulo de ruptura transversal Industrias GINASAC con 201,91 daN/cm<sup>2</sup>. Estos valores están por debajo del módulo de ruptura longitudinal (667,82 daN/cm<sup>2</sup>). Debido a la orientación de las láminas o chapas que conforman los tableros contrachapados.

**Tabla 10.** Análisis de varianza (ANVA) del Módulo de ruptura transversal entre empresas

F.V	S.C	GL	CM	FC	P - Valor	Signif
Módulo de ruptura transversal	27802,5752	2	13901,2870	7,956	0,00192	**
Error	47174,4157	27	1747,2000			
Total	74976,9909	29				

\* : Significativo ( $p < 0,05$ )

\*\* : Altamente significativo ( $p < 0,01$ )

En la tabla 10, se observa que p-valor es menor a  $\alpha = 0,01$ , por lo tanto existe una diferencia altamente significativa entre los promedios, a un nivel de confianza del 99%, precisando así que existe una relevante influencia de la procedencia de tableros contrachapado en el módulo de ruptura en un corte transversal.

**Tabla 11.** Prueba de comparación del módulo de ruptura en un corte transversal entre empresas (Tukey  $\alpha= 0,05$ ).

<i>Módulo de ruptura</i>	Medias	Significancia
Industrias Gina SAC	201,91	AB
Industrial Ucayali SAC	171,44	BA
Maderas Industriales y Laminados SAC	127,74	CB

En la tabla 11, se muestra que existe diferencia altamente significativa del módulo de ruptura transversal entre Industrias GINASAC y MAILSAC. Sin embargo no existe una diferencia significativa del módulo de ruptura transversal entre Industrias GINASAC y la empresa IUSAC. Así como también no existe una diferencia significativa entre MAILSAC y la empresa IUSAC.

Por ello la textura nos orienta en cuanto a la resistencia a la ruptura de tableros contrachapados; es así que en el presente caso el tablero contrachapado que presenta la textura relativamente fina (Industrias Gina SAC) presenta mayor valor del módulo de ruptura.

Así mismo al observar los tableros contrachapados de las empresas MAILSAC e IUSAC de texturas relativamente similares, vemos que el tablero contrachapado de IUSAC, presenta mayor coloración y es el que presenta mayor valor del módulo de ruptura (171,44 daN/cm<sup>2</sup>). Por lo tanto se puede atribuir a que la exhibición de mayor coloración estaría presentando un mayor porcentaje de inclusiones, que podrían estar contribuyendo a este valor relativamente mayor con respecto al tablero contrachapado de MAILSAC, que presenta el valor más bajo del módulo de ruptura, a su vez presenta un color amarillo claro. Por lo cual se puede atribuir que presenta una menor porcentaje de inclusiones.

Y en el caso del tablero contrachapado que presenta la textura relativamente gruesa (Industrial Ucayali SAC) presenta el menor valor del módulo de ruptura.

### 4.2.3 Dureza.

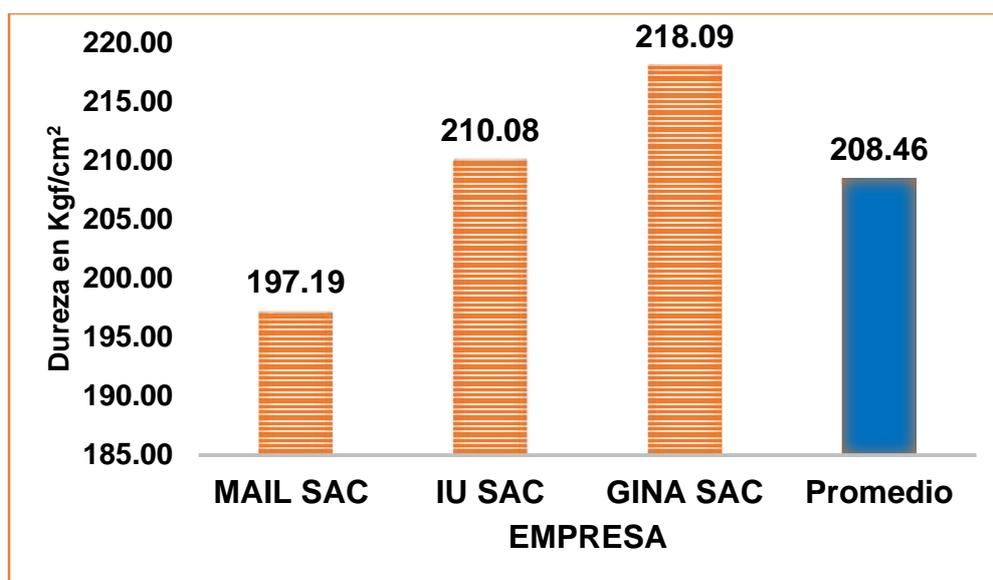


Figura 5. Variación de la Dureza entre empresas.

En la tabla 7 y figura 5, se muestran la dureza promedio de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) es de 208,46 Kg/cm<sup>2</sup>. Con el mayor valor promedio de dureza Industrias GINASAC con 218,09 Kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 12. Análisis de varianza (ANVA) de la dureza entre empresas.

F.V	S.C	GL	CM	FC	P - Valor	Signif
Dureza	4447,5700	2	2223,1830	6,63	0,00258	**
Error	19122,1630	57	335,4770			
Total	23569,7330	59				

\* : Significativo ( $p < 0,05$ )      \*\* : Altamente significativo ( $p < 0,01$ )

En la tabla 12, se observa que p-valor es menor a  $\alpha = 0,01$ , por lo tanto existe una diferencia altamente significativa entre los promedios, a un nivel de confianza del 99%, precisando así que existe una considerable influencia de la procedencia de tableros contrachapados en la dureza.

**Tabla 13.** Prueba de comparación de la dureza entre empresas (Tukey  $\alpha= 0,05$ ).

Dureza	Medias	Significancia
Industrias Gina SAC	208,45	AB
Industrial Ucayali SAC	210,08	BA
Maderas Industriales y Laminados SAC	197,19	CB

En la tabla 13, se muestra que existe diferencia altamente significativa de la dureza entre Industrias GINASAC y MAILSAC. Sin embargo no existe diferencia significativa de dureza entre Industrias GINASAC y la empresa IUSAC. Así como también no existe una diferencia significativa de dureza entre MAILSAC y la empresa IUSAC.

Por consiguiente la dureza de tableros contrachapados en el presente estudio parece tener cierta relación con la textura. Así de las tres empresas estudiadas la que presenta la textura relativamente fina (Industrias GINASAC) es la que presenta los valores promedios mayores de dureza en tableros contrachapados.

Por tanto al observar los tableros contrachapados en las empresas MAILSAC e IUSAC, se puede notar que son relativamente similares, lo cual se refleja en cierta medida a los valores de dureza.

Así mismo al observar los tableros contrachapados de MAILSAC y la empresa IUSAC de texturas relativamente similares, vemos que el tablero contrachapado de IU SAC, presenta mayor coloración y es el que presenta mayor valor de la dureza (210,08 Kgf/cm<sup>2</sup>). Por lo tanto se puede atribuir a que la exhibición de mayor coloración estaría presentando un mayor porcentaje de inclusiones, que podrían estar contribuyendo a este valor relativamente mayor. Con el valor más bajo de dureza el tablero contrachapado de MAILSAC, que presenta un color amarillo claro. Por lo cual se puede atribuir que presenta un menor porcentaje de inclusiones.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES.

1. Los tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) de Industrias GINASAC; presentan mayores valores de propiedades físicas y mecánicas que los tableros contrachapados producidos por las otras dos empresas (MAILSAC e IUSAC); en cuanto a densidad con  $0.48 \text{ g/cm}^3$ , expansión longitudinal con  $0,24 \text{ cm}$ , expansión transversal con  $0,22 \text{ cm}$ , módulo de ruptura longitudinal con  $744,01 \text{ daN/cm}^2$ , módulo de ruptura transversal con  $201,91 \text{ daN/cm}^2$  y dureza con  $218,09 \text{ Kgf/cm}^2$ .
2. Las empresas MAILSAC e IUSAC presentan una densidad de  $0,46 \text{ g/cm}^3$  y  $0,42 \text{ g/cm}^3$ , expansión longitudinal con  $0,13 \text{ cm}$  y  $0,12 \text{ cm}$ , expansión transversal con  $0,10 \text{ cm}$  y  $0,20 \text{ cm}$ , MOR longitudinal con  $708,16 \text{ daN/cm}^2$  y  $551,29 \text{ daN/cm}^2$ , MOR transversal con  $127,74 \text{ daN/cm}^2$  y  $171,44 \text{ daN/cm}^2$  y dureza con  $197,19 \text{ Kgf/cm}^2$  y  $210,08 \text{ Kgf/cm}^2$  respectivamente.
3. La textura de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) en Industrias GINASAC es relativamente fina mientras que con textura relativamente gruesa las empresas MAILSAC e IUSAC. El color de tableros contrachapados en Industrias GINA SAC es amarillo pálido, en MAILSAC es amarillo claro y en IUSAC es amarillo oscuro.
4. La densidad de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) en las empresas Industrias GINASAC ( $0.48 \text{ g/cm}^3$ ), MAILSAC ( $0,46 \text{ g/cm}^3$ ) e IUSAC ( $0,42 \text{ g/cm}^3$ ), varían significativamente entre sí, atribuidos en parte a la textura.
5. El contenido de humedad de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) en las empresas Industrias GINASAC ( $14,09 \%$ ), MAILSAC ( $15,3 \%$ ) e IUSAC ( $15,28 \%$ ), son estadísticamente similares.

6. La expansión longitudinal y transversal de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) en las empresas Industrias GINASAC (0,24 cm) y (0,22cm), MAILSAC (0,13 cm) y (0,10 cm) e IUSAC (0,12 cm) y (0,20cm) respectivamente, varían significativamente entre sí; atribuidos en parte a la textura y color.
7. El módulo de ruptura longitudinal y transversal de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) en las empresas Industrias GINASAC (744,01 daN/cm<sup>2</sup>) y (201,91 daN/cm<sup>2</sup>), MAILSAC (708,16 daN/cm<sup>2</sup>) y (127,74 daN/cm<sup>2</sup>) e IUSAC (551,29 daN/cm<sup>2</sup>) y (171,44 daN/cm<sup>2</sup>) respectivamente, varían significativamente entre sí; atribuidos en parte a la densidad y color.
8. La dureza de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) en Industrias GINASAC (218,09 Kgf/cm<sup>2</sup>), MAILSAC (197,19 Kgf/cm<sup>2</sup>) e IUSAC (210,08 Kgf/cm<sup>2</sup>), varían significativamente entre sí; atribuidos en parte a la densidad y color.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

1. Para contar con mayor información de tableros contrachapados de 4 mm, se debe realizar estudios del módulo de elasticidad (MOE), trabajabilidad y durabilidad.
2. Se recomienda a las empresas, incluir en el sello de rotulado de tableros contrachapados, los valores de las propiedades físicas y mecánicas; como densidad, módulo de ruptura y dureza; según los estudios realizados a los productos que ofertan.
3. Utilizar los tableros contrachapados en sentido transversal para trabajos de curvatura; debido a que presentan un menor MOR, respecto al sentido longitudinal.
4. En estudios futuros se recomienda utilizar un mayor número de muestras; con la finalidad de obtener mayor precisión en los resultados.
5. Con la finalidad de propiciar mejora de la calidad de tableros contrachapados; se recomienda utilizar en cara y trascara, láminas de color oscuro; que corresponde por lo general al duramen de las trozas utilizadas en la fabricación de tableros contrachapados. Ya que contribuyen a dar mayor resistencia mecánica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, V. H. (2013). Estudio del efecto de la Humedad de las chapas de Sande (*Brosimum utile*) y Pachaco (*Schizolobium parahybum*) sobre la calidad del pegado y el contenido de Formaldehído libre en tableros contrachapados en la empresa enchapes decorativos S.A. Quito - Ecuador.
- AITIM, (2015). Productos Básicos y Carpintería - Tableros de Contrachapado. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera; 4 - 5.
- Ananías, R. (2004). Física de la Madera. Departamento Ingeniería en Maderas, Universidad del Biobo, Chile, 41.
- Arostegui Vargas, A. (1961). Estructura Anatómica y Propiedades Físico-Mecánicas de dos maderas del Perú *Guarea trichiloides* L. y *Ceiba pentandra* L. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- Avalos, A. (2013). "Estudio del comportamiento al secado artificial de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales". Pucallpa-Perú: AIDER.
- Baluart, J. (1995). Diagnóstico del Sector Forestal en la Región Amazónica. Iquitos-Perú: IIAP, Documento Técnico N°13.
- Cámara Nacional de la Industria Forestal - CNIF (1997). Memorial Estadística 1995 - 1997. México: s/p.
- Confederación Peruana de la Madera - CPM. (2008). Compendio de Información Técnica de 32 especies forestales tomo II. Lima-Perú: 2° edición: CITE madera.
- Dirección General Forestal y Fauna Silvestre - DGFFS-U. (2017). Registro de Plantas de Transformación Primaria de Productos Forestales Maderables. Pucallpa - Perú.

- Díaz, P. (2005). Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes. Talca-Chile: Universidad de Talca.
- Food and Agriculture Organization - FAO. (1983). Technical Consultation on Wood-based Panels. New Delhi: 13-17p.
- Giménez, A., & López, C. (2002). Variación longitudinal de los elementos del leño en *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht) Barkl. et Meyer Anacardiaceae. *Madera y Bosques* 8(2), 27-38.
- Goche, J., Fuentes, M., & Borja, A. (et al., 2000). Variación de las Propiedades Físicas de la madera de un árbol de *Abies religiosa* y de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6(1), 83-92.
- Hoheisel, H. (1981). Estipulaciones para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. Universidad Nacional de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales, 51.
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. (1996). Plantas Medicinales de la Amazonía Peruana, Estudio de su uso y cultivo. Iquitos- Perú.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA. (1998). Plan de Manejo Forestal del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt. Lima - Perú: Ministerio de Agricultura-ITTO.
- Masisa, M. (2016). Ficha Técnica. Masisa, tu mundo, tu estilo.
- Minagri. (Diciembre de 2018). El clima - minagri. Obtenido de [www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)
- Morales, E. (2003). Madera al Exterior: Humedad de equilibrio higroscópico y sus valores característicos. AITIM, Boletín de información técnica N° 226, 44-48.

- Nájera, J., Vargas, Z., Méndez, J., & Graciano, J. (2005). Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera en Quercus Laeta Liemb. De El Salto, Durango. Ra Ximhai, año/vol. 1, número 003, 559-576.
- Norma Técnica Peruana - NTP 251.012. (2004). Método de determinación de la contracción. Lima - Perú: Inecal.
- Norma Técnica Peruana - NTP 251.038. (2017). Tableros De Madera Contrachapados. Definición y terminología. Lima - Perú: Inecal.
- Norma Técnica Peruana - NTP (251.001.2003). Definición de Términos Básicos. Lima: Inecal.
- Norma Técnica Peruana - NTP 251.040. (1979 - Revisado en 2010). Tableros De Madera Contrachapada. Clasificación por sus Caras. Lima - Perú: Inecal.
- Norma Técnica Peruana - NTP 251.055. (1980-Revisado en 2010). Tableros De Madera Contrachapada. Condiciones generales de ensayo. Lima - Perú: Inecal.
- Norma Técnica Peruana - NTP 251.056. (1980 - Revisado el 2010). Tableros De Madera Contrachapada. Determinación de la Humedad. Lima - Perú: Inecal.
- Norma Técnica Peruana - NTP.251.054. (1980 - Revisado 2010). Tableros De Madera Contrachapada. Muestreo. Lima - Perú: Inecal.
- Norma Técnica Peruana - NTP.251.057. (1980 - Revisado en 2010). Tableros De Madera Contrachapada. Determinación de la densidad. Lima - Perú: Inecal.
- Norma Técnica Peruana - NTP.251.066. (1982 - Revisado en 2010). Tableros De Madera Contrachapada. Ensayo de flexión. Lima-Perú: Inecal.
- Norma Técnica Peruana - NTP.251.081. (1986 - Revisado en 2010). Tableros De Madera Contrachapada .Ensayo de dureza. Lima-Perú: Inecal.

- Norma Técnica Peruana - NTP.251.084. (1986 - Revisado en 2010). Tableros De Madera Contrachapada. Ensayo de Expansión y Contracción debido a cambios en el contenido de humedad. Lima-Perú: Inecal.
- Omote, M y Valenzuela, L. (2011). Variación radial y longitudinal de la densidad básica en árboles de *Eucalyptus regnans* de 16 años. Maderas. Ciencia y tecnología. vol.13 N°.2. 211-224.
- Ordoñez, P y Lugo, Y. (2015). Estructuras De Madera Aplicadas al Sector de la Construcción en el Perú. Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Panshin, A. J. (1959). Productos forestales, origen, beneficios y aprovechamiento. Barcelona-España: 1er ed. En español. 605p.
- Piter & Igartúa (2009). Estudio de algunas propiedades físicas de la madera de *Acacia melanoxylon* en Argentina. Madera. Ciencia y tecnología, 04-05.
- Promamazonia. (Noviembre de 2016). <http://www.promamazonia.org.pe>. Obtenido de <http://www.promamazonia.org.pe>: [http://www.promamazonia.org.pe/SiBiocomercio/wfr\\_LineaProductivalt em.aspx?Tef\\_IdTemaFicha=120](http://www.promamazonia.org.pe/SiBiocomercio/wfr_LineaProductivalt em.aspx?Tef_IdTemaFicha=120)
- Rangel, L. (2017). Propiedades de Tableros Aglomerados de Partículas Fabricados con Madera de *Eucalyptus urophylla*. Maderas, Ciencia y Tecnología, 382.
- Rivera, J. (2014). Variación del contenido de humedad y cambio dimensional en diferentes alturas de fuste de bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en la zona de Tingo María. Tingo María - Perú: tesis para optar el título de ingeniero en recursos naturales renovables – mención forestal.
- Rubio, M. (2006). Determinación de las propiedades físico-mecánicas del Triplay, de tableros enlistonados de madera y de recortes de Triplay, enchapados. Michoacán - México.

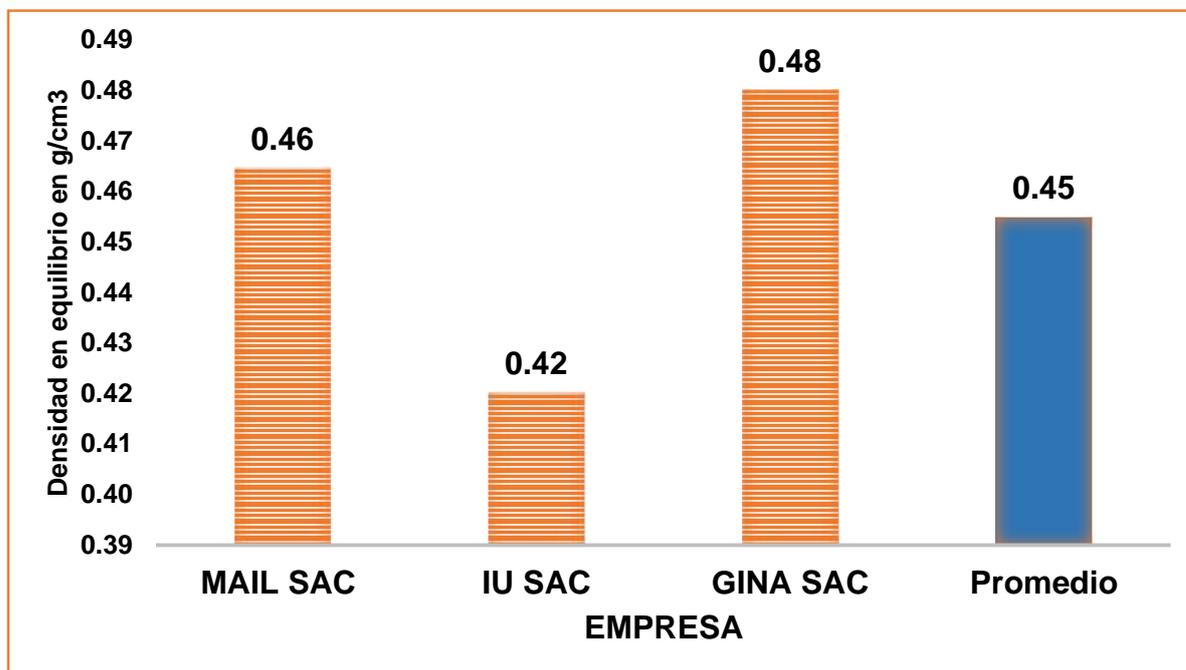
- Industrias Ucayali - I.U. S.A.C, (2016). Informe diario de producción. Pucallpa - Perú.
- Salvador, A. (2014). Diversidad de Especies Arbóreas como Indicador de Calidad Ambiental en los Diferentes Niveles del parque Nacional Tingo María. Tingo María-Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Sánchez, E. L. (2000). Propiedades Físico - Mecánico de nueve tableros contrachapados de Pino, de tres fabricantes nacionales. Título Profesional. Chapingo, Texcoco - México: 57p.
- Santiago, P., Guevara, C y Espinoza, M. (2013). Manual de Transformación de la Madera. Pucallpa-Perú: AIER Y OIMT.
- Sarh-sff. (1982). Diagnóstico sobre las industrias de los tableros de madera en México.
- SENCICO. (2016). Industria de la construcción – tableros contrachapados de madera de pino y otras coníferas – propiedades mecánicas – métodos de ensayo”. Lima-Perú: 19p.
- SERFOR. (2017). Anuario Perú forestal en números 2015. "Perú forestal en números 2015", 50p.
- Spavento, E. M., Keil, D., & Monteoliva, S. (2008). Propiedades mecánicas de la madera. Argentina: facultad de ciencias agrarias y forestales; universidad nacional de la plata.
- Tortorelli. (1960). Clasificación de la Textura de la madera en Coníferas y Latifoliadas.
- Valderrama, H. (1993). Características Tecnológicas y Uso Industrial de Nuevas Especies Forestales de la Amazonía Peruana. Folia Amazónica Vol. 5 (1-2)- IIAP, 75-97.ç
- Vasquez, L. (2017). Determinacion de las Propiedades Fisicas y Mecanicas de tableros OSB fabricados en Chile. Informe Tecnico N° 128 - Minagri - Infor, 31.

Vignote P., S. y. (1996). Tecnología de la Madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid-España: 602p.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Figuras y Tablas de Resultados



**Figura 6.** Variación de la densidad en equilibrio entre empresas.

**Tabla 14.** Análisis de varianza (ANVA) de la densidad en equilibrio entre empresas

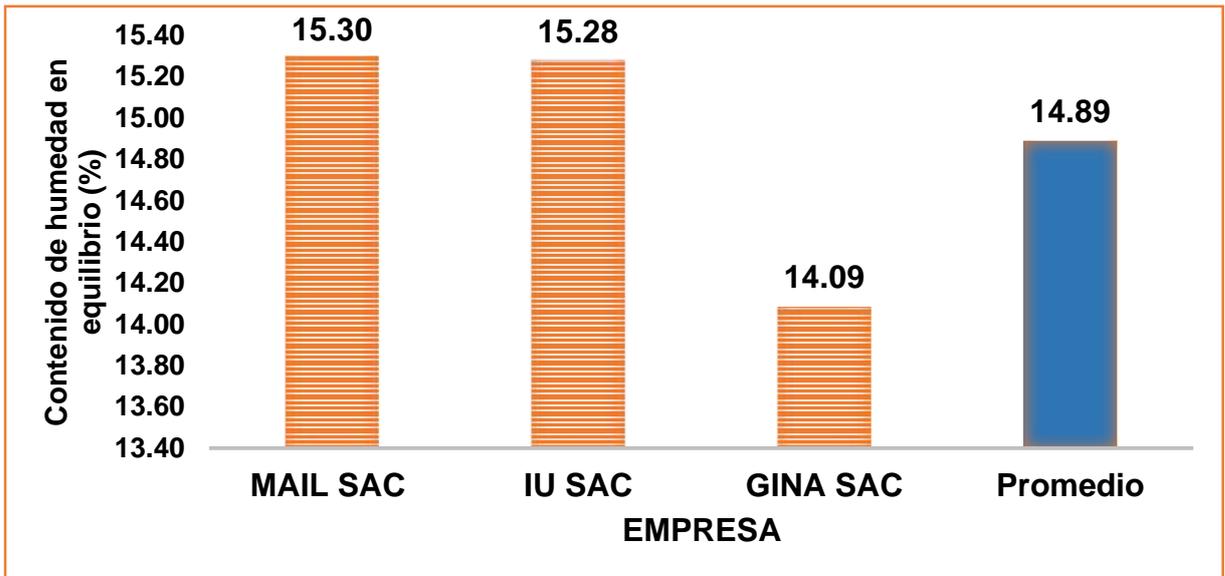
<i>F.V</i>	<i>S.C</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>P - Valor</i>	<i>Signif</i>
Densidad en equilibrio	0,0387	2	0,0193	83.330	0,0000000000000000206	**
Error	0,0136	57	0,0002			
Total	0,0522	59				

\* : Significativo ( $p < 0,05$ )

\*\* : Altamente significativo ( $p < 0,01$ )

**Tabla 15.** Prueba de comparación de la densidad en equilibrio entre empresas (Tukey  $\alpha = 0,05$ ).

Densidad en equilibrio	Medias	Significancia
Industrias Gina SAC	0,48	A
Maderas Industriales y Laminados SAC	0,46	B
Industrial Ucayali SAC	0,42	C



**Figura 7.** Variación del contenido de humedad en equilibrio entre empresas.

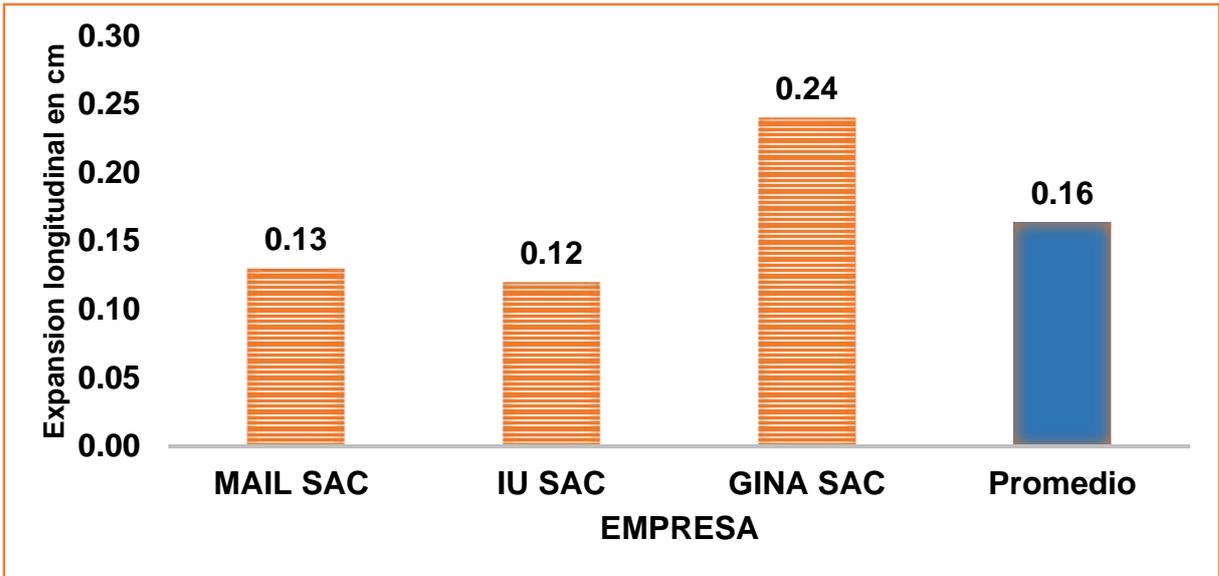
**Tabla 16.** Análisis de varianza (ANVA) del contenido de humedad en equilibrio entre empresas

<i>F.V</i>	<i>S.C</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>P - Valor</i>	<i>Signif</i>
Contenido de humedad en equilibrio	19,3195	2	9,6597	1,8745	0,1627	NS
Error	293,7232	57	5,1530			
Total	313,0427	59				

\* : Significativo ( $p < 0,05$ )

\*\* : Altamente significativo ( $p < 0,01$ )

NS: No existe diferencia estadísticamente significativa



**Figura 8.** Variación de la expansión longitudinal entre empresas.

**Tabla 17.** Análisis de varianza (ANVA) de la expansión longitudinal entre empresas

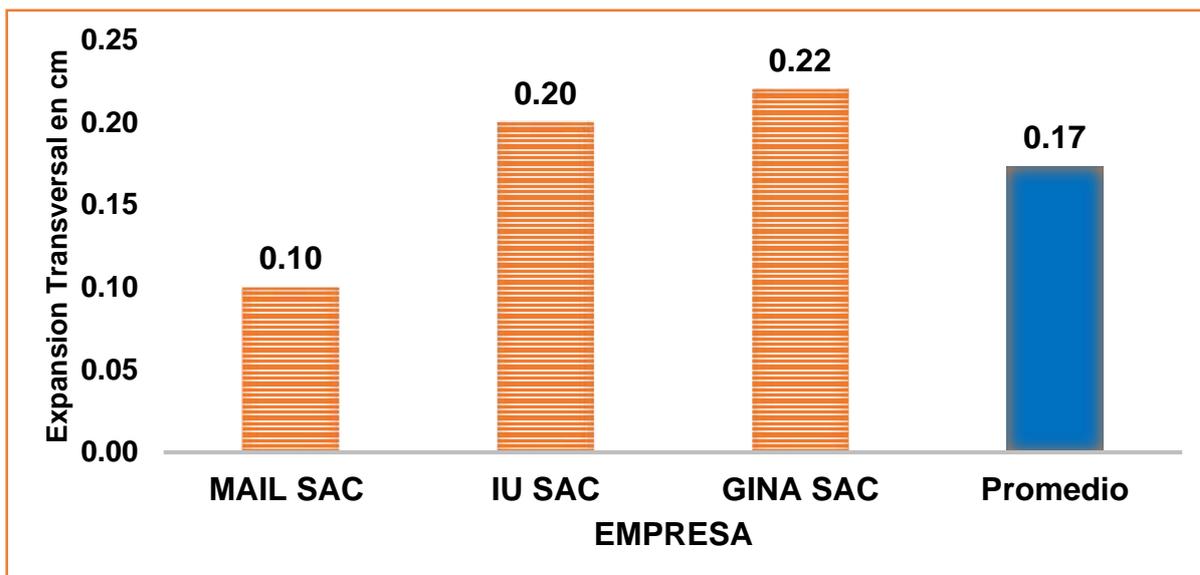
<i>F.V</i>	<i>S.C</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>P - Valor</i>	<i>Signif</i>
Expansión longitudinal	0,6523	2	0,0467	4,6836	0,0313	*
Error	0,5879	12	0,0598			
Total	1,2402	14				

\* : Significativo ( $p < 0,05$ )

\*\* : Altamente significativo ( $p < 0,01$ )

**Tabla 18.** Prueba de comparación de la expansión longitudinal entre empresas (Tukey  $\alpha = 0,05$ )

<i>Expansión longitudinal</i>	Medias	Significancia
Industrias Gina SAC	0,24	AB
Maderas Industriales y Laminados SAC	0,13	BA
Industrial Ucayali SAC	0,12	CB



**Figura 9.** Variación de la expansión transversal entre empresas.

**Tabla 19.** Análisis de varianza (ANVA) de la expansión transversal entre empresas

<i>F.V</i>	<i>S.C</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>P - Valor</i>	<i>Signif</i>
Expansión transversal	0,0449	2	0,0224	4,86	0,0284	*
Error	0,0554	12	0,0050			
Total	0,1003	14				

\* : Significativo ( $p < 0,05$ )

\*\* : Altamente significativo ( $p < 0,01$ )

**Tabla 20.** Prueba de comparación de la expansión transversal entre empresas (Tukey  $\alpha = 0,05$ )

<i>Expansión transversal</i>	Medias	Significancia
Industrias Gina SAC	0,22	AB
Industrial Ucayali SAC	0,20	BA
Maderas Industriales y Laminados SAC	0,10	CB

## ANEXO 2

### Datos registrados

**Tabla 21.** Densidad en equilibrio de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).

Nº	D-MAILSAC (g/cm <sup>3</sup> )	D-IUSAC (g/cm <sup>3</sup> )	D-GINASAC (g/cm <sup>3</sup> )
01	0,49	0,40	0,46
02	0,47	0,41	0,48
03	0,47	0,41	0,46
04	0,47	0,42	0,46
05	0,45	0,41	0,49
06	0,45	0,41	0,46
07	0,46	0,42	0,46
08	0,48	0,42	0,49
09	0,48	0,44	0,47
10	0,47	0,42	0,46
11	0,47	0,42	0,47
12	0,46	0,41	0,48
13	0,45	0,41	0,48
14	0,46	0,42	0,48
15	0,46	0,40	0,48
16	0,45	0,41	0,48
17	0,46	0,44	0,50
18	0,45	0,45	0,51
19	0,48	0,45	0,52
20	0,46	0,43	0,50
<i>Promedio</i>	<b>0,46</b>	<b>0,42</b>	<b>0,48</b>
<i>D. Standar</i>	<b>0,012</b>	<b>0,015</b>	<b>0,018</b>
<i>C. V %</i>	<b>2,63</b>	<b>3,620</b>	<b>3,794</b>

D-MAILSAC: Densidad de la empresa Maderas Industriales y Laminados SAC  
D-IUSAC: Densidad de la empresa Industrial Ucayali SAC; D-GINASAC: Densidad de la empresa Industrias Gina SAC.

**Tabla 22.** Contenido de humedad en equilibrio de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).

Nº	CH% - MAIACSAC (%)	CH% - IUSAC (%)	CH% - GINASAC (%)
01	16,23	14,80	12,93
02	14,84	14,92	12,19
03	14,58	15,80	13,73
04	16,11	15,68	14,14
05	13,83	14,48	13,17
06	14,37	15,21	13,63
07	16,21	16,57	12,89
08	15,68	15,40	13,03
09	15,43	15,77	13,70
10	15,74	15,59	14,70
11	16,89	14,76	14,87
12	16,30	15,29	14,45
13	16,44	14,77	12,24
14	15,61	14,59	13,33
15	14,00	15,93	11,91
16	14,33	16,12	12,19
17	15,39	15,35	13,88
18	13,70	14,22	12,31
19	14,26	14,73	12,82
20	16,05	15,60	29,62
<b>Promedio</b>	<b>15,30</b>	<b>15,28</b>	<b>14,09</b>
<b>D. Standar</b>	<b>0,979</b>	<b>0,612</b>	<b>3,758</b>
<b>C. V %</b>	<b>6,397</b>	<b>4,009</b>	<b>26,683</b>

%CH-MAIACSAC: Contenido de humedad de la empresa Maderas Industriales y Laminados SAC; %CH-IUSAC: Contenido de humedad de la empresa Industrial Ucayali SAC; %CH-GINASAC: Contenido de humedad de la empresa Industrias Gina SAC.

**Tabla 23.** Expansión longitudinal en un corte longitudinal de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).

Nº	EXP – MAILSAC (cm)	EXP- IUSAC (cm)	EXP – GINASAC (cm)
01	0,03	0,07	0,20
02	0,29	0,23	0,23
03	0,10	0,07	0,26
04	0,10	0,10	0,26
05	0,13	0,13	0,26
<b>Promedio</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>0,24</b>
<b>D.Standar</b>	<b>0,098</b>	<b>0,068</b>	<b>0,029</b>
<b>C.V %</b>	<b>75,122</b>	<b>56,428</b>	<b>12,160</b>

EXP - MAILSAC: Expansión longitudinal de la empresa Maderas Industriales y Laminados SAC; EXP - IUSAC: Expansión longitudinal de la empresa Industrial Ucayali SAC; EXP - GINASAC: Expansión longitudinal de la empresa Industrias Gina SAC.

**Tabla 24.** Expansión longitudinal en un corte transversal de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).

Nº	EXP – MAILSAC (cm)	EXP- IUSAC (cm)	EXP – GINASAC (cm)
01	0,13	0,26	0,07
02	0,13	0,13	0,30
03	0,07	0,26	0,29
04	0,10	0,20	0,26
05	0,07	0,16	0,20
<b>Promedio</b>	<b>0,10</b>	<b>0,20</b>	<b>0,22</b>
<b>D.Standar</b>	<b>0,033</b>	<b>0,059</b>	<b>0,097</b>
<b>C.V %</b>	<b>32,771</b>	<b>29,320</b>	<b>43,940</b>

EXP - MAILSAC: Expansión longitudinal de la empresa Maderas Industriales y Laminados SAC; EXP - IUSAC: Expansión longitudinal de la empresa Industrial Ucayali SAC; EXP - GINASAC: Expansión longitudinal de la empresa Industrias Gina SAC.

**Tabla 25.** Módulo de ruptura longitudinal de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (Iupuna blanca).

Nº	MOR - MAILSAC (daN/cm <sup>2</sup> )	MOR - IUSAC (daN/cm <sup>2</sup> )	MOR - GINASAC (daN/cm <sup>2</sup> )
01	817,97	616,28	627,48
02	795,56	571,46	616,28
03	717,12	470,61	761,94
04	694,71	593,87	705,92
05	694,71	537,84	784,35
06	537,84	593,87	795,56
07	683,51	549,05	750,74
08	728,33	470,61	750,74
09	694,71	504,23	694,71
10	717,12	605,07	952,43
<b>Promedio</b>	<b>708,16</b>	<b>551,29</b>	<b>744,01</b>
<b>D.Standar</b>	<b>74,849</b>	<b>54,331</b>	<b>95,400</b>
<b>C.V %</b>	<b>10,570</b>	<b>9,855</b>	<b>12,822</b>

MOR - MAILSAC: Modulo de ruptura longitudinal de la empresa Maderas Industriales y Laminados SAC; MOR - IUSAC: Modulo de ruptura longitudinal de la empresa Industrial Ucayali SAC; MOR - GINASAC: Modulo de ruptura longitudinal de la empresa Industrias Gina SAC.

**Tabla 26.** Módulo de ruptura en un corte transversal de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).

Nº	MOR - MAILSAC (daN/cm <sup>2</sup> )	MOR - IUSAC (daN/cm <sup>2</sup> )	MOR - GINASAC (daN/cm <sup>2</sup> )
01	112,05	156,87	179,28
02	134,46	145,665	237,546
03	134,46	168,075	369,765
04	78,435	156,87	201,69
05	112,05	156,87	190,485
06	145,665	190,485	156,87
07	134,46	168,075	156,87
08	168,075	224,1	190,485
09	123,255	168,075	190,485
10	134,46	179,28	145,665
<b>Promedio</b>	<b>127,74</b>	<b>171,44</b>	<b>201,91</b>
<b>D.Standar</b>	<b>23,740</b>	<b>22,441</b>	<b>64,610</b>
<b>C.V %</b>	<b>18,585</b>	<b>13,090</b>	<b>31,999</b>

MOR - MAILSAC: Modulo de ruptura transversal de la empresa Maderas Industriales y Laminados SAC; MOR - IUSAC: Modulo de ruptura transversal de la empresa Industrial Ucayali SAC; MOR - GINASAC: Modulo de ruptura transversal de la empresa Industrias Gina SAC.

**Tabla 27.** Dureza de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).

Nº	Du - MAILSAC (Kg/cm2)	Du - IUSAC (Kg/cm2)	Du - GINASAC (Kg/cm2)
01	208,66	190,51	204,12
02	210,47	219,54	188,70
03	215,01	237,23	194,59
04	162,39	189,60	217,73
05	171,91	193,69	221,81
06	188,24	219,09	213,19
07	260,82	194,59	221,81
08	206,39	192,78	206,39
09	207,75	205,93	208,20
10	229,07	215,46	213,65
11	205,48	207,30	211,83
12	174,18	217,27	226,35
13	159,67	215,46	231,34
14	180,99	233,60	241,32
15	205,93	207,30	217,73
16	176,90	233,60	217,73
17	188,24	210,47	226,35
18	177,81	208,20	235,87
19	200,72	201,40	215,91
20	213,19	208,66	247,21
<b>Promedio</b>	<b>197,19</b>	<b>210,08</b>	<b>218,09</b>
<b>D.Standar</b>	<b>24,384</b>	<b>14,231</b>	<b>14,468</b>
<b>C.V %</b>	<b>12,366</b>	<b>6,774</b>	<b>6,634</b>

Du - MAILSAC: Dureza de la empresa Maderas Industriales y Laminados SAC; Du - IUSAC: Dureza de la empresa Industrial Ucayali SAC; Du - GINASAC: Du de la empresa Industrias Gina SAC.

### ANEXO 3

#### Figuras del proceso de recolección de datos.



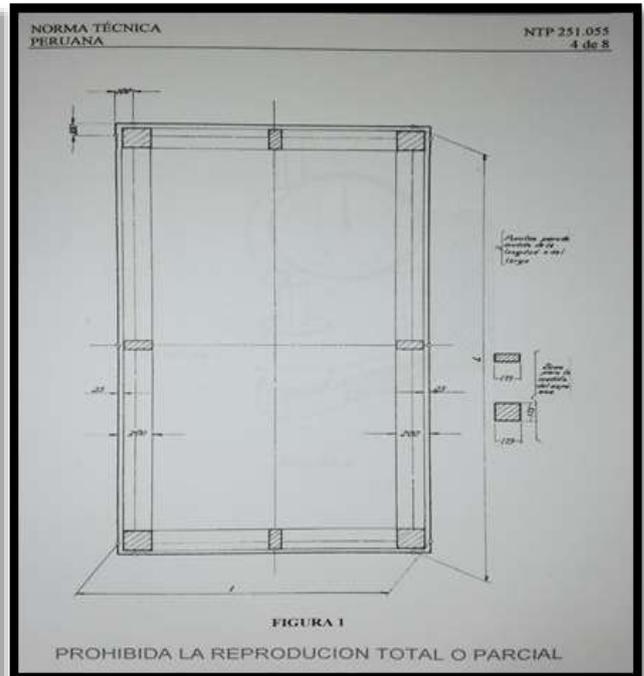
**Figura 10.** Lotes de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* (lupuna blanca) en la empresa GINASAC.



**Figura 11:** Lotes de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) en la empresa IUSAC.



**Figura 12.** Lotes de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) en la empresa MAILSAC.



**Figura 13.** Muestreo de tableros contrachapados según la Norma Técnica Peruana 251.054.

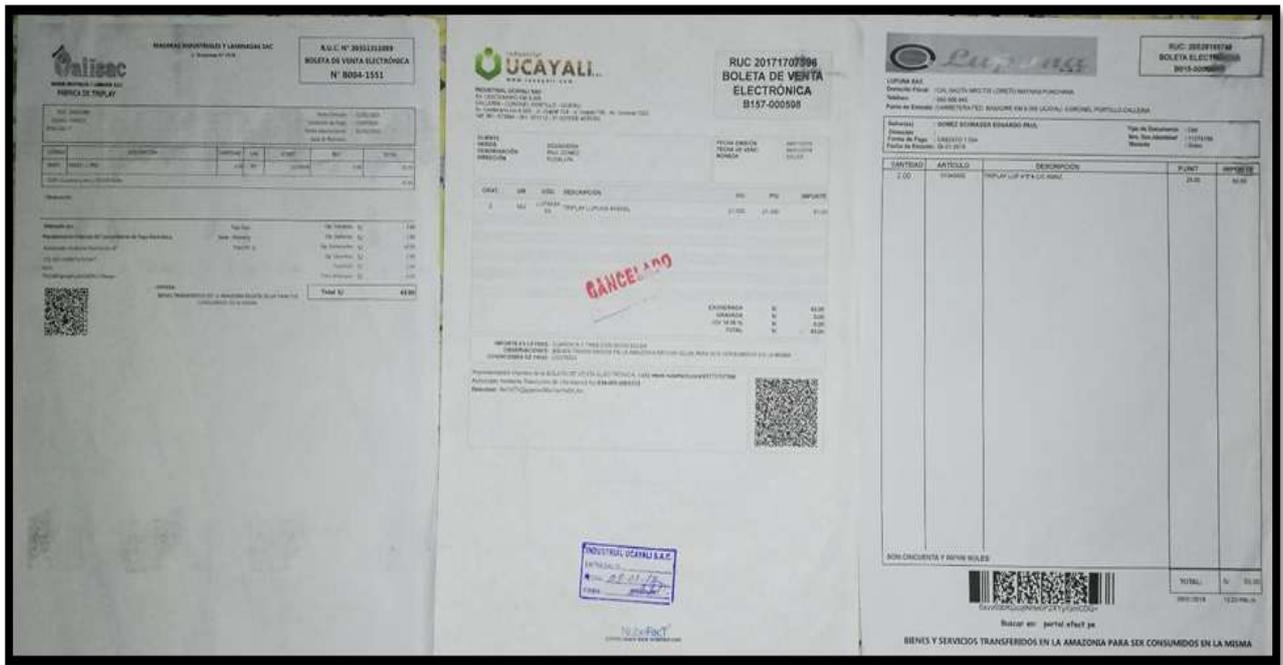


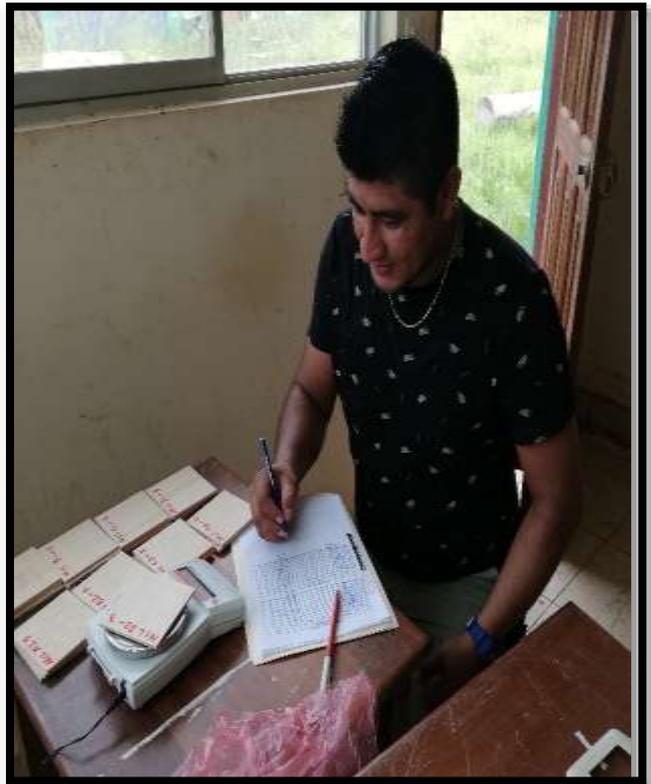
Figura 14. Boletas de compra de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca), de tres empresas.



Figura 15. Preparación y obtención de las probetas



**Figura 16.** Codificación de las probetas



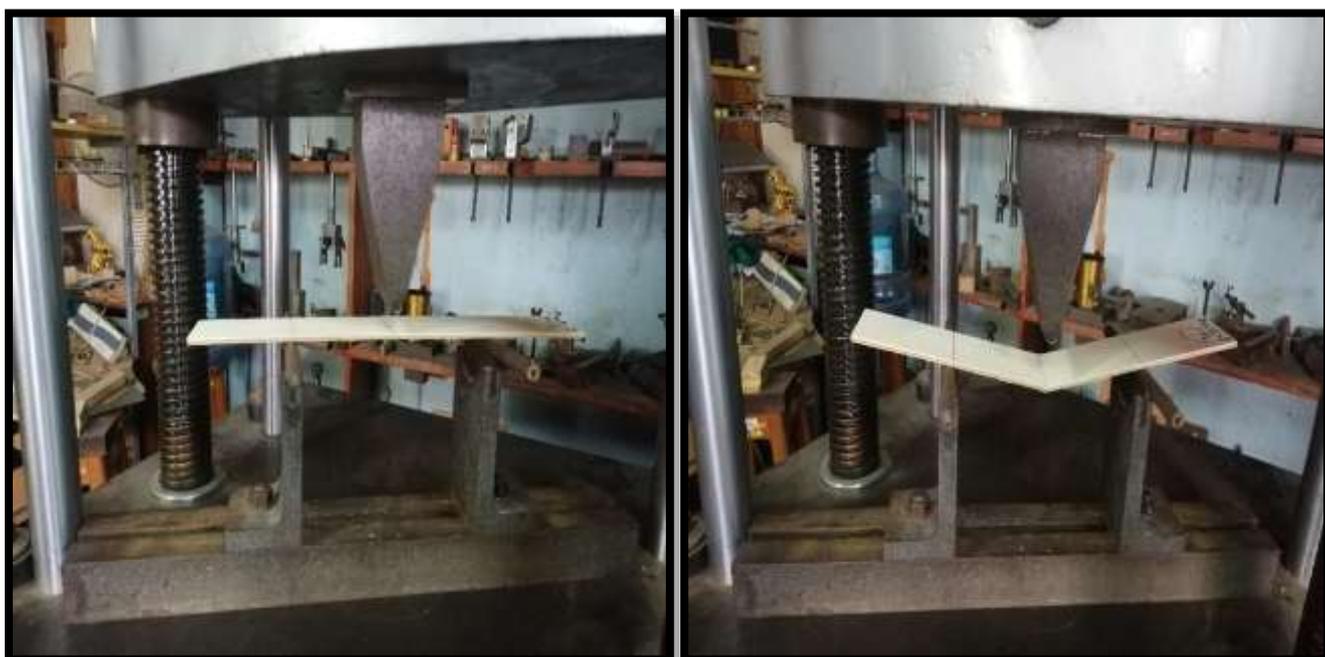
**Figura 17.** Pesado de las probetas para la determinación de la densidad en equilibrio con el ambiente



**Figura 18.** A la derecha ingreso de las probetas a la estufa. En el centro apilado de las probetas en la estufa. A la derecha pesado final de las probetas, para determinar el contenido de humedad.



**Figura 19.** A la izquierda medición inicial de las probetas antes de inmersión en agua. En el centro las probetas en agua durante 1h. A la derecha medición final de las probetas después de la inmersión en agua, para determinar la expansión.



**Figura 20.** A la izquierda la probeta antes de aplicar la carga. A la derecha la falla de la probeta después de aplicar la carga máxima para determinar el módulo de ruptura longitudinal.



**Figura 21.** A la izquierda la probeta antes de aplicar la carga. A la derecha la probeta después de aplicar la carga máxima hasta una posible falla para determinar el módulo de ruptura transversal.



**Figura 22.** A la izquierda el momento donde se aplica la carga para la determinación de la dureza. A la derecha las probetas después de haber recibido la carga



**Figura 23.** Clasificación de textura y color a nivel macroscópico de las probetas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca).



**Figura 24.** Momento de la lectura e interpretación de las cargas en la prensa universal de las propiedades mecánicas de tableros contrachapados.