

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**“RENDIMIENTO DE LA MADERA ROLLIZA DE *Pinus radiata* D. Don, EN LA MANUFACTURA DE PARIHUELA PARA LA AGROEXPORTACION”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERA FORESTAL**

**PRESENTADO POR:**

**CYNTIA ZULEICA SILVA GARAY**

**Lima – Perú**

**2023**






---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	MONOGRAFIA TSP-APA.docx (D141635179)
<b>Submitted</b>	2022-07-03 03:28:00
<b>Submitted by</b>	Miguel Ángel Meléndez Cárdenas
<b>Submitter email</b>	mmeecd@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	12%
<b>Analysis address</b>	mmeecd.unalm@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/218153812-Universidad-nacional-agraria-la-molina.html">https://docplayer.es/218153812-Universidad-nacional-agraria-la-molina.html</a> Fetched: 2022-07-03 03:28:14		<b>15</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/07/LB_-Forestales.pdf">https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/07/LB_-Forestales.pdf</a> Fetched: 2021-07-27 23:35:15		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://pdfcoffee.com/guia-de-practicas-aserrado-de-la-madera-fcf-unalm-3-pdf-free.html">https://pdfcoffee.com/guia-de-practicas-aserrado-de-la-madera-fcf-unalm-3-pdf-free.html</a> Fetched: 2022-07-03 03:27:54		<b>2</b>
<b>SA</b>	<b>UNU_FORESTAL_2021_BT_DELYRIOJA_V2.pdf</b> Document UNU_FORESTAL_2021_BT_DELYRIOJA_V2.pdf (D123317278)		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://xdoc.mx/preview/proyecto-de-mercadeo-e-industrializacion-de-madera-607fa5a16ea9d">https://xdoc.mx/preview/proyecto-de-mercadeo-e-industrializacion-de-madera-607fa5a16ea9d</a> Fetched: 2022-07-03 03:28:41		<b>2</b>

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
 FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
 GERENTE GENERAL JEFE DE PLANTACIONES  
 JEFE DE PLANTA JEFA DE VIVERO COORDINADORA FORESTAL  
 Plantaciones forestales para la producción de madera aserrada destinada a parihuelas  
 TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
 PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL  
 PRESENTADO POR: Nataly Grace Arbocco Vidurruzaga  
 LIMA-PERÚ  
 2021 La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)  
 PÁGINA DE APROBACIÓN  
 Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:  
 \_\_\_\_\_ Dr. Manuel Chavesta Custodio PRESIDENTE  
 \_\_\_\_\_ Mg.Sc. Florencio Teodoro  
 Trujillo Cuellar Mg.Sc. Rolando Antonio Montenegro Muro MIEMBRO MIEMBRO  
 \_\_\_\_\_ Dr. Miguel Ángel Meléndez Cárdenas ASESOR

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por ex alumna de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. CYNTHIA ZULEICA SILVA GARAY, intitulado “Rendimiento de la madera rolliza de *Pinus Radiata* D.Don, en la manufactura de parihuela para la Agroexportación”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de .....

En consecuencia, queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERA FORESTAL.

La Molina, 15 de junio de 2021

.....  
*Dr. Julio César Canchucaya Rojas,*  
Presidente

.....  
*Dr. Ing. Manuel Chavesta Custodio,*  
Miembro

.....  
*Ing. Neptalí Rodolfo Bustamante Guillén*  
Miembro

.....  
*Ing. Milciades Leónidas Miguel Castro, Dr.*  
Asesor

.....

## *DEDICATORIA*

A mis padres David y Delicia, por haberme forjado como la persona que soy; su amor, ejemplo y empuje me dieron los valores, principios y fortaleza que hoy presento y llevo conmigo en el día a día.

A mi tío Adriel Garay Virto, PhD. en Ciencias Agrónomas por haber hecho nacer en mí, el amor por el campo, las plantas y la ciencia.

A mis hermanos Lorena y Romano, quienes, con su calor, bondad y unión, creen en mí y hacen que todo sea posible.

## *AGRADECIMIENTOS*

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, el profesor Dr. Leónidas Miguel Castro, quien, a pesar del tiempo, no dejó de creer en mí y siempre me alentó a seguir tras mis metas y la culminación del presente trabajo de investigación.

Agradecer al jurado de tesis durante la revisión del presente estudio, por sus valiosos comentarios para la mejora de este manuscrito.

Agradecer la gran ayuda y paciencia del Msc. André Ampuero León, por su ayuda en el análisis estadístico de datos.

A la empresa North Pallets, por permitirme trabajar en sus instalaciones y darme las facilidades durante la fase de toma de datos en la empresa ubicada en la ciudad de Trujillo.

Así mismo y no menos importante, agradecerles a mis amistades quienes estuvieron conmigo a lo largo del proceso de redacción, Lua y la empresa Terranova Consultores quienes me presionaron a que culmine este proceso.

## ***RESUMEN***

El presente estudio se realizó en la empresa North Pallet S.A., ubicado en la ciudad de Trujillo, La Libertad; con el objetivo de estimar el rendimiento en la producción de Parihuelas a partir de trozas de la especie de Pino radiata, proveniente de plantaciones de la ciudad de Cajamarca. Para el análisis del rendimiento se determinó una muestra de 61 trozas, evaluándose la calidad de cada troza, clasificándola como calidad A (Buena) y calidad B (regular a mala) y clase diamétrica grande (G), mediana (M) y pequeña (P), las cuales se sometieron al proceso de transformación para la obtención de tablas y tacos para la elaboración de parihuelas en el modelo convencional de 1.00 m x 1.20 m x 0.15 m. Como resultado del estudio, se determinó el rendimiento promedio por troza de 46.26% de madera útil y 0.05 m<sup>3</sup> promedio de residuos obtenidos en la producción de madera rolliza a parihuela; así mismo, se comprobó la influencia positiva de los factores cualitativos como la calidad de la troza, obteniendo un rendimiento de 48.04% (calidad A) y 42.6% (calidad B) y la influencia positiva en el aumento de la clase diamétrica, obteniendo rendimientos según la clase diamétrica de 50.43% G (grande), 45.3% M (mediana) y 42.00% P (pequeña). Para la determinación del rendimiento por etapa de producción se obtuvo como resultado: 86.3% (encuadrado), 76.9% (formación de tablón) y 86.2% (formación de cubos), mostrando que existe una mayor pérdida de madera en la etapa de la formación de tablón. Así mismo, mediante la ecuación de regresión lineal simple se elaboró una tabla de rendimiento en base al diámetro promedio de troza, la cual permitirá la estimación del volumen aserrado en pies tablares para la producción de parihuelas.

**Palabras Claves:** Rendimiento, aserrío, calidad, propiedades físicas mecánicas, tabla de rendimiento.

## ***ABSTRAC***

The present study was carried out in the company North Pallet S.A., located in the city of Trujillo, La Libertad; with the objective of estimating the yield in the production of Parihuelas from logs of the species of *Pine radiata*, coming from plantations of the city of Cajamarca. For performance analysis, a sample of 61 logs was determined, evaluating the quality of each log, classifying it as quality A (Good) and quality B (regular to poor) and large (G), medium (M) and small (P), which were submitted to the transformation process to obtain boards and blocks for the elaboration of pallets in the conventional model of 1.00 m x 1.20 m x 0.15 m. As a result of the study, the average yield per log of 46.26% of useful wood and 0.05 m<sup>3</sup> average of residues obtained in the production of round wood on stretcher was determined; Likewise, the positive influence of qualitative factors such as the quality of the log was verified, obtaining a yield of 48.04% (quality A) and 42.6% (quality B) and the positive influence on the increase in the diameter class, obtaining yields according to the diameter class of 50.43% G (large), 45.3% M (medium) and 42.00% P (small). To determine the yield by production stage, the following results were obtained: 86.3% (framed), 76.9% (plank formation) and 86.2% (cube formation), showing that there is a greater loss of wood in the formation stage. of plank. Likewise, through the simple linear regression equation, a yield table was prepared based on the average log diameter, which will allow the estimation of the sawn volume in board feet for stretcher production.

**Keywords:** Yield, sawmill, quality, mechanical physical properties, yield table.

# ÍNDICE GENERAL

## Table of Contents

I.	Introducción.....	1
II.	Revisión de Literatura .....	3
2.1.	<b>Industria Forestal en el Perú.....</b>	<b>3</b>
2.2.	<b>Plantaciones Forestales en el Perú .....</b>	<b>4</b>
2.3.	<b>Mercado de Parihuelas en el Perú.....</b>	<b>5</b>
2.3.1.	Aspectos Técnicos del Producto.....	6
2.4.	<b>Características de la Especie <i>Pinus radiata</i>.....</b>	<b>8</b>
2.4.1.	Taxonomía.....	8
2.4.2.	Pino radiata en el Perú.....	9
2.4.3.	Descripción Dendrológica .....	9
2.4.4.	Características de la Madera .....	10
2.5.	<b>Calidad de la madera.....</b>	<b>12</b>
2.6.	<b>Clasificación de la madera aserrada.....</b>	<b>13</b>
2.7.	<b>Defectos de la madera procedente de plantaciones forestales.....</b>	<b>14</b>
2.7.1.	Nudos .....	15
2.7.2.	Inconvenientes de los nudos.....	16
2.7.3.	Bolsas de resina .....	18
2.7.4.	Médula .....	18
2.8.	<b>Aserrío de madera de Plantaciones.....</b>	<b>19</b>
2.9.	<b>Rendimiento y factor de conversión .....</b>	<b>22</b>
2.10.	<b>Factores que influyen en el coeficiente de conversión en el aserrío .....</b>	<b>23</b>
2.11.	<b>Coeficiente de conversión y rendimientos obtenidos en el Perú.....</b>	<b>25</b>
2.11.1.	Rendimiento de trozas provenientes de plantaciones.....	25
2.12.	<b>Coeficientes de conversión y rendimientos obtenidos en Latinoamérica .....</b>	<b>26</b>
2.13.	<b>Tabla de Rendimiento .....</b>	<b>27</b>
III.	Materiales y Métodos .....	28
3.1.	<b>Lugar de estudio .....</b>	<b>28</b>
3.2.	<b>Materiales, equipos y maquinaria .....</b>	<b>28</b>
3.3.	<b>Metodología .....</b>	<b>29</b>
3.3.1.	Etapa de Laboratorio .....	29
3.3.3.	Etapa de Gabinete.....	39
IV.	Resultados y discusión .....	44
4.1.	<b>Valores promedio de las variables en estudio .....</b>	<b>44</b>
4.2.	<b>Estadísticos por forma y clase diamétrica de troza .....</b>	<b>54</b>
4.3.	<b>Evaluación del rendimiento por clase diamétrica y forma de troza .....</b>	<b>57</b>
4.4.	<b>Evaluación del Rendimiento por Proceso .....</b>	<b>63</b>
4.5.	<b>Residuos por proceso .....</b>	<b>66</b>
4.6.	<b>Relación del rendimiento y otras variables .....</b>	<b>68</b>
4.7.	<b>Análisis de regresión para estimar el rendimiento .....</b>	<b>71</b>
4.8.	<b>Volumen de madera aserrada.....</b>	<b>72</b>
4.9.	<b>Elaboración de tabla de rendimiento .....</b>	<b>72</b>



<b>4.10. Propiedades físico - mecánicas de la madera de <i>Pinus radiata</i>.....</b>	<b>75</b>
V. Conclusiones .....	80
VI. Recomendaciones.....	81
VII. Referencias bibliográficas.....	83
VIII. Anexos.....	97

## Índice de tablas

Página

<b>Tabla 1.</b> .....	11
<i>Propiedades físicas Pino radiata</i> .....	11
<b>Tabla 2.</b> .....	11
<i>Propiedades mecánicas de Pino radiata.</i> .....	11
<b>Tabla 3.</b> .....	36
<i>Denominación de Calidad de trozas.</i> .....	36
<b>Tabla 4.</b> .....	37
<i>Denominación de Clases diamétricas.</i> .....	37
<b>Tabla 5.</b> .....	46
<i>Estadísticos descriptivos para las variables utilizadas en el estudio de trozas de Pino radiata.</i> .....	46
<b>Tabla 6.</b> .....	47
<i>Distribución de frecuencias para longitud de trozas.</i> .....	47
<b>Tabla 7.</b> .....	48
<i>Distribución de frecuencias para el diámetro de las trozas.</i> .....	48
<b>Tabla 8.</b> .....	49
<i>Distribución de frecuencias para el volumen inicial de las trozas.</i> .....	49
<b>Tabla 9.</b> .....	50
<i>Distribución de frecuencias para el volumen final de las trozas.</i> .....	50
<b>Tabla 10.</b> .....	51
<i>Distribución de frecuencias para el rendimiento.</i> .....	51
<b>Tabla 11.</b> .....	52
<i>Distribución de frecuencias para los residuos.</i> .....	52
<b>Tabla 12.</b> .....	53
<i>Distribución de frecuencias para la variable número de tablas.</i> .....	53
<b>Tabla 13.</b> .....	55
<i>Estadísticos (promedio <math>\pm</math> desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a la variable forma de troza.</i> .....	55

<b>Tabla 14.</b> .....	56
<i>Estadísticos (promedio <math>\pm</math> desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a la variable clase diamétrica.</i> .....	56
<b>Tabla 15.</b> .....	56
<i>Estadísticos (promedio <math>\pm</math> desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a las variables clase diamétrica y forma de troza.</i> .....	56
<b>Tabla 16.</b> .....	59
<i>Tests de normalidad (Shapiro-Wilk) y heterocedasticidad de la variable rendimiento para los diferentes niveles de las variables categóricas Clase diamétrica y Forma de troza.</i> .....	59
<b>Tabla 17.</b> .....	60
<i>Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de acuerdo a las clases diamétricas de las trozas.</i> .....	60
<b>Tabla 18.</b> .....	60
<i>Prueba de t de Student para la forma de troza.</i> .....	60
<b>Tabla 19.</b> .....	61
<i>Comparaciones Post-Hoc usando el Test de Tukey/HSD.</i> .....	61
<b>Tabla 20.</b> .....	65
<i>Rendimiento por clase diamétrica y forma de troza para cada proceso.</i> .....	65
<b>Tabla 21.</b> .....	65
<i>Rendimiento por proceso para la variable forma de troza.</i> .....	65
<b>Tabla 22.</b> .....	65
<i>Rendimiento por proceso para la variable Clase Diamétrica.</i> .....	65
<b>Tabla 23.</b> .....	66
<i>Porcentaje de rendimiento para los procesos estudiados.</i> .....	66
<b>Tabla 24.</b> .....	69
<i>Correlación de Kendall entre el rendimiento y las variables volumen inicial, diámetro y longitud de las trozas.</i> .....	69
<b>Tabla 25.</b> .....	71
<i>Resultados del análisis de regresión lineal del rendimiento versus el diámetro de las trozas.</i> .	71
<b>Tabla 26.</b> .....	72
<i>Resultados del análisis de regresión lineal del rendimiento versus el volumen inicial de la troza.</i> .....	72
<b>Tabla 27.</b> .....	73

<i>Tabla de rendimiento para elaboración de parihuelas con madera de Pinus radiata elaborado en función al diámetro promedio. ....</i>	73
<b>Tabla 28.</b> .....	74
<i>Comparación de Tablas de rendimiento de madera rolliza a madera aserrada. ....</i>	74
<b>Tabla 29.</b> .....	75
<i>Número total de probetas por troza utilizadas para los ensayos físicos y mecánicos. ....</i>	75
<b>Tabla 30.</b> .....	76
<i>Propiedades físicas de trozas obtenidas del patio de trozas de la empresa North Pallets. ....</i>	76
<b>Tabla 31.</b> .....	77
<i>Propiedades Mecánicas de Pinus radiata proveniente de plantaciones (CH:16%) .....</i>	77
<b>Tabla 32.</b> .....	78
<i>Comparación de resultados de las Propiedades físicas de Pino radiata y Guazuma crinita. ...</i>	78
<b>Tabla 33.</b> .....	78
<i>Comparación de resultados de las Propiedades Mecánicas de Pino radiata y Guazuma crinita. ....</i>	78
	<b>Página</b>

## *Índice de figuras*

Página

Figura 1:	A, B y C son imágenes de trozas seleccionadas para la determinación de propiedades físicas mecánicas de la madera.	30
Figura 2:	A, B y C, Son probetas para la determinación de propiedades físicas mecánicas de la madera.	32
Figura 3:	Distribución en planta del aserradero North Pallet.	34
Figura 4:	Mediciones realizadas a las trozas de pino radiata (SERFOR, 2021).	36
Figura 5:	Criterios de medición de una pieza de madera aserrada.	39
Figura 6:	Histograma de frecuencias para la variable longitud.	47
Figura 7:	Histograma de frecuencias para la variable diámetro.	48
Figura 8:	Histograma de frecuencias para la variable volumen inicial	49
Figura 9:	Histograma de frecuencias para la variable volumen final	50
Figura 10:	Histograma de frecuencias para la variable rendimiento.	52
Figura 11:	Histograma de frecuencias para la variable residuos	53
Figura 12:	Histograma de frecuencias para la variable número de tablas.	54
Figura 13:	Diagramas de caja del rendimiento según la clase diamétrica de las trozas.	58
Figura 14:	Diagramas de caja de la variable rendimiento de acuerdo a la forma de troza.	62
Figura 15:	Diagramas de caja de la variable rendimiento de acuerdo a la clase diamétrica y la forma de las trozas.	63
Figura 16:	Diagrama de caja del Rendimiento por proceso.	64
Figura 17:	Diagramas de caja del volumen de los residuos por proceso.	67
Figura 18:	Diagramas de dispersión del rendimiento versus el diámetro de las trozas. Las líneas de color rojo representan líneas de tendencia suavizadas.	69
Figura 19:	Diagramas de dispersión del rendimiento versus el volumen inicial de las trozas. Las líneas de color rojo representan líneas de tendencia suavizadas	70
Figura 20:	Diagramas de dispersión del rendimiento versus la longitud de las trozas. Las líneas de color rojo representan líneas de tendencia suavizadas	70

## Índice de anexos

	Página
<b>Anexo 1.</b> Fichas técnicas de pallets de Pino radiata de la empresa Maderera Andina (Vidal. J, 2021) parihuela para exportación de uva. ....	97
<b>Anexo 2.</b> Fichas técnicas de pallets de Pino radiata de la empresa Maderera Andina (Vidal. J, 2021) parihuela para exportación de Arándano, kion y Quinoa.....	100
<b>Anexo 3.</b> Fichas técnicas de pallets de Pino radiata de la empresa Maderera Andina (Vidal. J, 2021) parihuela para exportación de Palto.....	102
<b>Anexo 4.</b> Letras código del tamaño de muestra según NTP-ISO 2859-1:2013 .....	103
<b>Anexo 2.</b> Planes de muestreo simple para inspección normal (tabla general) según NTP-ISO 2859-1:2013. ....	104
.....	104
<b>Anexo 5.</b> Datos tomados en el muestreo de las 61 trozas de Pino radiata.....	105
<b>Anexo 2.</b> Resultado de Datos procesados, Porcentaje de desperdicios y Rendimiento en los procesos encuadrado, Tablon, Cubo y Rendimiento total de las 61 trozas de pino radiata. ....	109
<b>Anexo 4.</b> Estadísticos (promedio $\pm$ desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a la variable forma de troza. ....	115
<b>Anexo 5.</b> Estadísticos (promedio $\pm$ desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a la variable clase diamétrica.....	115
<b>Anexo 6.</b> Estadísticos (promedio $\pm$ desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a las variables clase diamétrica y forma de troza.....	116
<b>Anexo 7.</b> Propiedades Mecánicas de Flexión de tres (03) trozas de Pino radiata. ....	117
<b>Anexo 8.</b> Resultados de Ensayos de Compresión Perpendicular de Pino radiata. ....	119
<b>Anexo 9.</b> Resultados de Ensayos de Tenacidad de Pino radiata. ....	120
<b>Anexo 10.</b> Resultados de Ensayos de Extracción de Clavos de Pino radiata. ....	123
<b>Anexo 11.</b> Tabla de rendimiento para <i>Pinus patula</i> . ....	125
<b>Anexo 12.</b> Imágenes de marcado, evaluación y dimensionado de trozas de Perpendicular de Pino radiata. ....	125
<b>Anexo 13.</b> Imágenes del proceso de aserrío “Encuadrado” de Pino radiata.....	126
<b>Anexo 14.</b> Imágenes del proceso de aserrío “Tablon” de Pino radiata.....	128
<b>Anexo 15.</b> Proceso de aserrado en Sierra de Cinta en el proceso de formación de “Tablon” de Pino radiata. ....	129

<b>Anexo 16.</b> Proceso de aserrado en Sierra de Cinta en el proceso de formación de “Cubo” de Pino radiata. ....	130
<b>Anexo 17.</b> Dimensionado de “Cubos” para la elaboración de tacos para Pallets.....	133
<b>Anexo 18.</b> Dimensionado de tablas para la elaboración de Pallets.....	135
<b>Anexo 19.</b> Armado de Pallets.....	136
<b>Anexo 20.</b> Oreado y almacenamiento de Pallets. ....	138
<b>Anexo 21.</b> Desperdicios del proceso de elaboración de Pallets. ....	139

## I. INTRODUCCIÓN

La globalización económica ha conducido a una mayor competencia entre las empresas forestales, lo que ha incrementado el interés por tomar mejores decisiones, con el fin de aprovechar al máximo la materia prima disponible y optimizar el proceso de producción y, de forma paralela, reducir costos; y aumentar la calidad de los productos (Souza, 2007). El aprovechamiento racional de los recursos forestales juega un rol importante en el desarrollo económico y social del país; por ello, disminuir la pérdida de materia prima, mejorar la calidad de los productos, y optimizar el uso de la mano de obra y de los equipos, son tareas pendientes y en continuo desarrollo en el sector productivo (Aguilera *et al.*, 2005).

En los últimos años, la agroexportación se ha posicionado como una de las principales actividades económicas en el Perú, orientada en la comercialización de diversos productos agrícolas a mercados internacionales, creciendo en un 17% anual, posicionando al país entre los 10 principales proveedores de alimentos en el mundo (Vinelli, 2016). Así mismo, el crecimiento de la agroexportación está relacionado directamente con el incremento de la demanda de los productos maderables y no maderables utilizados en la instalación de cultivos, embalaje y transporte de sus productos para su comercialización, en la que adquiere importancia económica las parihuelas de madera, estimando en el Perú una demanda anual de parihuelas de 6,5 millones de unidades lo que equivaldría a un volumen entre 300 000 a 600 000 m<sup>3</sup> de madera rolliza necesarios para su fabricación, aproximadamente (PROCHILE, 2016); generando valor agregado a los productos forestales, provenientes principalmente de plantaciones forestales. Así mismo, ha generado, mayores estándares de calidad en los envases, embalajes y parihuelas para el transporte



de productos a otros países, básicamente concentrándose en el diseño, calidad de madera y protección del estado fitosanitario.

Las industrias madereras dedicadas a la producción de parihuelas se han concentrado mayormente en la zona Norte del país, en los departamentos de La Libertad, Lambayeque, Piura y Cajamarca, quienes utilizan como materia prima madera procedente de plantaciones forestales, generalmente no manejadas en las que se desconoce las características básicas de la madera, así como, sus coeficientes de rendimiento en la transformación a productos maderables.

El presente estudio tuvo como objetivos:

- Estudiar el efecto de la calidad de la madera rolliza de Pino (*Pinus radiata* D. Don.), en el rendimiento, de la producción de parihuelas.
- Analizar la influencia de la clase diamétricas de la madera rolliza de Pino (*Pinus radiata* D. Don.), sobre el rendimiento.
- Determinar el rendimiento en las diferentes etapas del proceso productivo.
- Determinar el porcentaje de residuos generados en las diferentes etapas del proceso productivo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Industria Forestal en el Perú

El sector forestal presenta un amplio potencial para ser explotado, pero requiere de las herramientas necesarias para su despegue, por lo que el Servicio Nacional Forestal y Fauna Silvestre definió una nueva lista de productos forestales para la industria nacional en donde se presentan 6 categorías con 85 productos forestales (SERFOR, 2019a). Clasificándose en dos partes según la ley forestal de fauna silvestre en el Perú (Ley 29763, 2011), transformación primaria y transformación secundaria. La transformación primaria, se define como “El primer proceso de transformación al que se someten los productos y subproductos forestales y de fauna silvestre al estado natural” (SERFOR, 2015). Entre las actividades que se realizan se encuentra el aserrío de madera en rollo, la elaboración de durmientes, tablas, listones, la producción de leña y carbón vegetal, la fabricación de cajones, jabas, entre otros (Decreto supremo N° 014-2001-AG, 2013). El otro proceso es la transformación secundaria “a la que se someten los productos y subproductos forestales y de fauna silvestre, provenientes de una industria de transformación primaria para obtener un valor agregado adicional” (SERFOR, 2015). Dentro de la transformación secundaria, se incluye los procesos mecanizados para obtener piezas de madera labradas a escuadra con medidas terminadas de espesor (canto), ancho (cara) y largo, según el plano o el diseño del producto. (MINAGRI, 2013), como se pueden encontrar a productores de: parihuelas, carrocerías, embarcaciones, envases y embalajes, carpintería de obra (pisos acabados, puertas, ventanas y sus marcos), muebles de todo tipo para hogar y negocio, y otros productores (artesanías, juguetes, ataúdes, etc.) (FAO, 2018).

De acuerdo a datos de la SUNAT para el 2015, la industria forestal maderable está compuesto por un total de 24,495 empresas formales, de las cuales el 77% (18,812) se concentran en la segunda transformación, el 14.5% (3,556) en la etapa de manejo forestal; y el 8.7% (2,127) restante en la primera transformación. Destacándose el número de empresas en las clases de “aserradero y acepilladuría de madera” y “fabricación de muebles”. A nivel de regiones, no sólo Lima concentra la mayor parte del tejido productivo de empresas y microempresas a nivel nacional (40%), sino también en cada una de las categorías por tamaño de empresa, seguido de Ucayali (1,586), Cuzco (1,444), Loreto (1,281) y Arequipa (1,083) en cuanto a la cantidad de empresas (FAO, ITP y CITE madera, 2018).

## **2.2. Plantaciones Forestales en el Perú**

El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2022) y el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) anunció que el promedio por año de ha inscritas es de 13 642,82. Con ello, se cuenta con 148 845 ha registradas en todo el país, las mismas que tienen diversas finalidades como de producción, restauración y protección. Según el Componente Estadístico del Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre (SNIFFS) del SERFOR, las plantaciones forestales registradas en el RNPF durante el año 2021 están ubicadas en los departamentos de Amazonas, Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali.

Estudios recientes señalan que en la Sierra y en la Costa existen una superficie aprovechable de 100.567 ha de eucalipto (mayormente *Eucalyptus globulus*) y 14.721 ha de pinos (*Pinus radiata*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *P. greggii*, entre otros); estas plantaciones tienen un volumen aprovechable de 8.760.961 m<sup>3</sup> y 1.776.989 m<sup>3</sup> respectivamente (la producción nacional actual es de 586.882 m<sup>3</sup>

de eucalipto y 14.315 m<sup>3</sup> de pino). Las regiones que tienen mayor producción forestal, en orden de importancia son: Junín, Cusco, La Libertad, Cajamarca, Huánuco y Ancash, siendo Junín la que ocupa el primer lugar en producción de eucalipto con 18.36% y Cajamarca la que ocupa el primer lugar en producción de pino con 61.14% (FAO, 2018).

Una característica de las plantaciones forestales en Perú en la actualidad es su baja productividad, resultado de un deficiente manejo silvicultural, uso de semillas de mala calidad genética, escasa aplicación de técnicas de mejoramiento de suelos y de la falta de criterios sólidos para la selección de sitio (Guariguata *et al.*, 2017).

### **2.3. Mercado de Parihuelas en el Perú**

Las parihuelas han adquirido un mayor dinamismo tanto a nivel económico como de volumen, con una demanda en el mercado nacional de alrededor de 12 millones de unidades anuales, en donde, las especies más utilizadas para su elaboración son el pino, la bolaina blanca, y entre otras especies maderables de menor valor comercial como: *almendro, cachimbo blanco, capirona, machimango blanco, zapote, huimba, manchinga, mashonaste, panguana, pashaco* y *yacushapana*. Las parihuelas juegan un rol importante en la logística pues acompañan al movimiento de mercancía tanto a nivel nacional como para las exportaciones, por lo cual se pueden clasificar en dos grupos principales: Parihuelas one way (de un solo uso), por ello la madera que se utiliza es habitualmente de menor calidad, y Parihuelas para el mercado interno, que pueden tener más de un solo uso. Estas parihuelas están sujetas a reparaciones (FAO, 2018).

Una forma de proyectar la demanda de parihuelas para las exportaciones es por medio del tráfico de contenedores en los terminales portuarios como proxy de la demanda one way y la evolución del sector transporte para responder a la demanda del mercado interno. El crecimiento anual del tráfico

de contenedores (8.9%) del 2008 al 2012 y del sector transportes (5.9%) del 2010 al 2015. De continuar este crecimiento así, se estima una demanda de 506,467 a 534,272 m<sup>3</sup> de madera rolliza para la producción de pallets (FAO, 2018).

### **2.3.1. Aspectos Técnicos del Producto**

- **Producto:** Parihuela de madera *Pino radiata* secada al horno.
- **Descripción detallada**

Según Vidal, J (2021), la Parihuela de madera es un armazón compuesto por tablas, listones y tacos, que están unidos entre sí por clavos espiralados. Tiene forma cuadrada o rectangular, según las medidas que responden a la necesidad de la carga. Es empleado para el movimiento de carga, con la finalidad de facilitar el levantamiento, traslado y almacenamiento de los productos.<sup>1</sup> Son elaborados con madera que posee un contenido de humedad del 11 - 15 %, poseen tratamiento térmico según la norma fitosanitaria NIMF15 autorizado por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria - SENASA y el acabado de las caras de las tablas carece de cepillado (Ver anexo 1, 2 y 3)

- **Origen y propiedades de la madera**

Según la RESOLUCION MINISTERIAL N°0151-2021-MIDAGRI, debe garantizar el origen legal de la madera que se utiliza como materia prima para la fabricación de las parihuelas. Para el caso de madera procedente de plantaciones forestales de especies forestales exóticas o introducidas es factible que se sustente sólo con la Guía de Remisión, siempre que en la descripción se incluya información sobre la especie que la identifique como introducida y el número de registro de la plantación, de no ser posible el uso de la

---

<sup>1</sup> Consultar en: <https://maderera-andina.com/productos-embalaje/>

guía de remisión, se deberá contar con la GTF, conforme a lo establecido en los Artículos 68 y 69 del Reglamento para la Gestión de Plantaciones Forestales y los Sistemas Agroforestales del Decreto Supremo N° 020-2015-MINAGRI de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763.

- **Tratamiento térmico y Contenido de Humedad**

Norma Técnica Peruana N°350.200 (2016), consiste en calentar la madera en un horno especialmente diseñado, conforme a una curva específica de tiempo/temperatura, mediante la cual el centro de la madera alcance una temperatura mínima de 56 °C durante un período mínimo de 30 minutos, con la finalidad de eliminar o matar las plagas u organismos biológicos, que puedan convertirse en una vía para la introducción y dispersión de plagas a diferentes países. Por tal motivo, se requiere la respectiva Autorización vigente emitida por SENASA para realizar el tratamiento térmico y marcado o sellado que indica que el producto ha sido tratado según las especificaciones de la NIMF- 15, aceptada en el ámbito mundial, aplicada al embalaje de madera.

- **Preservación de la Madera**

La parihuela puede contar con algún tratamiento de esterilización de sales hidrosolubles no contaminantes (Bórax o PQ8), el cual proporcionará una mayor protección a la parihuela, evitando futuras apariciones de insectos y hongos durante el traslado del producto, esto podría deberse a que la madera gane humedad, o se infecte con productos aledaños (Norma Técnica Peruana N°350.200, 2016).

- **Evaluación del producto terminado**

La evaluación en el control de calidad de pallets para la agroexportación se evalúa según las especificaciones técnicas requeridas por el cliente, como defectos de forma, estructura y estado fitosanitario (Norma Técnica Peruana N°350.200, 2016).

## 2.4. Características de la Especie *Pinus radiata*

### 2.4.1. Taxonomía

**Reino:** Plantae

**División:** Pinophyta

**Clase:** Pinopsida

**Orden:** Pinales

**Familia:** Pinaceae

**Subfamilia:** Pinoideae

**Género:** Pinus

**Especie:** *Pinus radiata* D. Don

**Sinonimias:** *Pinus insignis* Douglas

**Nombres comunes:** Pino de Monterrey, Pino insigne

**Fuente:** (Arctos Specimen data base, Fundación Charles Darwin. consultado 2022).

#### **2.4.2. Pino radiata en el Perú**

A inicios de la década del 80 del siglo pasado, la especie de *Pinus radiata* D. Don es considerada también en los programas de reforestación, aunque en pequeña escala, reportándose 109 052 ha reforestadas, en donde se efectuaron estudios de prefactibilidad y factibilidad, con la intención de impulsar el desarrollo forestal masivo en los departamentos de Huánuco, Ancash, la Libertad y Cajamarca. En 1986 las estadísticas de reforestación del INFOR reportaban el establecimiento de 209,475 ha de plantaciones forestales a nivel nacional. De estas, el 23% (51138 ha) fueron localizadas en Cajamarca, Lambayeque, la libertad y Ancash, realizándose la instalación de *Pinus radiata*, en Porcón (1962), Aylambo (1968). Sin embargo, los trabajos más importantes en formación de macizos se iniciaron en 1975 en Chotén, Chilacat y Sorochuco, con el apoyo de la Cooperación Técnica y Económica del Reino de Bélgica al programa de desarrollo de Cajamarca (PRODESCA), a través del "Proyecto 03" y posteriormente del "Proyecto Silvoagropecuario" ejecutado en los años 1972 a 1976 (Picard, 1988). La reforestación se inicia en Cajamarca en 1976 con la creación de "CICAFOR" Centro de Investigación y Capacitación Forestal (Picard, 1988).

#### **2.4.3. Descripción Dendrológica**

Especie perenne de hasta 40 m de altura, presenta un eje principal y ramificaciones secundarias regularmente espaciadas, con copa piramidal bien definida (López & Sánchez de Lorenzo 2004). Su corteza es negruzca, oscura, con acículas de 7 – 17 cm de largo, e hacecillos de 3 cm. Los conos son seróticos de color marrón y miden de 7 a 15 cm de largo y 5 – 8 cm de ancho, agrupados de 2 – 5 cm, asimétricos, con apófisis prominentes en las escamas ovulíferas. Cada cono contiene 200 semillas de color gris – pálido a negro, las cuales miden entre los 5 – 8 mm, aladas (InBuy, 2011). Las flores masculinas y femeninas nacen por separado en el



mismo árbol y aparecen durante la primavera y principios del verano. Sus flores son de color amarillas o rojizas ocurren en grupos de amentos cilíndricos, son pequeñas (Farjon, 2010).

#### **2.4.4. Características de la Madera**

Ordoñez & Lugo (2016), en su investigación en la madera *Pino radiata* obtuvieron una densidad básica 0.35 g/cm<sup>3</sup> y módulo de elasticidad (MOE) de 70.73 kg/cm<sup>2</sup> para la madera Pino Radiata y mencionan que con el MOE pueden “identificar el comportamiento del pino como una madera de clasificación C”.

Meza (2010) en su tesis: “Clasificación estructural de la madera *Pinus radiata* D. Don”, la densidad de la especie Pino radiata es de 0.43 g/cm<sup>3</sup>, el módulo de elasticidad promedio de las vigas a escala natural es de 88319.50 kg/cm<sup>2</sup>, por lo cual la especie *Pinus radiata* D. Don, de acuerdo a los resultados obtenidos no logra clasificar en los grupos A, B y C (Norma técnica de agrupamiento de maderas de uso estructural), y propone un nuevo grupo donde clasificaría esta especie dentro de la norma técnica de agrupamiento de maderas de uso estructural.

Szücs et al. (2006) mencionan que, para utilizar la madera como material de construcción, algunas características físicas, como la humedad, densidad, contracción, resistencia al fuego, durabilidad natural, resistencia química, merecen ser destacadas y deben ser conocidas. Pues según Bremer (2009) estas propiedades podrían verse influenciadas por diversos factores que alteren su desempeño y resistencia.

La madera de *Pino radiata* tiene una dureza de 200 kg y presenta resistencias mecánicas moderadas. Su resistencia a la flexión estática es de 65 MPa, a la compresión de 37 MPa y al cizalle de 7 MPa. Tiene una durabilidad natural entre 1 a 5 años en usos exteriores. Como

elemento interior sin contacto con el suelo orgánico esta duración es mayor. Frente al ataque de hongos se clasifica como no resistente (Díaz-vaz *et al.*, 2002). Así mismo, Ariete N. (2010), describe en la tabla 1 y 2, las propiedades físicas y mecánicas del *Pino Radiata*.

**Tabla 1.**

*Propiedades físicas Pino radiata*

Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Verde	Seca al Aire	Anhidra	Básica
		1.04	0.48	1.45
Contracción Normal (%)	Tangencial	Radial	Volumétrica	Relación T/R
	5.20	3.00	8.20	1.73
Contracción Total (%)	7.70	4.60	12.30	1.67

Ariete N. (2010)

**Tabla 2.**

*Propiedades mecánicas de Pino radiata.*

Condicion (CH%)	Flexion estatica			Compresión			
				Paralela			Perpendicular
	ELP (kg/cm <sup>3</sup> )	MOR (kg/cm <sup>3</sup> )	MOE x10 <sup>3</sup> (kg/cm <sup>3</sup> )	ELP (kg/cm <sup>3</sup> )	MOR (kg/cm <sup>3</sup> )	MOE x10 <sup>3</sup> (kg/cm <sup>3</sup> )	ELP (kg/cm <sup>3</sup> )
Verde	314	465	72.60	167	208	83.20	44
Seco al Aire 12%	555	1780	110.20	299	434	107.80	74

**Fuente:** Ariete N, 2010.

**Donde:**

**ELP:** Esfuerzo en el límite de proporcionalidad.

**MOR:** Módulo de rotura.

**MOE:** Módulo de elasticidad.

## **2.5. Calidad de la madera**

La norma Internacional ISO 9000 indica que la calidad es la totalidad de las características de una entidad (proceso, producto, organismos, sistema o persona) que le confieren aptitud para satisfacer las necesidades establecidas e implícitas (Carro & González, 2012).

El manejo de bosques, entre sus objetivos, busca la forma de mejorar los retornos económicos, mediante el logro de incrementos en los rendimientos, reducción de los costos de producción o mejorando la calidad de los productos (Espinoza & Muñoz, 2005).

La calidad de la madera aserrada es una variable que genera dificultades en su definición, ya que se encuentra enfocado en función al uso que se le pretenda destinar. Así, si son empleados en productos de embalaje, se necesita que la madera sea ligera y blanca, mientras que, si es utilizada en productos como el parquet, lo que se prioriza es la dureza (alta densidad), características resaltantes en color y veteado, apreciado por los consumidores sin olvidar que la madera presente buena resistencia al ataque biológico (Vignote *et al.*, 2013).

La calidad de la madera puede ser medida considerando distintos factores tales como: densidad, uniformidad de los anillos de crecimiento, porcentaje de madera libre de nudos, proporción de madera de verano, producción de celulosa y otros (Espinoza & Muñoz, 2005). Una de las variables más utilizadas para evaluar la calidad de la madera es la densidad, dado que esta característica está

muy relacionada con las propiedades mecánicas, la dureza y el rendimiento en la producción de tableros de partículas y pasta celulósica” (Schimleck & Clark, 2008).

Para la obtención de madera de calidad proveniente de plantaciones, es necesario contar con un adecuado material genético, selección de sitio, fertilización, además de actividades silvícolas que garanticen el buen crecimiento y desarrollo los árboles (mantenimiento, manejo integrado de plagas y enfermedades, podas y raleos) (Trujillo, 2012). Se ha estudiado a profundidad el efecto de las practicas silvícolas y su relación al crecimiento de los árboles y producción de volumen de madera (González, 2017). Sin embargo, “el efecto de estos tratamientos sobre la calidad y el valor de la madera no es tan conocido, siendo la valoración de la madera un elementoprincipal para analizar” (Jiménez, 2008).

## **2.6. Clasificación de la madera aserrada**

La madera aserrada es la materia prima empleada en una gran cantidad de usos, las cuales establecen requerimientos de características físico-mecánicas propias de cada especie y como de las diferentes clases de calidad de cada una de estas (Vignote, 2017). Según la INTE (2011) por ser la madera un material heterogéneo, se ve la necesidad de realizar una clasificación para asegurar que la madera comercializada corresponda a la calidad establecida. La clasificación de la madera en el proceso de aserrío permite determinar el valor de la pieza, así como el potencial uso de su utilización (AHEC, 2018). Así, las piezas que han sido procesadas y evaluadas deben separarse en grupos con características similares u homogéneas (González, 2017). Esta separación permite que a la madera se la destine a un uso y comercialización de forma confiable con un valor económico razonable (INTE 06-07-03, 2011)en donde “los estándares utilizados para el control de la industria del aserrío

estén sumamente definidos, lográndose diferentes grados de calidad de acuerdo con el producto o uso que posteriormente se le dará a la madera aserrada” (Viquez, 2012).

Las exigencias de las especies se determinan en función a los diferentes usos que se le pretenda emplear a la madera y las exigencias en función a la calidad, se realizan a través del empleo de normas que permite la clasificación de la madera aserrada (Vignote, 2017). Si la madera se clasifica por su resistencia, interesan aquellas alteraciones de crecimiento que debiliten sus propiedades mecánicas, tamaño, ubicación y frecuencia, esto exige caracterizar las cuatro caras de la pieza y sus extremos. En cambio, en una norma por aspecto, generalmente se clasifica la mejor cara y se caracterizan, nudos, médula, bolsas de resina, corteza, pecas, entre otros (González *et al.*, 1995). Estas anomalías o irregularidades son conocidas como defectos, que afectan en la calidad y disminuyen el valor comercial de la madera aserrada. Ante la presencia de defectos y la necesidad de competir en el mercado de la producción de madera, resulta trascendental la clasificación de madera por calidades (González, 2017).

## **2.7. Defectos de la madera procedente de plantaciones forestales**

El término defecto corresponde a toda característica de la madera que sea utilizada en las reglas de calidad o clasificación para establecer diferentes grados de una pieza de madera aserrada. Así mismo, se considera que la madera *clear* (madera limpia, sin defectos) es la de mejor calidad; por lo tanto, los defectos son desviaciones a partir de la madera *clear*, este criterio es empleado para pino radiata en Chile (INFOR, 2000).

Los defectos presentes en las trozas influyen en la pérdida de rendimientos en el proceso de aserrío y/o también existe una transmisión a un porcentaje variable de las piezas obtenidas durante el

aserrado (Vignote & Martínez, 2006). Los defectos en la madera de pino están asociados al crecimiento del árbol y se generan también durante el procesamiento de la madera (González, 2017).

### **2.7.1. Nudos**

Los nudos son quizá el defecto más común y natural que se presenta en la madera, en especial en madera de coníferas (Chang *et al.*, 2002; INFOR, 2000). Las ramas dan origen a los nudos, ahora su influencia como defecto es muy variable, ya que depende del proceso seguido de esa rama en el contexto del árbol, y el tipo de transformación industrial que se emplee a ese árbol (Vignote & Martínez, 2006).

En el Pino, el lugar de procedencia influye en la cantidad de nudos por unidad de longitud, sin embargo, aunque la distribución de verticilos en el fuste oscila entre los 30-70 cm, la cantidad de nudos está afectado de forma predominante por el efecto de la estación de crecimiento de los árboles que por la misma procedencia de la especie (Vignote y Martínez, 2006). Según Echevarría (1959) menciona que “en el caso del pino silvestre la procedencia influye en aspectos tan importantes como la poda natural” (Vignote & Martínez, 2006).

A los nudos se les puede clasificar como: nudo sano, nudo muerto y nudos arracimados; también se pueden adicionar una clasificación según su tamaño y formas presentes en la pieza de madera.

- **Nudos vivos**

Se le conoce también como nudo fijo o adherente. Según Chang *et al.* (2002) es la porción de rama que se encuentra conectada al tronco y que no se soltará o aflojará durante el proceso de aserrío, secado y puesta en servicio de la madera, y que no presenta rasgos de deterioro y/o de pudrición. La característica de este tipo de nudo se debe a su formación,

donde la rama que se encuentra viva es cubierta por el xilema o leño del fuste, resultando que los tejidos presenten continuidad con los del leño (Chang et al., 2002). Un nudo vivo contiene madera joven de crecimiento y este nudo, por lo general es más oscuro que la madera circundante, una característica visible es la estructura diferente en la dirección de la fibra (INFOR, 2000).

- **Nudos muertos**

Es conocido también como nudo flojo o nudo hueco (cuando hay desprendimiento del nudo). La formación de este tipo de nudo se produce con la muerte de una rama, quedando un muñón que es rodeado por los tejidos del fuste (Chang *et al.*, 2002). Al morir la rama por acción mecánica, la zona basal o cercano a esta, inicia un proceso de compartimentalización y duraminización, que evita el posible ataque de patógenos como los hongos de pudrición en la zona afectada (Vignote & Martínez, 2006). Los nudos muertos se desprenden con relativa facilidad cuando la madera es aserrada y/o secada (Chang *et al.*, 2002). Los nudos muertos, pero con presencia de pudrición tienen como origen una rama que en plena actividad fisiológica se rompe de forma natural o por efecto de poda, la herida producida queda expuesta a la acción de agentes patógenos debido a la falta de duraminización de la rama (Vignote & Martínez, 2006).

### **2.7.2. Inconvenientes de los nudos**

Los nudos presentan importancia fundamental para determinar la calidad de la madera, de tal manera que en la mayoría de las especies y principalmente en coníferas es el parámetro que más influye en el valor de la madera. Así mismo, existe una referencia en la variación de precios entre madera podada y no podada, en la que el valor de los árboles puede aumentar

entre el 170% y el 220% en maderas blandas y del 220% y el 550% en maderas duras (Vignote et al., 2017). Los nudos también tienen un efecto significativo sobre la resistencia mecánica de la madera, el cual es más perceptible en las coníferas debido a su forma de crecimiento (Dávalos & Limón, 2009). Los caracteres organolépticos y las propiedades físico-mecánicas son diferentes entre los nudos y el leño que lo circunda (Spavento & Keil, 2008).

Vignote & Martínez (2006) han encontrado una serie de inconvenientes que representan los nudos en las piezas de madera aserrada, estos son:

- De orden físico: Son causa de deformaciones en las piezas, producto de la menor resistencia en las secciones donde aparece y dificultan en gran medida la trabajabilidad de la madera.
- De orden mecánico: Los nudos disminuyen de forma notable la resistencia de la madera, sobre todo a los esfuerzos de tracción y flexión, pudiendo suponerse como símil, la existencia de un agujero en la madera. En este aspecto, cuanto mayor sea el tamaño del nudo, mayor será la pérdida de resistencia. La posición del nudo en la pieza también influye en la pérdida de resistencia, siendo desfavorables los nudos ubicados en el centro (Vignote & Martínez, 2017).
- De orden estético: Los nudos rompen el patrón de diseño del vetado y el color de la madera. Según esto, cuanto mayor sea el nudo y mayor su coloración (caso de nudos oscuros), más se deprecia la pieza de madera (Vignote et al., 2017). Sin embargo, esto puede presentar percepciones relativas, ya que se ha observado que la apariencia estética y el diseño producido genera atracción a los consumidores, empleándose en usos no estructurales y especialmente como



recubrimiento (García, 2008).

### **2.7.3. Bolsas de resina**

Son cavidades llenas de resina entre los estratos que componen los anillos de crecimiento (Chang et al., 2002; González et al., 1995; INFOR, 2000). Suelen tener una forma alargada, se establecen en la dirección del eje longitudinal del árbol y son formados por la mayoría de las coníferas (Guindos, 2011). Se producen como respuesta de defensa ante un fenómeno traumático (Vignote & Martínez, 2006; Guindos, 2011). Sin embargo, también suelen aparecer en la zona afectada de la rama como respuesta al ataque de algún patógeno (Hevia, 2012). Vignote & Martínez (2006) determinaron que la frecuencia, número y tamaño de las bolsas de resina son características hereditarias de la especie. (Kollman,1959) indica que las bolsas de resina son más frecuentes en el pino radiata debido a sus canales resiníferos, haciendo que este efecto desclasifique la madera para ebanistería; aún en el duramen, la bolsa de resina conserva su color claro, alterando aún más su aspecto.

Las bolsas de resina generan efectos físicos que influyen en el proceso de transformación primaria de la madera (Vignote et al., 2013). En las operaciones de corte con sierra, cuchilla, fresa o desbaste, la resina contenida en la bolsa embota la herramienta, de forma que merma parcial o totalmente su operatividad (Vignote & Martínez, 2006). Estéticamente también afectan en la apariencia de la madera en donde adquiere un color tostado y poco agradable (Vignote et al., 2013).

### **2.7.4. Médula**

Es la parte central del tronco que se encuentra constituida especialmente por tejido parenquimático, y que queda incluida dentro de una pieza de madera aserrada, representando una zona blanda con escasa resistencia mecánica, color y susceptibilidad al ataque biológico

(Spavento & Keil, 2008; González et al., 1995; Chang et al., 2002, González et al., 2004). La médula en el árbol no es un defecto, sino más bien es un elemento anatómico característico y la consideración como defecto es debido a su constitución por células parenquimáticas que son totalmente diferentes del xilema y la hace despreciar a la pieza de madera que la contiene (Vignote & Martínez, 2006; Guindos, 2011).

Para González et al. (2004) la médula se presenta como médula incluida dentro de la pieza o aparece en una de las caras; así se puede obtener:

- Médula incluida dentro de una pieza: la aparición de este defecto después de transformado en un producto produce su descalificación.
- Médula que aparece en la superficie de la pieza: afecta en la apariencia, trabajabilidad y la resistencia mecánica de la madera.

## **2.8. Aserrío de madera de Plantaciones**

Los aserraderos son instalaciones industriales que procesan las trozas en distintos tipos de madera aserrada (García *et al.*, 2002). En este proceso se emplea la materia prima (árboles cortados y trozados), para producir madera aserrada con fines diversos, como la madera para construcción, madera para embalaje, muebles, puertas entre otros (Lima, 2016; Meza & Simón, 2007).

JUNAC (1989) establece que en el proceso de aserrío se deben lograr cinco objetivos fundamentales:

- Obtener calidad de superficies y precisión de cortes.
- Obtener eficiencia en la operación.
- Limitar el desgaste de las herramientas.

- Limitar el consumo de energía.
- Limitar la pérdida de materia prima.

El aserrío convencional de las trozas se consigue utilizando una cierra cinta o una sierra circular simple o doble dependiendo del diámetro de las trozas. Un carro lleva la troza a lo largo de la sierra principal a la que se amordaza, y donde puede voltearse para presentarla a la misma de manera que se consiga el mejor aserrado posible. La sierra principal corta longitudinalmente la troza, definiendo el espesor de la madera, seguidamente, las piezas ingresan a la canteadora en donde se determina el ancho de la tabla. Las piezas canteadas son cortadas con una despuntadora para obtener los largos comerciales requeridos. Estos procesos comprenden el aserrío, sin embargo, pueden presentarse ligeros cambios debido a la posición y/o ordenamiento de la planta, y la incorporación de nuevas máquinas.

Rocha (2002) menciona que el sistema de aserrío convencional consiste en aserrar sin realizar una clasificación de calidades a las trozas y sin definir un modelo de corte para cada clase diamétrica y para cada especie. Tal condición, induce a la obtención de un bajo rendimiento de aserrío, generando una gran cantidad de subproductos, muchas veces considerados residuos del proceso (Almeida et al., 2014).

Cuando se trata de madera procedente de plantaciones, como el caso de los pinos, los diámetros son menores y homogéneos, lo que facilita el empleo de técnicas de optimización. La clasificación eficiente y el establecimiento del modelo de corte proporcionan buenos resultados (Leite, 1994). Así, el aserrío optimizado emplea un sistema de corte previamente estudiado con la finalidad de maximizar la utilización de la troza, es decir, las trozas son clasificadas y aserradas dentro de un patrón de corte para cada clase diamétrica (Almeida et al., 2014)

El principal objetivo del proceso de aserrío es el aprovechamiento máximo de las trozas con la obtención de la mayor cantidad y buena calidad de las piezas de dimensiones comerciales, además, el aserrío depende exclusivamente de la experiencia del aserrador (Bustamante, 2010). Se pueden producir elevadas pérdidas de materia prima, debido a la ausencia de tecnologías adecuadas, encareciendo el proceso y existiendo la necesidad de consumir mayor volumen de trozas para producir la misma cantidad del producto aserrado. La selección de los operadores para la sierra principal, reaserradoras, canteadoras y despuntadoras presenta gran interés, ya que estos, constantemente se encuentran tomando decisiones que influyen en el buen funcionamiento y correcto corte de las maquinas, decisiones que a su vez se encuentran directamente relacionadas con la productividad, la calidad de las piezas y el porcentaje de recuperación de la materia prima (Murara *et al.*, 2005).

En cuanto a los problemas que pueden presentarse durante el proceso de aserrío, Esteves *et al.* (2010) menciona que los principales defectos de un aserrío incorrecto: el sobredimensionado, la variabilidad en el espesor de las tablas y la presencia de corteza. Para (Zavala, 1994) la variación en el espesor de la madera debido a la variación de corte por aserrío puede ser bastante significativo, el exceso de dimensionamiento puede representar hasta un 10 % del volumen total de madera verde sin cepillar (Berrospi & Herrera, 2014). Gerwing *et al.* (2001) coinciden que la variación en el espesor de la madera procesada, resultante del empleo de equipos de procesamiento inapropiados o desgastados, provocan pérdidas de más del 8% del volumen durante el aserrío.

El aserrío en la industria nacional presenta muchos problemas, entre ellos destacan la escasa implementación y desarrollo tecnológico, el insuficiente abastecimiento de materia prima, la falta de planificación y la limitada información básica en cuanto a estudios de rendimiento de aserrado para

las especies provenientes del bosque natural y de plantaciones forestales (Llavé, 2008; Bustamante, 2010).

## **2.9. Rendimiento y factor de conversión**

El termino rendimiento se define como la relación entre el volumen de madera aserrada resultante y el volumen de madera rolliza producto del aserrío (Quirós *et al.*, 2005; Aguilera *et al.*, 2005; Bustamante, 2010).

García *et al.* (2001) y Nájera *et al.* (2011) indican que el rendimiento de aserrío es uno de los principales indicadores para medir la eficiencia de la industria de transformación primaria, y en este se refiere al grado de utilización de la materia prima que garantiza la comercialización del producto. Asimismo, Bran *et al.* (2002) afirma que la determinación del rendimiento por troza, en algunos casos es de importancia para la comercialización de la madera en rollo o para cálculos complementarios en los inventarios forestales.

Determinar el rendimiento en el procesamiento de la madera, a través de mediciones detalladas desde que las trozas ingresan al aserradero hasta que salen transformadas en productos finales, es una forma de conocer las deficiencias de las fases específicas del proceso de aserrío, lo cual posibilita realizar mayores ajustes y monitoreos necesarios que conduzcan a lograr una mayor eficiencia en la transformación primaria de la madera (Rueda *et al.*, 2010). Determinar el rendimiento de aserrío con rapidez y con alta confiabilidad, facilita la toma de decisiones sobre el desempeño industrial, uso correcto de la materia prima, además que permite reducir costos y evitar pérdidas durante el proceso productivo (Valerio *et al.*, 2008). De la misma manera, Rocha (2002) indica que el rendimiento puede servir como parámetro de base para los manejadores de los aserraderos, para que evalúen con relativa transparencia si las operaciones de producción están siendo correctamente ejecutadas en la empresa.

## **2.10. Factores que influyen en el coeficiente de conversión en el aserrío**

El rendimiento de aserrío está influenciado por una interacción de diversos factores, tales como características propias de la especie, calidades de las trozas, la maquinaria, patrón de corte, tipo de sierra, calidad y dimensiones de los productos generados, habilidad y capacidad del operario, mantenimiento del equipo y principalmente por los diámetros de las trozas (Murara *et al.*, 2005; Nájera *et al.*, 2010; Esteves, 2010; Almeida, 2014). Mientras que Álvarez *et al.* (2010) citados por Orozco *et al.* (2016) indican que el diámetro, la longitud y la conicidad de las trozas son las variables que presentan mayor incidencia y que afectan en el rendimiento de la madera aserrada. Se ha determinado que conforme disminuyen los diámetros de las trozas, disminuye el rendimiento de aserrío (Quirós *et al.*, 2005).

El tipo de sierra principal también afecta el rendimiento en la transformación primaria, ya que se encuentra influenciado por la amplitud de corte, y los residuos generados están asociados a la producción de aserrín (Quirós *et al.*, 2005). PROMAMAZONIA (2011), encontró que, al emplear la sierra principal de cinta, se pierde alrededor de cinco a siete por ciento del volumen real de la madera en forma de aserrín. Por otra parte, Serrano (1996) determinó que, al utilizar una sierra circular doble con una hoja de 70cm de diámetro y 7mm de espesor en el corte para el aserrío de trozas de melina (*Gmelina arborea*) con diámetro promedio de 16,4cm, el rendimiento de la madera aserrada fue del 33%. Mientras que, al utilizar un aserradero portátil con sierra de cinta en trozas de la misma especie y diámetro promedio de 19,1cm, el rendimiento fue del 52,75% (Gómez & Chinchilla, 2004).

La variación del aserrío influye también de forma significativa en el rendimiento y calidad de la madera, grandes variaciones en el espesor de las piezas aserradas provocan un menor

rendimiento, y que a variaciones elevadas se requieren mayores sobredimensionamientos en las piezas (Nájera *et al.*, 2006). Berrospi & Herrera (2014) encontraron que el porcentaje de volumen perdido por exceso de dimensionamiento de las piezas de madera aserrada fue de hasta 11%, lo que significa una disminución del rendimiento con relación a que si se lograran cortar a la dimensión indicada.

Las clases de trozas y su calidad también afectan en el rendimiento debido a las características específicas como la conicidad, torceduras, achatamientos, médula migrante, ramas-nudos vivos o muertos, asociado además de tensiones internas que dificulta el procesar de trozas largas (Serrano, 1991). Según Bryant (1996) citado por Orozco *et al.*, (2016) afirma que el rendimiento por clases de madera aserrada obtenida de las trozas de una especie en particular no es uniforme en los aserraderos de una zona específica, ya que existen muchos factores que pueden influir en la proporción de cada grado de calidad o clase producida.

Nájera (2012) menciona que, al no existir dos aserraderos iguales, las variables que influyen en el rendimiento de aserrío rara vez son las mismas, por lo que es importante conocer como estos factores afectan en el rendimiento y entender el grado de utilización que es posible alcanzar con la materia prima, con la finalidad de establecer mecanismos que permitan incrementar el nivel de aprovechamiento.

Así mismo, el rendimiento está asociado a otros aspectos como el nivel tecnológico de las máquinas, tipo de aserradero, tipo de sierra y los productos a obtener, coincidiendo con Murara *et al.*, (2005) y Nájera *et al.*, (2010), considerando el proceso de optimización del aserrío, es posible incrementar los rendimientos como los obtenidos por Murara *et al.* (2005) que determinaron diferencias en

rendimientos de 44,93% para aserrío convencional y 53,60% para aserrío optimizado en *Pinus taeda*, aserrando trozas de 18-44cm de diámetro.

## **2.11. Coeficiente de conversión y rendimientos obtenidos en el Perú**

La Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, establece para el país un coeficiente de rendimiento de madera rolliza a madera aserrada de 52% para madera de plantaciones (INRENA, 2005).

### **2.11.1. Rendimiento de trozas provenientes de plantaciones**

Yepes & Linares (2007) obtuvieron un rendimiento promedio de 30% con el uso de sierra de cinta para trozas cuyos diámetros promedios fueron de 20-60cm, provenientes del raleo de una plantación forestal de 30 años de la especie de tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) en la región de Loreto. Por otra parte, Arroyo (2010) determinó el factor de conversión de 0,65 para trozas de 27,8cm de diámetro promedio para eucalipto (*Eucalyptus globulus*) provenientes de una plantación agroforestal en el valle del Mantaro empleando sierra cinta, donde obtuvo piezas de 1” a 5” de espesor. Yalico (2012) determinó los rendimientos de 65,5% para *Eucalyptus saligna* y 55,8% para *Junglas neotropica*, de trozas provenientes de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en la región Pasco, empleando sierra cinta. Llavé (2008) determinó un factor de conversión de 0,48 para trozas que van desde los 13,5cm a 41,1cm de diámetros provenientes del raleo de una plantación de teca (*Tectona grandis*) para la zona de Chanchamayo, usando sierra cinta y aserrando principalmente piezas de 1” y 2” de espesor.

Montenegro (2015) obtuvo un coeficiente de conversión de 0,43 para trozas de 25,1cm de diámetro promediode *Pinus patula* de 22 años, provenientes del raleo de una plantación en Porcón-Cajamarca aserrando con sierra cinta y obteniendo piezas de ¾” y 1” de espesor.



## 2.12. Coeficientes de conversión y rendimientos obtenidos en Latinoamérica

Vilches (2005) obtuvo valores de aprovechamiento del 60% para trozas provenientes de la clase diamétrica 30-36cm de la especie *Pinus radiata* en la zona de Valdivia-Chile, empleando sierracinta. Murara *et al.* (2005) determinaron rendimientos que varían entre 35,24% a 43,92% para el aserrío tradicional y rendimientos de 41,65% a 63,04% para el aserrío optimizado usando sierra cinta en trozas cuyos diámetros promedios abarcaron de 18 a 44cm para la especie *Pinus taeda* en Brasil.

Esteves *et al.* (2010) empleando un aserradero portátil de sierra cinta, obtuvieron un rendimiento superior al 66% para trozas provenientes de una plantación en Brasil de *Pinus elliottii*, cuyo diámetro promedio fue 34 cm. Ortiz *et al.* (2016) determinaron el coeficiente de aprovechamiento promedio de 48,27% para trozas del género *Pinus*, empleando sierra cinta en la región de Oaxaca-México. Orozco *et al.* (2016) obtuvieron rendimientos de aserrío para cuatro especies de pinos; *Pinus leophylla* (44,84%), *Pinus strobiformis* (49,40%), *Pinus durangensis* (43,18%) y *Pinus teocote* (47,47%) empleando sierra cinta, para la zona de Durango, México. Valerío (2009) empleando sierra cinta, determinó el rendimiento de aserrío de 49,2% para trozas de *Araucaria angustifolia* provenientes de plantaciones forestales en Paraná, Brasil.

Aldás (2014) determinó un rendimiento de aserrado de 45% empleando sierra cinta y un 35% de aprovechamiento utilizando sierra circular para la especie de *Pinus radiata* proveniente de plantaciones en Ecuador. Guerra (2016) determinó para la especie *Pinus oocarpa*, un rendimiento promedio de aserrío de 54,31% para trozas provenientes de bosque natural y 53,33% para trozas provenientes de sistemas silvopastoriles en Honduras usando sierra cinta. Finalmente, Cevallos *et al.* (2017) detalla que para la especie de *Pinus radiata* obtuvo rendimientos de 34,94% de troza a bloque,

43,29% de bloque a tabla y 15,08% en la transformación directa de troza a tabla, en la elaboración de pallets en Ecuador usando sierra cinta.

Bermúdez *et al.* (2006) encontraron un rendimiento promedio de 63,4% en el aserrío de trozas de diámetros menores (16-24cm) de *Gmelina arborea* provenientes de una plantación forestal en Costa Rica, empleando sierra cinta. Quirós *et al.* (2005) obtuvieron rendimientos de 39%, 30% y 27% para las especies de *Gmelina arborea*, *Acacia mangium* y *Terminalia ivorensis* respectivamente, provenientes de trozas del primer raleo comercial de 6 y 8 años en Costa Rica, utilizando sierra cinta en el proceso de aserrío.

### **2.13. Tabla de Rendimiento**

Es una tabla que determina el volumen probable de madera aserrada a obtener a partir de la madera rolliza distribuidas en diámetros y longitudes (Bustamante, 2010). Por otra parte, Henry *et al.* (2004) menciona que es un método empleado para obtener estimaciones confiables de madera aserrada, y consiste en obtener a partir de una muestra el volumen real, y después relacionarlo con la variable deseada de la troza que sea de fácil medición como el diámetro y/o longitud, así mediante ajustes matemáticos se obtiene una ecuación que permite relacionar las variables de estudio y construir la tabla de rendimiento. Montenegro (2015), indica que las tablas de rendimiento deben responder a la variación de las dimensiones de las trozas y a las especies que se procesan.

Del Pozo (1996) elaboró una tabla de rendimiento para *Pinus patula* con trozas de madera provenientes del raleo de una plantación de 11 años en el aserradero de ADEFOR-Cajamarca, empleando las variables de factor de conversión y el diámetro de la troza. Montenegro (2015) construyó una tabla de rendimiento para *Pinus patula* con trozas provenientes del raleo de una plantación de 22 años en Cajamarca (Anexo 08).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de estudio**

El estudio se realizó en la empresa North Pallets S.A.C, ubicada en Calle 2, Mz B-1, Lote 16, Parque Industrial del distrito de La Esperanza, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad; y en los laboratorios de Anatomía de la Madera, Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera del Departamento Académico de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.

#### **3.2. Materiales, equipos y maquinaria**

- **Materiales**
  - Madera rolliza
  - Libretas, papel y formatos
  - Tizas de colores y marcadores
  
- **Equipos**
  - Mesa de armado

- Pistolas de clavos
- 2 cargadores frontales
- Cinta métrica (Precisión 1mm)
- Vernier digital (Precisión 6" /150 mm)
- Cámara fotográfica
- Una computadora personal
- **Maquinaria**
  - 2 Sierra principales de cinta vertical con carro portatrozas.
  - 4 despuntadoras de disco
  - 2 máquinas cepilladoras

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Etapa de Laboratorio**

- **Selección y colección de muestras**

Las trozas de estudio fueron seleccionadas, tomando como guía lo estipulado en la norma American Society for Testing and Materials ASTM (2004), Designation: D 5536 – 94 (Reapproved 2004) Standard Test Methods for Sampling Forest Trees.

La Figura 1, muestran las imágenes A, B y C, correspondiente a las trozas seleccionadas, considerando el estado fitosanitario, así como un diámetro promedio de 30 cm.



(A)



(B)



(C)

**Figura 1:** A, B y C son imágenes de trozas seleccionadas para la determinación de propiedades físicas mecánicas de la madera.

- **Verificación y caracterización de la madera.**

La verificación de la especie se realizó en el laboratorio de Anatomía de la Madera.

- **Determinación de propiedades físicas y mecánicas**

Las Propiedades Físico – Mecánicas de la Madera, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ensayos Tecnológicos de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Las propiedades físicas de la madera se realizaron de acuerdo a las siguientes normas:

- Métodos para determinar del Contenido de Humedad. NTP. (PERÚ) 251.010:2020. Madera.
- Método para determinar la Densidad. NTP. (PERÚ) 251.011:2014. Madera. 3era edición.
- Determinación de la Contracción. NTP. 251.013.1980.

Los ensayos de propiedades mecánicas de la madera seleccionadas se realizaron de acuerdo a las siguientes normas:

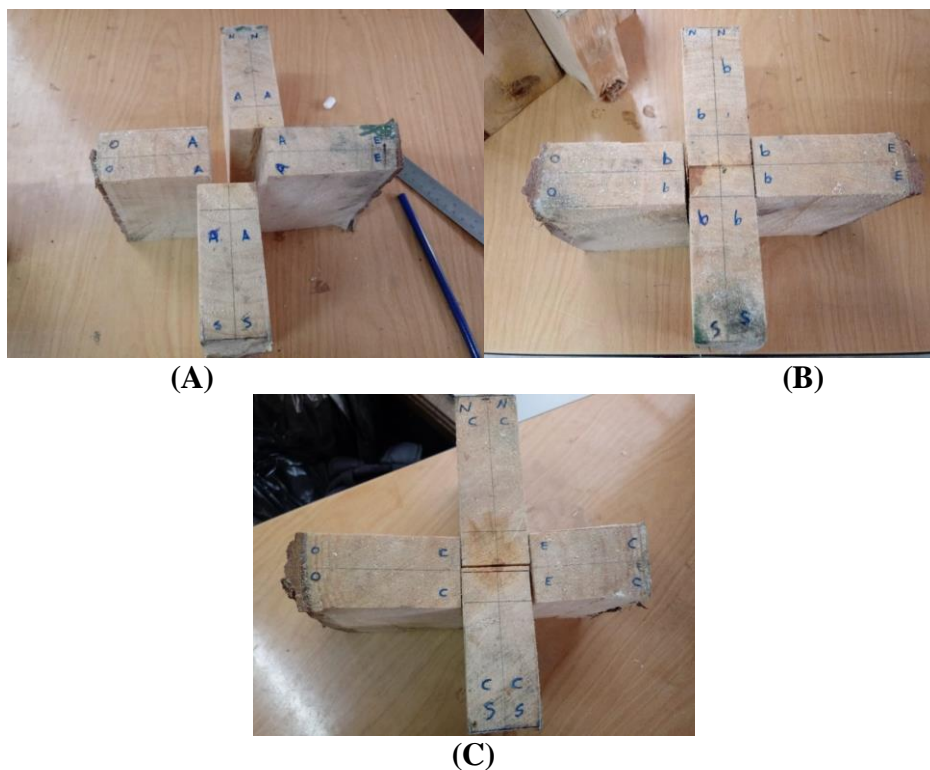
- Método para determinar la Flexión estática. NTP. (PERÚ) 251.017:2014 (revisada 2019). Madera.
- Método para determina de la Compresión perpendicular. NTP. (PERÚ) 251.016:2015 Madera.
- Método de Determinación de la Dureza. NTP. (PERÚ) 251.015:2020. Madera.
- Madera. Método de Determinación de Tenacidad. NTP. (PERÚ) 251.018:2015 (revisada 2020).

- Método de Extracción de Clavos. NTP. (PERÚ) 251.036:2015 (revisado 2020).  
Madera.

- **Preparación de probetas**

La obtención de probetas se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina, basándose en lo estipulado en la Norma American Society for Testing and Materials, US – ASTM D143 – 14 Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber y codificados con letras.

Las trozas se dividieron en 3 secciones codificadas con las letras A, B y C según su orientación (Este, oeste, norte y sur), obteniendo viguetas de las cuales posteriormente se obtuvieron las probetas para los ensayos físicos y mecánicos.



**Figura 2:** A, B y C, Son probetas para la determinación de propiedades físicas mecánicas de la madera.

### 3.3.2. Etapa de Campo

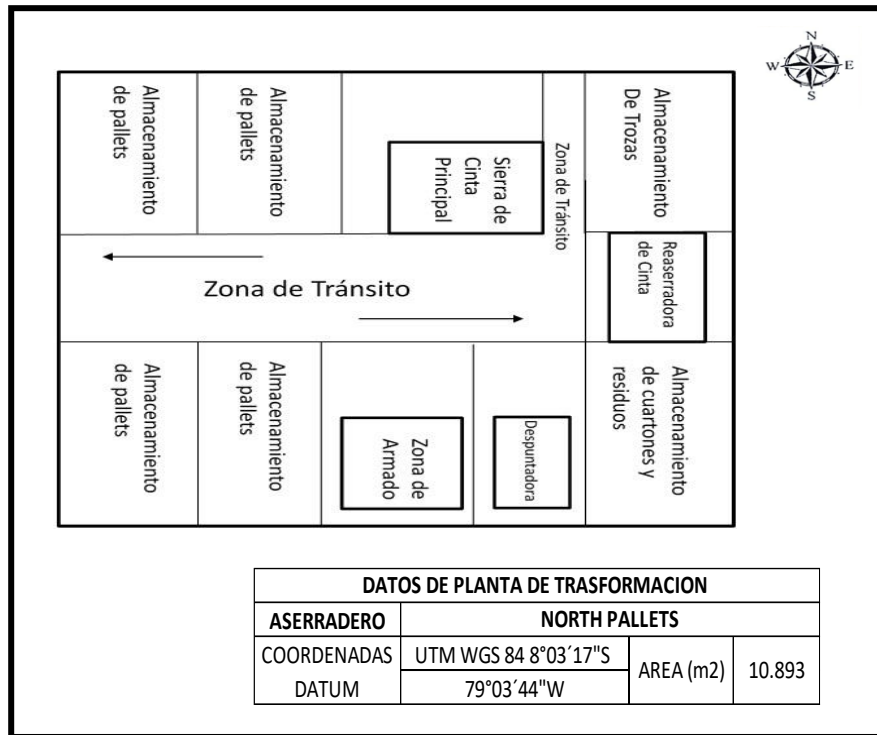
- **Descripción de la planta de pallets**

El abastecimiento de madera a la empresa North Pallets se realiza a través de la compra de madera rolliza de pino provenientes de bosques plantados. El aserradero trabaja principalmente con la especie de *Pinus radiata* debido a la alta demanda e interés de esta especie por parte de las empresas agroexportadoras, por su buen comportamiento en el traslado de productos, bajo peso, color y secado. El aserradero tiene una superficie de 10,893 m<sup>2</sup> con diferentes áreas para el aserrado, armado y secado, que se muestra en la Figura 3 y se detalla a continuación.

El aserradero de la empresa North Pallets, cuenta con la siguiente distribución:

- Área de almacenamiento de trozas.
- Área de sierra principal de cinta.
- Área de reaserrado
- Área de despuntado
- Área de armado y clavado
- Área de cámara de secado
- Área de almacenamiento





**Figura 3:** Distribución en planta del aserradero North Pallet.

- **Características de las dimensiones de trozas**

En el patio de trozas se almacenaban las trozas adquiridas a partir de diferentes proveedores provenientes de plantaciones de *Pino radiata*, que presentaban diámetros entre 13 – 44 cm y longitudes variables desde 1.2 y 2.5 m. de longitudes. La selección de las trozas se realizó al azar, según el stock total del patio de trozas.

- **Determinación del tamaño de muestra**

Para la determinación del tamaño de muestra se tomó en consideración lo siguiente:

- Volumen disponible en el patio de trozas de la empresa, observándose un promedio de 500 trozas de distintos diámetros y longitudes, para los cuales, con el objetivo de determinar el tamaño de muestra a evaluar, se utilizó la Norma Técnica Peruana (NTP-ISO 2859-1:2013), según calidad del producto, “Procedimientos de muestreo para inspección por atributos; se determinó el plan de muestreo simple para distribución normal.
- Se determinó el nivel de inspección del tipo II (nivel de inspección general), así como también se determinó el tamaño de lote, encontrándose dentro del rango de 281 -500 trozas observadas en el patio de trozas, determinando como letra de código H, encontrando que el tamaño de muestra a trabajar fue de 50 trozas; sin embargo, por motivos de tiempo y disponibilidad, se realizó la evaluación de 61 trozas. Los datos tomados de las 61 trozas del pre-muestreo se encuentran en el Anexo 5.

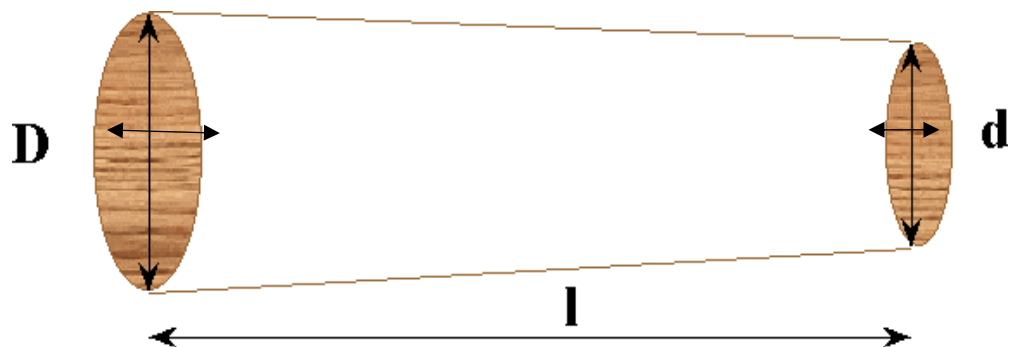
- **Selección de las trozas**

Obtenido el tamaño de muestras, las trozas fueron seleccionadas en forma aleatoria.

- **Medición de las trozas**

Las mediciones se realizaron a los diámetros y a las longitudes de las trozas (Figura 2):

- Diámetro mayor: se realizó en el extremo mayor de la troza, se tomó dos medidas en cruz sin considerar la corteza y en centímetros.
- Diámetro menor: se realizó en el extremo menor de la troza, se tomó dos medidas en cruz, sin considerar la corteza y en centímetros.
- Longitud de la troza: se tomó del extremo mayor al extremo menor o viceversa en metros.



**Figura 4:** Mediciones realizadas a las trozas de pino radiata (SERFOR, 2021).

- **Clasificación por calidades y clases diamétricas**

La clasificación de las trozas estuvo basada en las reglas de clasificación de trozas confeccionadas por Miguel (1988), Romero (1990), y del Instituto Brasileño de Desarrollo Forestal –IBDF- (1984) para otras especies.

La calidad de trozas según su calidad (apariencia externa de forma y presencia de defectos visibles) y Denominación por clases diamétricas, se presentan en la Tabla 3 y 4.

**Tabla 3.**

*Denominación de Calidad de trozas.*

Calidad de Troza	Descripción
A	Optima condición: Sin presencia de nudos, bolsas de resina, sin medula incluida. Forma de las trozas rectas sin curvaturas, diámetro con circunferencias bien formadas. Sin presencia de pudrición y/o ataques de insectos, rajaduras, entre otros.

---

B

Regular a mala condición: Con presencia de nudos vivos y nudos muertos, bolsas de resina, medula en la parte superficial. Forma de trozas con curvaturas, diámetros irregulares, grietas y rajaduras superficiales.

---

**Tabla 4.**

*Denominación de Clases diamétricas.*

Clases Diamétricas	Descripción
Pequeña	Diámetros de 10 a 20 cm
Mediana	Diámetros de 20 a 30 cm
Grande	Diámetros mayores a 30 cm

- **Marcación de trozas**

Posteriormente se procedió a pintar los extremos de cada troza con crayolas de colores para diferenciarlas entre ellas; además se codificaron ambos extremos con una numeración ordenada y consecutiva.

- **Proceso de Producción**

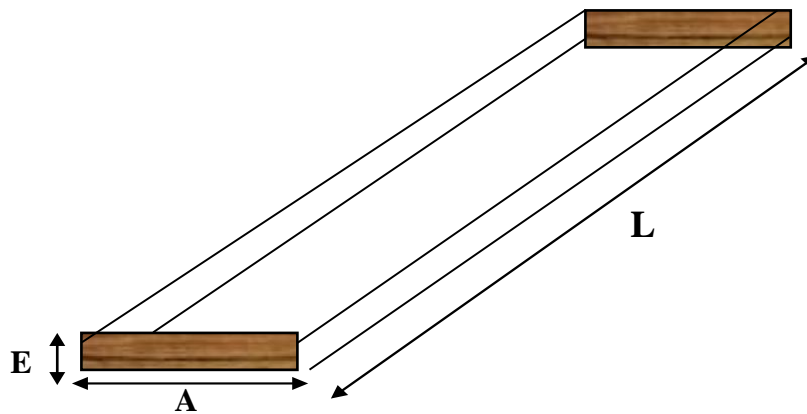
- a) **Aserrío Principal:** Realiza dos cortes, generando un ángulo de 90° en la troza, de manera vertical, a estos cortes la empresa le denomina “Encuadrado”. Posteriormente las trozas se apilan las rumas para continuar con los siguientes procesos. No existe un previo descortezado.

- b) Garlopeado: Las trozas pasan nuevamente por una sierra de cinta vertical en donde se da el segundo proceso de “Entablado” en donde a la troza se le da forma de cuartones rectangulares con un espesor de 10 cm.
- c) Formación de Cubos: Este proceso se realiza nuevamente por una sierra de cinta vertical, en donde las tablas de 10 cm de espesor, son cortados formando cubos de 10 cm de ancho por 10 cm de espesor.
- d) Tableado: Los cubos son ahora ingresados nuevamente por la sierra de cinta vertical, para obtener tablas de 15 mm de espesor.
- e) Despuntado o dimensionado: las tablas son despuntadas en una despuntadora de disco agrupándolas de 5 en 5, donde se les da la longitud final que es de 1.20 m.
- f) Armado: Las piezas dimensionadas pasan a la zona de armado donde se ensamblan utilizando una pistola neumática automática de clavos, empleando moldes que permitan un armado más rápido y exacto. Este procedimiento se realiza al aire libre antes del tratamiento térmico.
- g) Tratamiento Térmico: Se lleva a cabo en una cámara de 6m x 11m a 35°C durante un periodo de 5 horas, en la cual ingresan hasta 600 parihuelas. En este proceso se esteriliza la madera y se logra obtener un contenido de humedad del 20%.
- h) Sellado: Las parihuelas que pasan por el tratamiento térmico NIMF 15, son posteriormente selladas en el taco, como marca de cumplimiento. Finalizado el proceso, las parihuelas son apiladas para su posterior registro.

- **Medición y evaluación de madera aserrada obtenida de cada troza**

Las piezas de madera aserrada húmeda fueron evaluadas de manera visual durante cada proceso de transformación, separando las que presentaban mayores defectos. Para la medición de las tablas, fueron tomadas en base a INRENA-UNALM (2008) como se observa en la Figura 3.

- Espesor: se tomó tres medidas sobre la escuadría, consignando la menor medida
- Ancho: se tomó tres medidas sobre una de las caras, consignando la menor medida
- Longitud: se tomó la distancia en el eje central, entre los extremos de la pieza aserrada.



**Figura 5:** Criterios de medición de una pieza de madera aserrada (INRENA-UNALM, 2008).

### 3.3.3. Etapa de Gabinete

- **Cálculo del volumen de madera rolliza**

Las trozas de pino radiata fueron cubicadas en base a la fórmula Smalian y en metros cúbicos. La ecuación empleada fue la siguiente:

$$V(ssc) = \frac{(A_1 + A_2) \times L}{2}$$

Donde:

V: Volumen de la troza (m<sup>3</sup>)

A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>: Área de cada extremo de la troza (m<sup>2</sup>)

L: longitud de la troza (m)

- **Cálculo de conicidad**

Para la determinación de la conicidad de la troza se calculó con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{D - d}{L}$$

Donde:

C: conicidad (cm/m)

D: diámetro promedio del extremo mayor (cm)

d: diámetro promedio del extremo menor (cm)

L: longitud (m)

- **Cubicación de la madera aserrada**

El volumen de las piezas aserradas se cubió como un sólido geométrico (paralelepípedo), para esto se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$V(m^3) = \frac{e(mm) \times a(mm) \times l(mm)}{10^9}$$

Donde:

V: Volumen de la pieza (m<sup>3</sup>)

e: espesor de la pieza en (mm)

- a: ancho de la pieza en (mm)
- l: longitud de la pieza en (mm)

- **Evaluación del rendimiento**

La determinación del rendimiento de aserrío se obtuvo mediante la relación entre el volumen de madera aserrada en cada uno de los procesos de transformación, se aplicó la siguiente relación:

$$R = \frac{V_a}{V_r} \times 100\%$$

Donde:

- R: Rendimiento de aserrío (%)
- V<sub>a</sub>: Volumen de madera aserrada (m<sup>3</sup>)
- V<sub>r</sub>: Volumen de madera rolliza (m<sup>3</sup>)

- **Elaboración de tabla de rendimiento**

La tabla de rendimiento se elaboró utilizando el Coeficiente de conversión estimado mediante la ecuación determinada que explique su comportamiento a partir de la variable Diámetro promedio (cm) y Longitud de Troza (m) como variables independientes. Para su elaboración se realizó el siguiente procedimiento:

- a) Considerando la frecuencia de longitud de trozas y la amplitud de la variable diámetro promedio de troza se calculó el volumen rollizo en m<sup>3</sup> para cada una de las posibles combinaciones (diámetro promedio – longitud de troza) establecidas en la tabla.



- b) Utilizando la ecuación de regresión determinada durante el análisis estadístico, se estimó el Coeficiente de conversión para cada uno de los diámetros promedios de trozas determinadas en la tabla.
- c) Para la determinación del volumen de madera aserrada, ~~a obtener~~, se realizó el cálculo del volumen rollizo en m<sup>3</sup>, con el coeficiente de conversión obtenido, transformando dicha información de m<sup>3</sup> de madera rolliza a madera aserrada, utilizando para su conversión a pies tablares (424 pt).
- d) Los volúmenes obtenidos en pies tablares fueron ordenados en una tabla de doble entrada, en la cual, en la parte superior se indica la longitud de las trozas en pies y en metros, y en el lado izquierdo, en sentido vertical se indican los diámetros promedios de las trozas en pulgadas y centímetros, sin corteza.

- **Procesamiento de datos**

Se registraron todos los datos obtenidos en hojas de Excel para poder ser procesados adecuadamente. Los estadísticos y demás análisis se trabajaron con el uso del programa R (versión 4.0.2). Se estimaron estadísticos descriptivos (media aritmética, desviación estándar, coeficiente de variabilidad y rango), así como las frecuencias absolutas y relativas, para todas las variables en estudio. Estos mismos estadísticos fueron hallados también de acuerdo a las clases diamétricas establecidas y calidades de trozas.

Se hizo énfasis en las diferencias del rendimiento sobre las trozas de acuerdo a las clases diamétricas y calidades. Se construyeron diagramas de cajas para explorar estas

diferencias, además de pruebas de hipótesis. Se aplicó lo mismo para estimar posibles diferencias entre el volumen de residuos de cada proceso de obtención de tablas.

Se estimó la relación existente entre el rendimiento y las variables diámetro, longitud y volumen inicial usando el índice de correlación de Kendall, el cual reduce el efecto de las observaciones extremas (Abdullah, 1990). Además, se realizaron análisis de regresión lineal para estimar los valores de rendimiento a partir del diámetro, longitud y volumen inicial de las trozas.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Valores promedio de las variables en estudio

La Tabla 5, muestra los valores promedios y desviación estándar de la longitud, diámetro, volumen inicial de la madera rolliza, conicidad, espesor de la corteza, volumen final de la madera aserrada, rendimiento, residuos y numero de tablas obtenidos.

La conicidad tuvo valores mínimos cercanos a 0, y un máximo de 0.04 cm/m, para la cual, según la guía del estudio realizado por el INRENA- UNALM (2008) las trozas evaluadas son consideradas como cilíndricas ya que se encuentran debajo de los 2 cm/m establecidos para esta clase, esto debido a la longitud de las trozas evaluadas. Así mismo, el valor promedio de conicidad presentó aproximaciones con otras especies como las estudiadas por Sulca. K (2021), que determino la conicidad para la especie de *Pino tecunumanii* con valores máximos de 2,3cm/m y mínimos de 0cm/m, con un valor promedio de 0,64cm/m, para las longitudes de trozas de 2,4m a más de 3 m; Así mismo, Orozco *et al.* (2016) determinaron la conicidad para pinos mexicanos como *P. leiophylla*, *P. strobiformis*, *P.durangensis*, *P. teocote*, obteniendo valores de 0,23, 0,25, 0,31 y 0,24cm/m respectivamente. Otros autores como Esteves *et al.*, (2010) sostienen que la conicidad excesiva también contribuye en una disminución en el aprovechamiento de la madera. Sin embargo, no se presentó este caso, ya que la conicidad obtenida presento valores inferiores que puedan influir de forma considerable en el rendimiento.

El espesor de la corteza, tuvo un mínimo de 0 y un máximo de 0.04 m. El volumen final de trozas obtenido estuvo entre los valores de 0.01 a 0.16 m<sup>3</sup>. La variable de rendimiento tuvo un mínimo de 31%, con un máximo de 57%, mientras que los residuos estuvieron en un rango entre 0.01 a 0.31 m<sup>3</sup>. Finalmente, se tuvo por troza un número de tablas entre 2 a 70.

El rendimiento promedio para la transformación de madera rolliza a madera aserrada de la especie de *Pino radiata* en la elaboración de parihuelas es de 46.26%. Riva, G (2007) menciona que el rendimiento en la fabricación de madera comercial es de 48.18%, encontrándose por debajo del promedio establecido a nivel nacional que equivale a 52% (220 pt); esto debido a que el rendimiento se ve influenciado por el número o cantidad de cortes realizados ya sea en la sierra de cinta o sierra circular, ya que al producir madera aserrada con espesores comerciales de 1", 2", columnas, entre otros, no se pierde gran cantidad de madera como aserrín o viruta; mientras que para la elaboración de otros productos como chapas decorativas, parquet, y tablas para parihuelas, se realizan un mayor número de cortes, generando mayor desperdicio y por consiguiente un menor rendimiento en la madera.

En lo que se refiere a los coeficientes de variación, se observan valores relativamente altos entre las variables de volumen inicial, conicidad, espesor de corteza, volumen final, número de tablas y residuos, que revela valores heterogéneos de las trozas. Por otro lado, la longitud, diámetro y rendimiento mostraron coeficientes de variación relativamente bajos, lo que refleja una mayor uniformidad entre los valores.

**Tabla 5.***Estadísticos descriptivos para las variables utilizadas en el estudio de trozas de Pino radiata.*

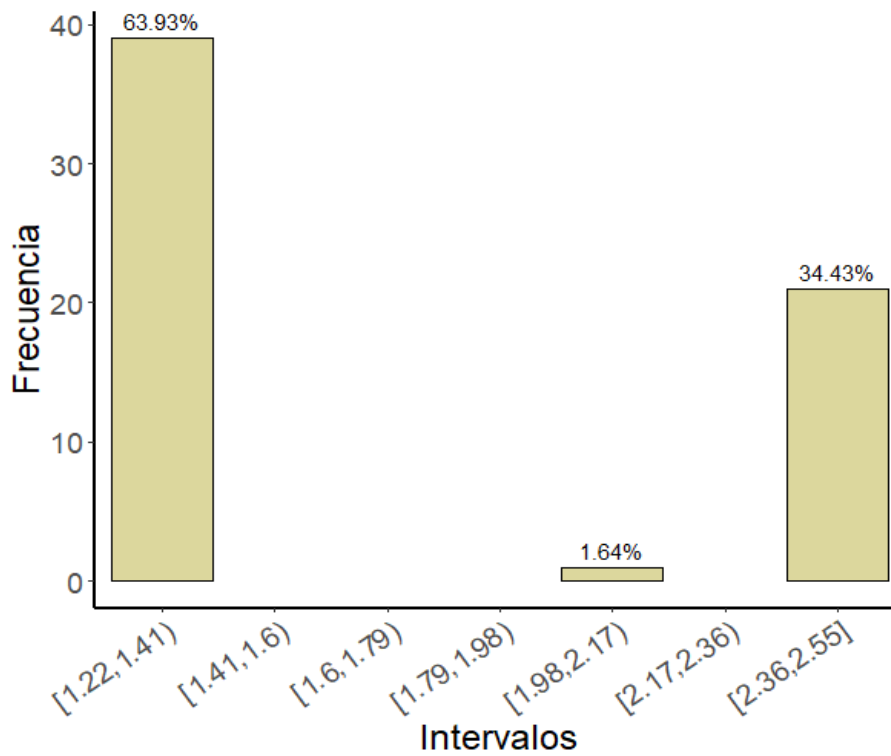
Variable	Media aritmética	Desviación estándar	Coefficiente de variabilidad (%)	Rango
Longitud (m)	1.72	0.58	34.01	1.22-2.54
Diámetro (m)	0.27	0.08	30.67	0.14-0.43
Volumen Inicial, vr (m <sup>3</sup> )	0.11	0.07	68.11	0.02-0.31
Conicidad (cm/m)	0.01	0.01	76.29	0-0.04
Espesor de corteza (m)	0.01	0.00	80.99	0-0.03
Volumen Final, va (m <sup>3</sup> )	0.05	0.04	73.51	0.01-0.16
Rendimiento (%)	46.26	5.74	12.42	31-57
Residuos (m <sup>3</sup> )	0.05	0.03	62.64	0.01-0.16
Número de tablas	21	15	74.46	2-70

La Tabla 6 y Figura 6, muestran la distribución de las longitudes de las trozas, las cuales se ubicaron mayoritariamente en dos intervalos de longitud: el de 1.22 a 1.41 m, con un 63.93% de los datos, seguido por el intervalo de 2.36 a 2.55 m, con un 34.43%, este resultado se obtuvo debido a que las trozas que ingresaron al aserradero fueron mezcladas en una sola pila en el patio de trozas, sin considerar las longitudes de trozas. Esto se debe a que los comerciantes de madera de plantaciones buscan dar a la troza longitudes comerciales de aproximadamente 1, 20m (4 pies) y 2,50m (8 pies) ya que son las medidas que presentan un mayor valor económico, según el tipo de uso.

**Tabla 6.**

*Distribución de frecuencias para longitud de trozas.*

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
[1.22,1.41)	39	63.93	31.15
[1.41,1.6)	0	0	63.93
[1.6,1.79)	0	0	63.93
[1.79,1.98)	0	0	63.93
[1.98,2.17)	1	1.65	65.58
[2.17,2.36)	0	0	65.58
[2.36,2.55]	21	34.43	100



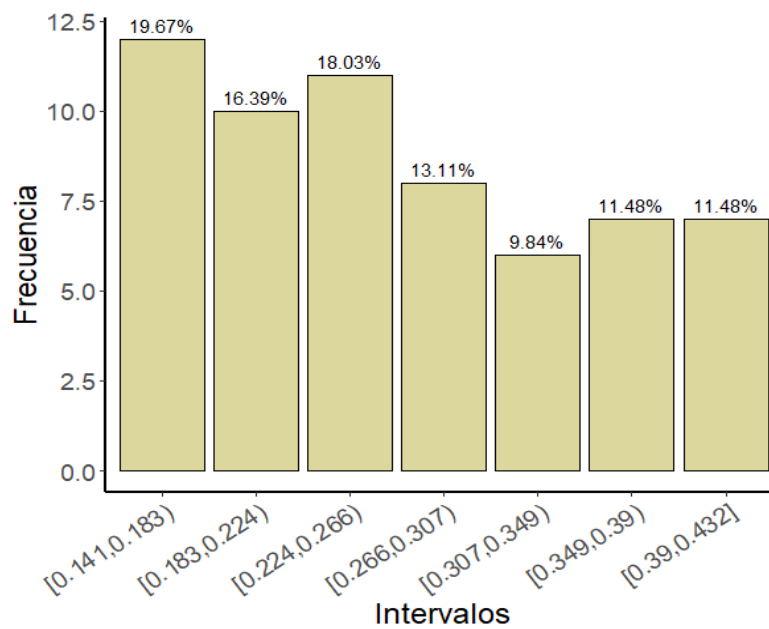
**Figura 6:** Histograma de frecuencias para la variable longitud.

La Tabla 7 y Figura 7, muestran las frecuencias de la variable diámetro, las cuales se distribuyeron de manera relativamente homogénea. El 54.06% de las trozas tuvieron diámetros menores a 0.266 m.

**Tabla 7.**

*Distribución de frecuencias para el diámetro de las trozas.*

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
[0.141,0.183)	12	19.67	31.15
[0.183,0.224)	10	16.39	36.06
[0.224,0.266)	11	18.03	54.09
[0.266,0.307)	8	13.11	67.2
[0.307,0.349)	6	9.84	77.04
[0.349,0.39)	7	11.48	88.52
[0.39,0.432]	7	11.48	100



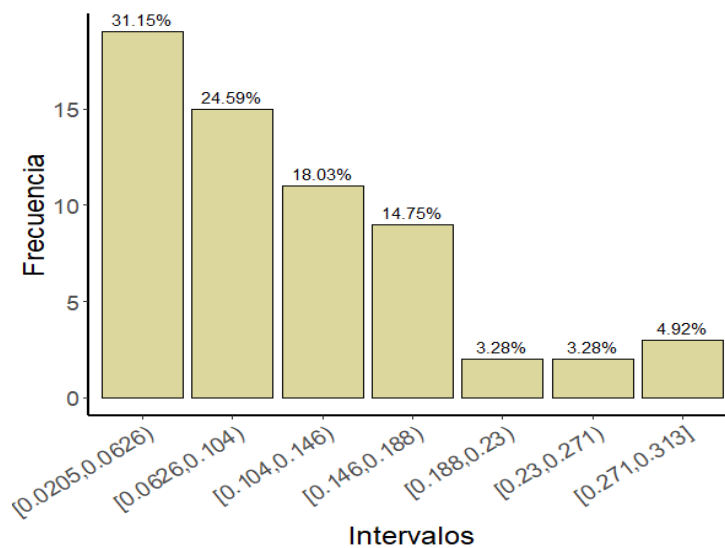
**Figura 7:** Histograma de frecuencias para la variable diámetro.

La Figura 8 y Tabla 8, histograma y frecuencia del volumen inicial, mostró datos asimétricos hacia la derecha. Un 88.52% de los datos tuvo un volumen menor a 0.188 m<sup>3</sup>, esto debido a que las longitudes de las trozas presentaron variaciones desde 1.22 hasta 2.54 m y el diámetro presento valores máximos y mínimos de 0.14 y 0.43 m respectivamente, dando volúmenes iniciales con variación de 0.02 a 0.31 m<sup>3</sup>.

**Tabla 8.**

*Distribución de frecuencias para el volumen inicial de las trozas.*

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
[0.0205,0.0626)	19	31.15	31.15
[0.0626,0.104)	15	24.59	55.74
[0.104,0.146)	11	18.03	73.77
[0.146,0.188)	9	14.75	88.52
[0.188,0.23)	2	3.28	91.8
[0.23,0.271)	2	3.28	95.08
[0.271,0.313]	3	4.92	100



**Figura 8:** Histograma de frecuencias para la variable volumen inicial

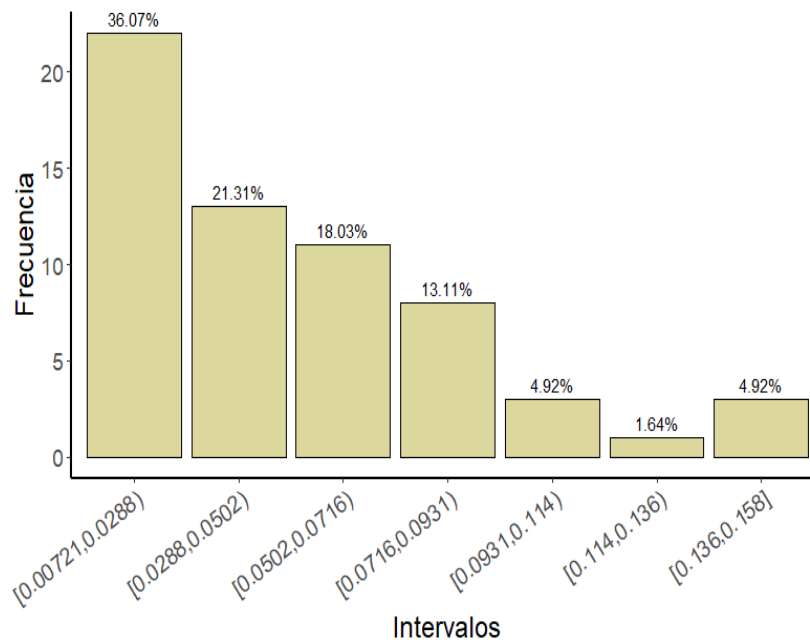


La Tabla 9 y Figura 9, el volumen final de las trozas tuvo un comportamiento similar al del volumen inicial, con la mayor cantidad de los datos hacia la izquierda del histograma. Un 88.52% de las trozas muestreadas tuvieron volúmenes finales menores a  $0.0931 \text{ m}^3$ .

**Tabla 9.**

*Distribución de frecuencias para el volumen final de las trozas.*

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
[0.00721,0.0288)	22	36.07	31.15
[0.0288,0.0502)	13	21.31	57.38
[0.0502,0.0716)	11	18.03	75.41
[0.0716,0.0931)	8	13.11	88.52
[0.0931,0.114)	3	4.92	93.44
[0.114,0.136)	1	1.64	95.08
[0.136,0.158]	3	4.93	100



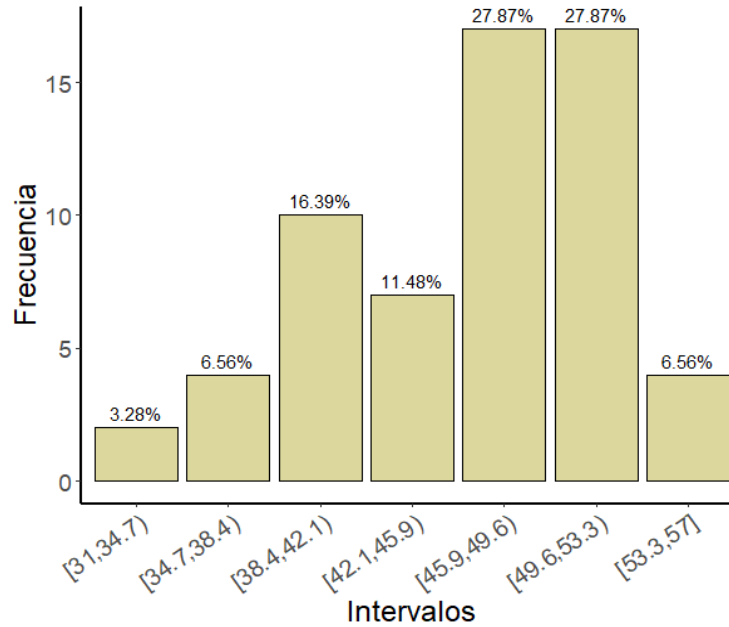
**Figura 9:** Histograma de frecuencias para la variable volumen final

La figura 10 y Tabla 10, muestra la variable rendimiento, mostrando mayores frecuencias en los intervalos de 45.9 a 49.6 % y de 49.6 a 53.3 %, con un 27.87% de los datos en cada caso. Así mismo se observa que existe un mayor rendimiento de la madera, conforme aumenta la clase diamétrica. Dobner (2012) determinó un rendimiento promedio de 57,0% para trozas de una plantación de *Pinus taeda* de 30 años en Campo Belu, Brasil, con diámetros entre 20,0 y 57,0cm, variando el rendimiento desde 37,0% a 78,0% con una marcada tendencia de aumento lineal cuando aumenta el diámetro de la troza.

**Tabla 10.**

*Distribución de frecuencias para el rendimiento.*

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
[31,34.7)	2	3.28	31.15
[34.7,38.4)	4	6.56	9.84
[38.4,42.1)	10	16.39	26.23
[42.1,45.9)	7	11.48	37.71
[45.9,49.6)	17	27.87	65.58
[49.6,53.3)	17	27.87	93.45
[53.3,57]	4	6.56	100



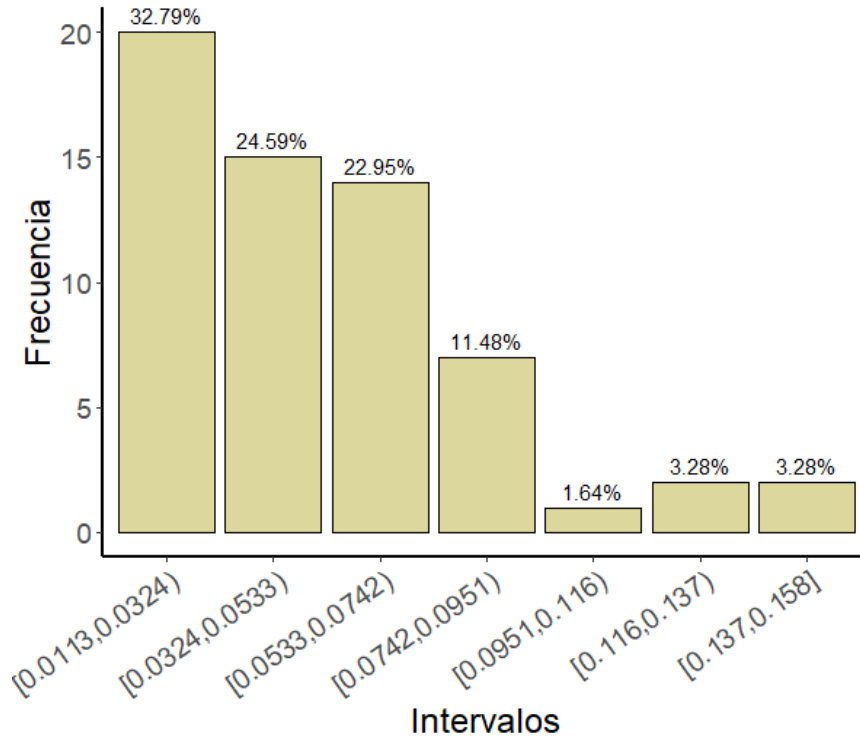
**Figura 10:** Histograma de frecuencias para la variable rendimiento.

Conforme a la Figura 11 y Tabla 11, se observó una asimetría hacia la derecha para la variable residuos; en donde más del 90% de las observaciones fue menor a  $0.0951 \text{ m}^3$ .

**Tabla 11.**

*Distribución de frecuencias para los residuos.*

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
[0.0113,0.0324)	20	32.79	32.79
[0.0324,0.0533)	15	24.59	57.38
[0.0533,0.0742)	14	22.95	80.33
[0.0742,0.0951)	7	11.48	91.81
[0.0951,0.116)	1	1.64	93.45
[0.116,0.137)	2	3.28	96.73
[0.137,0.158]	2	3.28	100



**Figura 11:** Histograma de frecuencias para la variable residuos

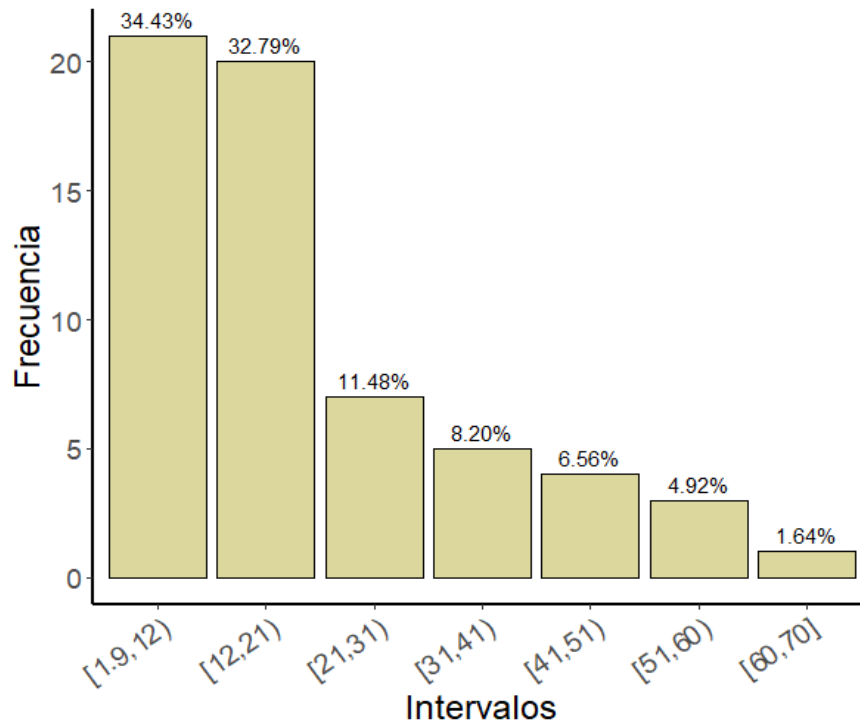
La figura 12 y Tabla 12, histogramas del número de tablas, se observó una asimetría hacia la derecha; en donde el 67.22% de las observaciones tuvo trozas de las que se obtuvieron menos de 21 tablas; esto debido a que, a menor diámetro de trozas, se obtiene un menor número de tablas.

**Tabla 12.**

*Distribución de frecuencias para la variable número de tablas.*

Intervalo	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
[2, 12)	21	34.43	34.43
[12, 21)	20	32.79	67.22
[21, 31)	7	11.48	78.70
[31, 41)	5	8.20	86.90

[41, 51)	4	6.56	93.46
[51, 60)	3	4.92	98.38
[60, 70]	1	1.64	100



**Figura 12:** Histograma de frecuencias para la variable número de tablas.

#### 4.2. Estadísticos por forma y clase diamétrica de troza

Se tomaron en cuenta las clasificaciones de la forma de troza y la clase diamétrica para las trozas muestreadas. En base a estas categorías, se estimaron los estadísticos correspondientes a medias aritméticas y desviaciones estándar para las variables diámetro, longitud, volumen inicial, volumen final y rendimiento.

La tabla 13, forma de troza dividió a la muestra en 41 trozas de forma A, y 20 trozas de forma B. Se observó un mayor promedio para todas las variables de parte de la troza de forma A en comparación

con la B. Así mismo, la forma de troza calidad A, presenta un rendimiento de 48.04%, mientras la forma de troza calidad B presenta un rendimiento de 42.6%, Espinoza y Muñoz (2005) mencionan que las actividades de podas y raleos permiten manejar la forma de los árboles y mejorar la calidad del rodal residual, permitiendo un mayor volumen aprovechable de la madera, sin embargo pese a que se desconoce si existió un manejo adecuado u oportuno en la plantación, la especie presentó un comportamiento favorable en la producción de madera rolliza. Dichos resultados difieren de los valores obtenidos por Ortiz et al. (2016) con madera de *Pinus ayacahuite*, *P. oaxacana* y *P. oocarpa* procedentes de bosque naturales (donde no se realizaron practicas silvícolas), empleando una norma mexicana con similitud de criterios de clasificación, en donde se encontró que solo un 15% correspondió a la clase primera, 34% a una clase media y 51% a clases inferiores. Esta comparativa nos permitió inferir que el *Pinus radiata* produjo madera aserrada con baja cantidad de defectos, producto de su crecimiento y comportamiento en plantaciones no manejadas provenientes de la provincia de Cajamarca.

**Tabla 13.**

*Estadísticos (promedio  $\pm$  desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a la variable forma de troza.*

Forma de troza	N	Rendimiento	Residuos	Número de tablas
A	41	48.04 $\pm$ 4.52	0.06 $\pm$ 0.04	23 $\pm$ 16
B	20	42.60 $\pm$ 6.34	0.04 $\pm$ 0.02	16 $\pm$ 13

La tabla 14, categorización por clase diamétrica dividió a la muestra en 23 trozas G, 20 M y 18 P. Aquí las trozas de clase G tuvieron los mayores promedios de las 3 clases en todas las variables medidas, con excepción de la longitud, en donde la clase M tuvo longitudes promedio de 1.90 m, seguida de la clase P con 1.66 m, y luego la G con 1.62 m. Para la tabla 15, donde se reunieron las dos variables de forma de troza y clase diamétrica, se observó un patrón en las tres clases diamétricas, en donde la forma de troza A tuvo mayores valores en longitud y rendimiento.

**Tabla 14.**

*Estadísticos (promedio  $\pm$  desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a la variable clase diamétrica.*

Clase diamétrica	N	Rendimiento	Residuos	Número de tablas
G	23	50.43 $\pm$ 3.89	0.08 $\pm$ 0.03	32 $\pm$ 16
M	20	45.30 $\pm$ 4.80	0.05 $\pm$ 0.02	18 $\pm$ 11
P	18	42.00 $\pm$ 5.22	0.02 $\pm$ 0.01	9 $\pm$ 4

**Tabla 15.**

*Estadísticos (promedio  $\pm$  desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a las variables clase diamétrica y forma de troza.*

Clase diamétrica	Forma de troza	N	Rendimiento	Residuos	Número de tablas
G	A	21	50.47 $\pm$ 3.42	0.08 $\pm$ 0.03	33 $\pm$ 16
	B	2	50.00 $\pm$ 9.89	0.05 $\pm$ 0.02	21 $\pm$ 27
M	A	11	46.72 $\pm$ 3.74	0.05 $\pm$ 0.02	15 $\pm$ 9
	B	9	43.55 $\pm$ 5.57	0.05 $\pm$ 0.02	22 $\pm$ 13
P	A	9	44.00 $\pm$ 4.35	0.02 $\pm$ 0.01	9 $\pm$ 5

B	9	40.00±5.47	0.02±0.01	8±4
---	---	------------	-----------	-----

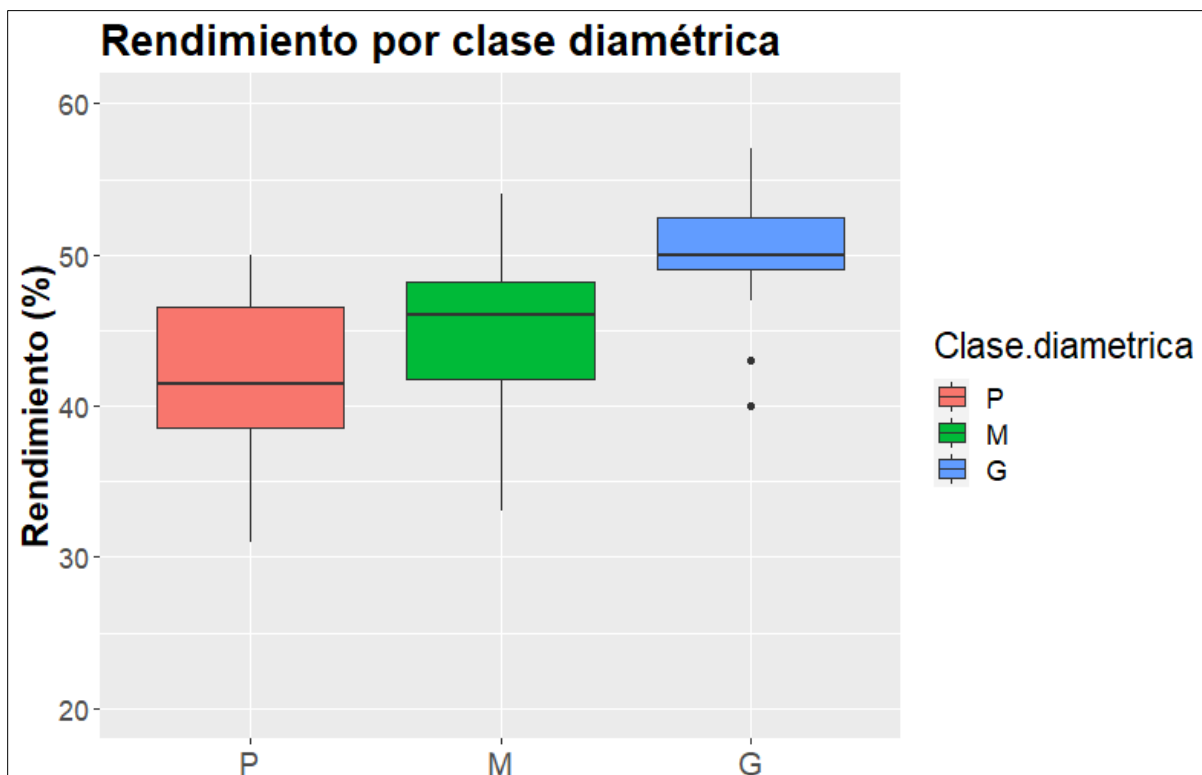
### 4.3. Evaluación del rendimiento por clase diamétrica y forma de troza

No se evidenciaron defectos como huecos, rajaduras, grietas ni ataques de insectos, por lo que el rendimiento de madera rolliza a parihuelas para la forma de troza calidad A, presenta un rendimiento de 48.04%, mientras la forma de troza calidad B presenta un rendimiento de 42.6%, presentando una desviación estándar de 4.52 y 6.34 respectivamente, esto debido a la alta variedad de diámetros de 14 a 43 cm. y dos tipos de longitudes de trozas de 1.24 a 2.55 m evaluados; muy semejante al rendimiento promedio de madera rolliza a madera aserrada que menciona Sulca. K (2021), para la especie de *Pinus tecunumanii* que fue de 50,9%; sin embargo, este es levemente mayor debido a la menor cantidad de cortes que se realiza durante el aserrío para la elaboración de tablonés en comparación con la producción de parihuelas.

El rendimiento obtenido no superó el valor de 52% establecido por el INRENA (2005) que es utilizado a nivel nacional de carácter oficial; en cambio, se encuentra dentro de los rangos promedios obtenidos para pinos mexicanos, como los demuestran Orozco et al. (2016) quienes obtuvieron rendimientos de 43,18% a 52,48% con diámetros de 33 a 44 cm, Ortiz et al. (2016) obteniendo un rendimiento de 44,18% para el género *Pinus*, donde se incluye al *Pinus oocarpa*, Aldaz (2014) quien obtuvo un rendimiento de 45% de aserrío con cinta para trozas de *Pinus radiata* y Almeida et al., (2014) obteniendo un rendimiento de 42,1% para *Pinus* sp con trozas de diámetro promedio de 27,5cm. En contraste, el rendimiento obtenido fue superior e igual en ciertos casos para los autores que trabajaron con pinos centroamericanos, lo que indica que el *pino radiata* es una especie con excelente comportamiento y trabajabilidad durante el aserrado.



En la Figura 13, se observa la distribución de los datos de rendimiento en los tres niveles de las clases diamétricas. La clase G tuvo la menor variabilidad de rendimiento con respecto a las otras dos clases. Existió una diferencia estadística significativa entre los promedios de las tres clases.



**Figura 13:** Diagramas de caja del rendimiento de acuerdo a la clase diamétrica de las trozas.

Los resultados para rendimiento según la clase diamétrica G, para forma de troza calidad A es de 50.47% y de calidad B de 50.00%, para la clase diamétrica M para forma de troza calidad A de 46.72% y calidad B de 43.55%, y para la clase diamétrica del tipo P, forma de troza calidad A es de 44.00% y calidad B de 40.00%, mostrándonos que a mayor diámetro de troza y a mejor forma y calidad de esta, se da un mayor rendimiento y uso de la madera; esto es corroborado por Meza & Simón (2007) quienes mencionan que en rendimientos de aserrío para trozas de diámetros menores

(madera de plantaciones), el rendimiento aumenta con el incremento de los diámetros. No obstante, otros autores como Gómez y Chinchilla (2004) indican que no solo se debe tener en cuenta el tamaño de la troza, sino que también su calidad. Sulca. K (2021), determino para la especie de *Pino tecunumanii*, un rendimiento promedio de 52,1% para la calidad I, 50,6% para calidad II y 50,2% para la calidad III, evidenciando que el rendimiento no solo fue influenciado por el diámetro, sino que también por la calidad de las trozas evaluadas. Vignote y Martínez (2006) que determinaron que los defectos de la madera rolliza llevan consigo la perdida de rendimiento en el proceso de aserrío.

Para probar que existen diferencias significativas entre los valores de rendimiento y las categorías de las variables cualitativas, los datos se sometieron a las pruebas estadísticas test de Shapiro-Wilk y Barlett para probar la normalidad y homocedasticidad respectivamente (Tabla 16 y Tabla 17). Los datos de rendimiento correspondientes a las distintas categorías de las variables de forma de troza y clase diamétrica no se alejaron de la normalidad, y así también se satisfizo la asunción de homocedasticidad, tal como lo muestra la Tabla 18.

**Tabla 16.**

*Tests de normalidad (Shapiro-Wilk) y heterocedasticidad de la variable rendimiento para los diferentes niveles de las variables categóricas Clase diamétrica y Forma de troza.*

Test	Estadístico	p-value	
Clase diamétrica			
Test de Shapiro-Wilk	W=0.96	0.61	P
	W=0.96	0.54	M
	W=0.93	0.08	G
Test de Barlett	K <sup>2</sup> =1.72	0.42	
Forma de troza			

Test de Shapiro-Wilk	W=0.96	0.17	A
	W=0.98	0.93	B
Test de Barlett	K <sup>2</sup> =3.08	0.08	

**Tabla 17.**

*Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de acuerdo a las clases diamétricas de las trozas.*

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	F	P	Sig.
Clase diamétrica	746	2	17.5	<0.001	***
Residuos	1236	58			
Error	4.61				

Valores de significancia: \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

**Tabla 18.**

*Prueba de t de Student para la forma de troza.*

	Estadístico	Grados de libertad	P	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Inferior	Superior
Forma de troza	3.44	28.75	0.001	**	2.21	8.69

Valores de significancia: \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

La tabla 19, muestra que se encontraron diferencias significativas en el rendimiento para las diferentes clases diamétricas; Así mismo, a través de los análisis Post – Hoc, se observó que el promedio de rendimiento de la clase diamétrica G fue significativamente mayor que las de las clases

diamétricas M y P, esto se puede deber al tipo de producto recibido de cada clase diamétrica, observándose que para la clase diamétrica M, el producto obtenido fue de tablas y para la clase diamétrica P fue de tablas y tacos, esto pudiendo influir en el volumen final utilizado por troza.

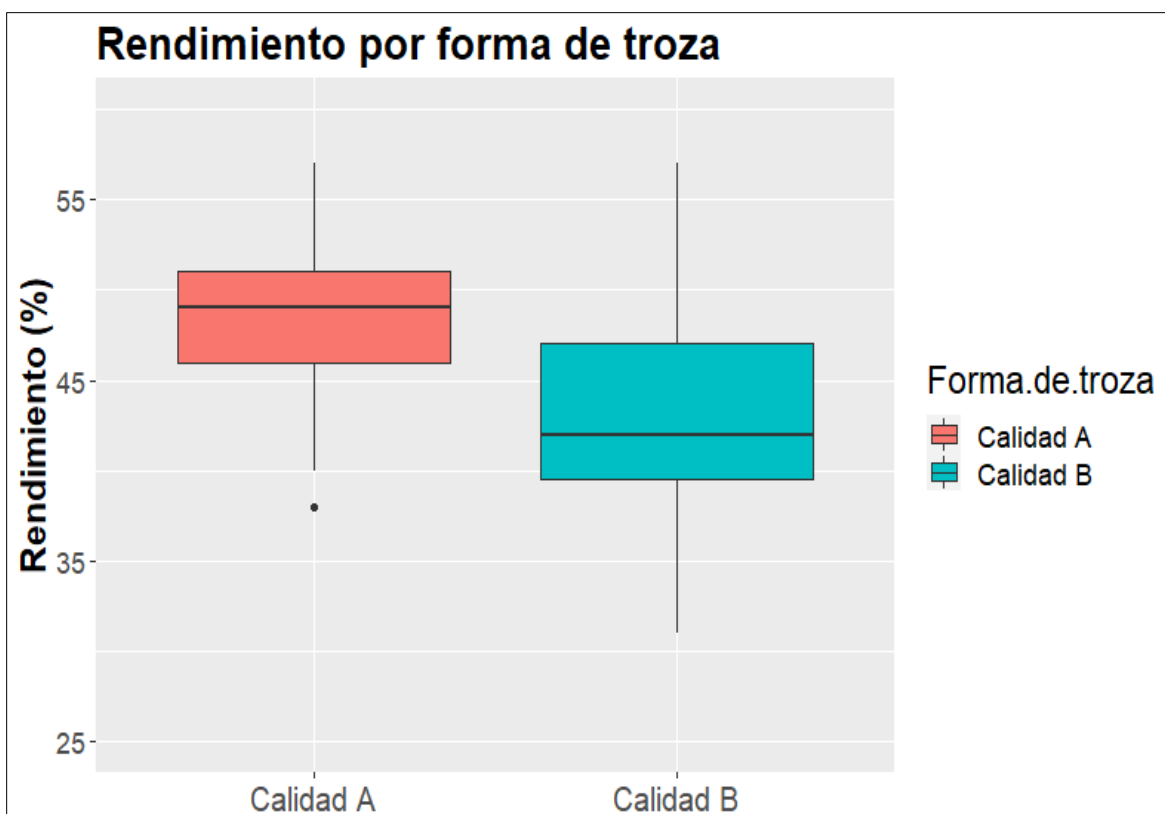
**Tabla 19.**

*Comparaciones Post-Hoc usando el Test de Tukey/HSD.*

Clase diamétrica	Diferencias	Inferior	Superior	p-ajustado	Sig.
M-P	3.300	-0.307	6.907	0.080	
G-P	8.435	4.941	11.929	<0.001	***
G-M	5.135	1.740	8.529	0.002	**

Valores de significancia: \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

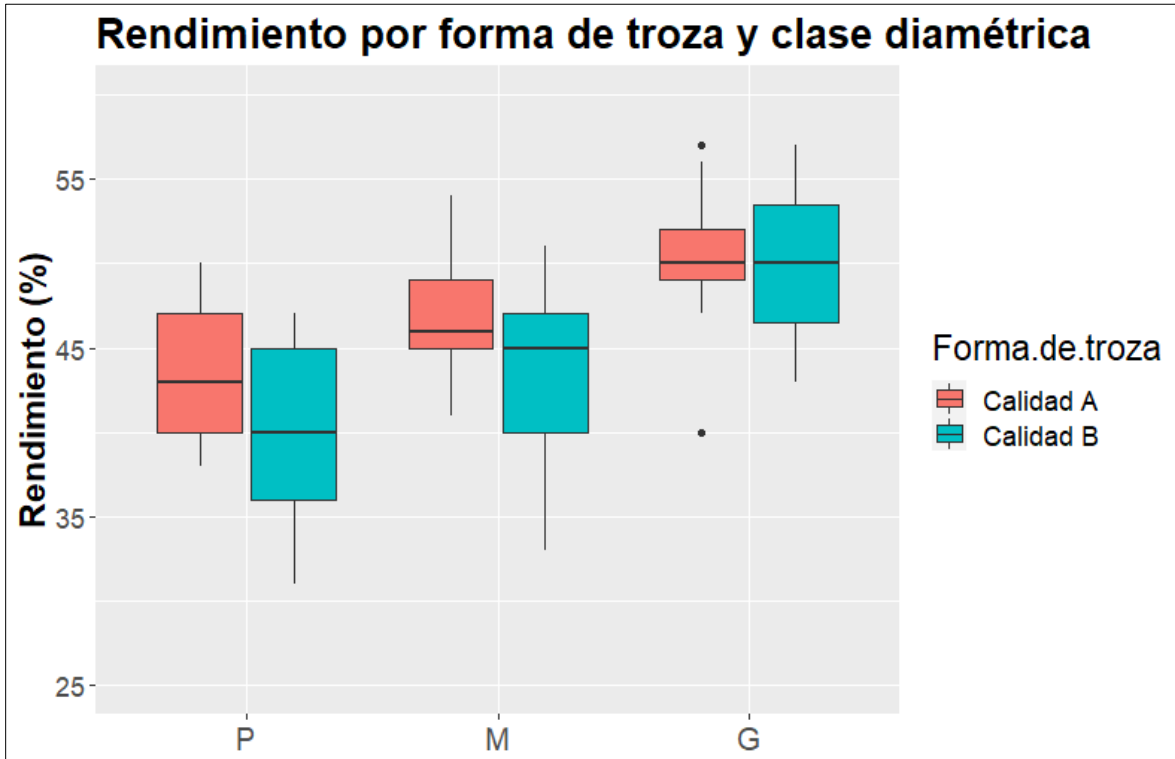
La Figura 14, muestra diagramas de caja del rendimiento por cada forma de troza. La forma de troza A tuvo una caja más compacta que la forma de troza B, lo que reflejó una menor variabilidad de los datos. La media del rendimiento de las trozas de calidad A fue significativamente mayor al rendimiento de las trozas de calidad B.



**Figura 14:** Diagramas de caja de la variable rendimiento de acuerdo a la forma de troza.

En la Figura 15, se observan diagramas de cajas correspondientes a valores de rendimiento por forma de troza y clase diamétrica. Las trozas de calidad B tuvieron valores de rendimiento de mayor variabilidad que las de calidad A en todas las clases diamétricas. Para probar si existieron diferencias significativas en el rendimiento de las trozas dependiendo de la forma de las trozas y las clases diamétricas, se realizó un análisis de varianza de doble vía. Las interacciones de estas dos variables cualitativas no fueron significativas como según se muestra en la Tabla 18, y solo se observaron las diferencias a nivel de forma de troza y clase diamétrica de manera individual. El diagrama de caja de las variables forma de trozas y clase diamétrica, nos muestra que a menor diámetro, presentar mejor calidad en las trozas, genera mayor rendimiento de la madera; mientras que a mayor diámetro de trozas, el rendimiento será mayor para ambas calidades A y B, presentando una mayor

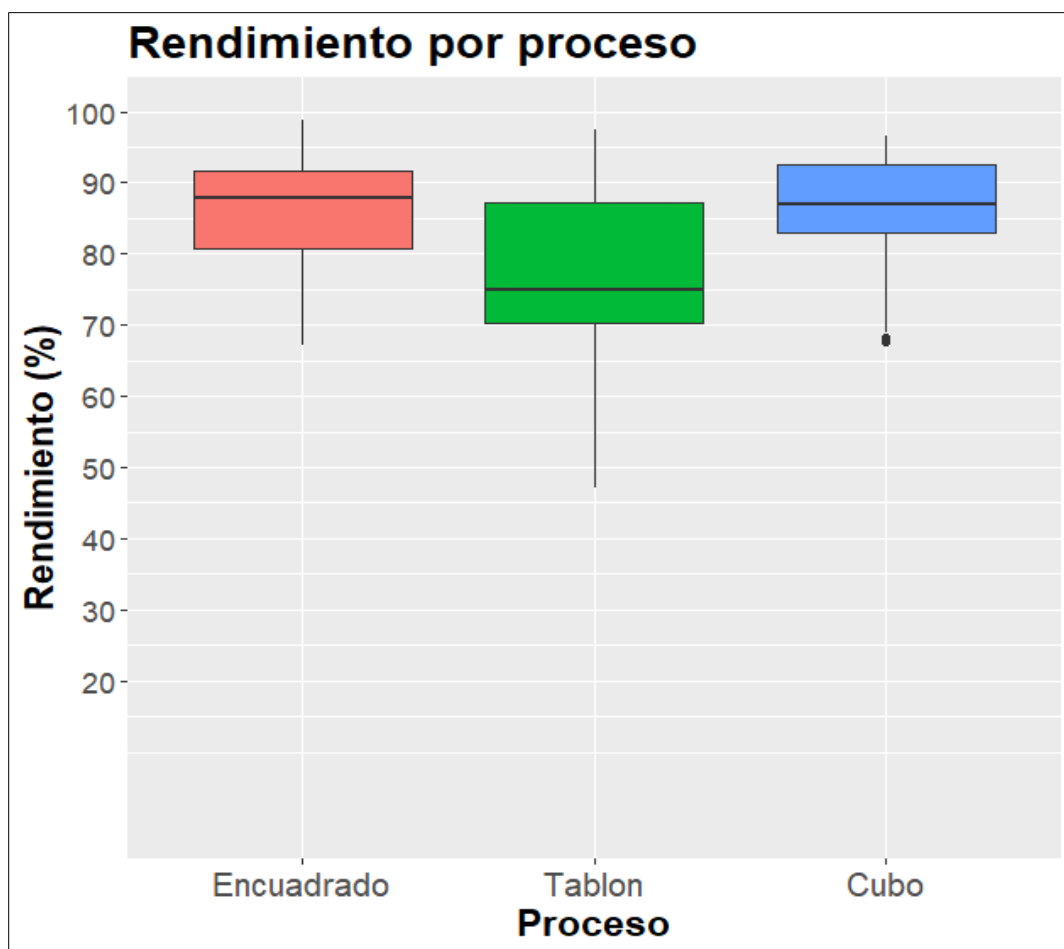
variabilidad en los rendimientos de las trozas que tengan menor calidad B, mientras que a mejor calidad de troza A, el rendimiento será mayor y constante en todo el proceso de producción de parihuelas.



**Figura 15:** Diagramas de caja de la variable rendimiento de acuerdo a la clase diamétrica y la forma de las trozas.

#### 4.4. Evaluación del Rendimiento por Proceso

En cuanto a la estimación del rendimiento por procesos, se tomó a la elaboración del encuadrado, tablón y cubos. En el diagrama de caja en la Figura 16, se observa la distribución de los datos de residuos en los tres procesos. Se observó una mayor variabilidad de los datos de rendimiento en el entablonado.



**Figura 16:** Diagrama de caja del Rendimiento por proceso.

Las tablas 21, 22 y 23, muestran el rendimiento obtenido para los procesos de transformación de las trozas, evaluados según clase diamétrica y forma de trozas, observando que existen rendimientos semejantes en el proceso de Encuadrado y Formación de cubos, mientras que para el proceso de entablado el rendimiento es más bajo. Así mismo, se puede observar en la tabla 21, que al evaluar la clase diamétrica con la forma de troza de manera conjunta no se observa diferencias significativas en los rendimientos obtenidos en cada uno de los procesos, lo cual difiere cuando ambas variables son evaluadas de manera individual.

**Tabla 21.***Rendimiento por clase diamétrica y forma de troza para cada proceso.*

Clase	Forma de troza	N	Rendimiento del Encuadrado	Rendimiento del Entablado	Rendimiento formación de cubos
G	A	21	83.95±7.84	87.16±8.46	85.05±8.69
	B	2	90.80±10.25	80.69±21.49	88.32±3.78
M	A	11	89.27±4.92	72.59±8.63	86.66±4.93
	B	9	90.77±6.28	66.25±13.20	89.25±6.07
P	A	9	84.61±6.99	75.22±7.07	85.85±8.69
	B	9	84.45±7.79	70.31±7.69	88.32±3.78

**Tabla 22.***Rendimiento por proceso para la variable forma de troza.*

Forma de troza	N	Rendimiento del Encuadrado	Rendimiento del Entablado	Rendimiento Formacion de cubos
A	41	85.52±7.21	80.63±10.54	85.65±7.84
B	20	87.93±7.62	69.52±11.87	87.39±5.38

**Tabla 23.***Rendimiento por proceso para la variable Clase Diamétrica.*

Clase Diamétrica	N	Rendimiento del Encuadrado	Rendimiento del entablado	Rendimiento formacion de cubos
G	23	84.55±8.09	86.59±9.46	85.33±8.38
M	20	89.94±5.47	69.74±11.09	87.82±5.48



P	18	84.53±7.18	72.76±7.60	85.59±7.09
---	----	------------	------------	------------

#### 4.5. Residuos por proceso

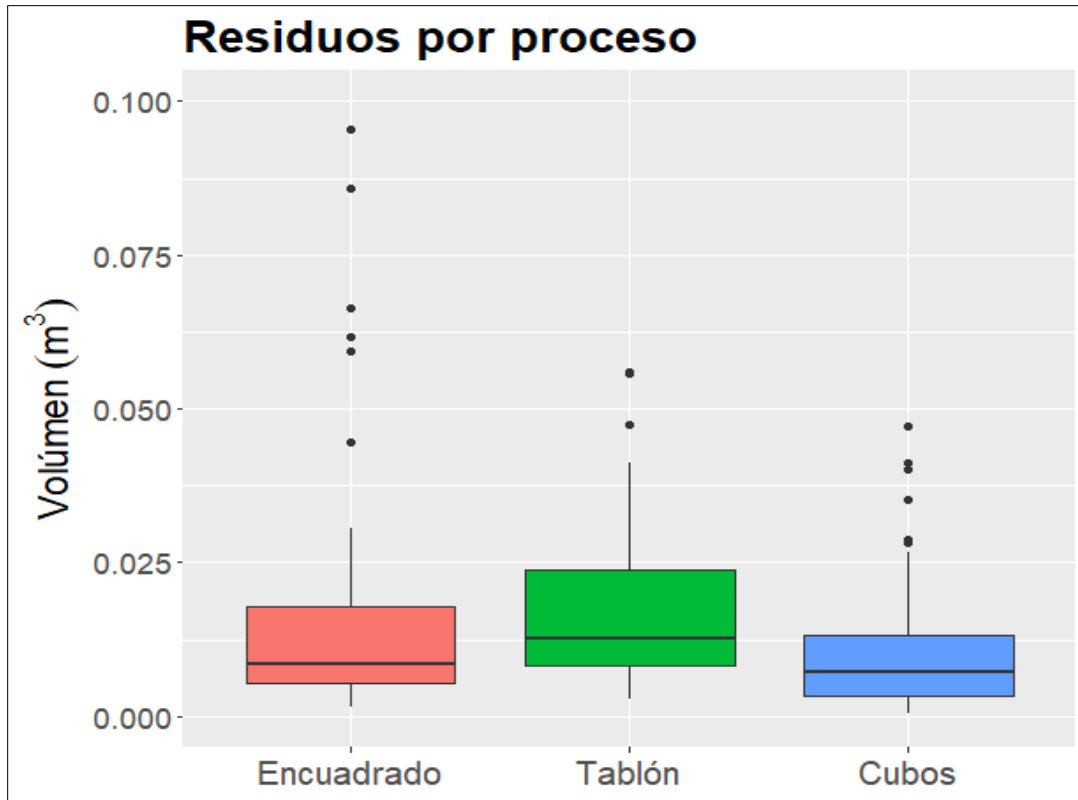
Los residuos totales fueron obtenidos a partir de la suma de cinco procesos, que son la elaboración del encuadrado, tablón, cubos, tableado y dimensionado. Se analizaron solo los tres primeros procesos por separado, ya que fueron los únicos que se aplicaron al total de las muestras.

En la Figura 17, se observa la distribución de los datos de residuos en los tres procesos. Se observó una mayor variabilidad en los residuos del entablado, seguidos del encuadrado y los cubos. Se exploraron posibles diferencias significativas entre los valores de residuos de los tres primeros pasos del procesamiento de las trozas, correspondientes al encuadrado, entablado y cubos. Durante cada proceso de transformación para obtener los productos finales, se pudo determinar tres procesos de importancia que son el encuadrado, la elaboración de tablonés y los cubos dimensionados, evidenciando que existe una mayor pérdida de madera en la formación del tablón, que es el procedimiento en donde se da, el descortezamiento total y la formación de tablonés rectangulares, para la fabricación de cubos y tablas como se puede apreciar en la tabla 21.

**Tabla 21.**

*Porcentaje de rendimiento para los procesos estudiados.*

	Encuadrado	Entablado	Cubos
Rendimiento (%)	87.95±7.37	76.99±12.10	86.22±7.13
Residuos (m <sup>3</sup> )	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
Residuos (%)	13.68±7.37	23.00±12.10	13.77±7.13



**Figura 17:** Diagramas de caja del volumen de los residuos por proceso.

La Tabla 22, muestra que al aplicar la prueba de Kruskal Wallis existen diferencias significativas en los residuos obtenidos de los procesos de Encuadrado, Entablado y Cubos; no presentando una distribución normal, indicando que existen diferencias entre los procesos. Para conocer cuál de los procesos es diferente, se aplicó el test de Dunn, que permite realizar comparaciones pareadas, observándose que los residuos del proceso de Tablones son menores a las del proceso de Cubo y Encuadrado, existiendo diferencia significativa en el proceso de Cubos, esto puede deberse a que en dicho proceso se elimina la corteza en su totalidad y se da la dimensión final de 0.10 m de ancho por 0.10 m de espesor para el aserrío de tablas y tacos (Tabla 23).

**Tabla 22.**

*Análisis de Kruskal Wallis mostrando las diferencias entre los residuos de los procesos de encuadrado, entablado y cubos.*

	Estadístico	Grados de libertad	P	Sig.
Categoría de residuo	16.55	2	<0.001	***

Valores de significancia: \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

**Tabla 23.**

*Comparaciones Post-Hoc de las categorías de residuos usando el Test de Dunn.*

Residuos	Z	p-no ajustado	Sig.
Cubos – Encuadrado	-1.82	0.068	
Cubos – Tablón	-4.06	<0.001	**
Encuadrado – Tablón	-2.24	0.025	

Valores de significancia: \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

#### 4.6. Relación del rendimiento y otras variables

Se estimaron las relaciones del rendimiento con las mediciones de las trozas (Tabla 24), este tuvo una correlación positiva significativa con el volumen inicial ( $r_s=0.45$ ,  $P<0.001$ ) y el diámetro ( $r_s=0.61$ ,  $P<0.001$ ), mientras que fue negativa y no significativa para la longitud ( $r_s=0.04$ ,  $P>0.05$ ).

Los gráficos de dispersión que corresponden a estas relaciones se encuentran en las Figuras 16, 17 y 18. Así mismo, se concluye que existe evidencia suficiente para sustentar una correlación positiva entre las dos variables estudiadas. Sin embargo, la dispersión de los puntos y la recta de regresión no presenta un patrón de relación para la variable de longitud, esto hace que no sea empleado en la construcción de una tabla de rendimiento considerando únicamente la longitud de las trozas. Este

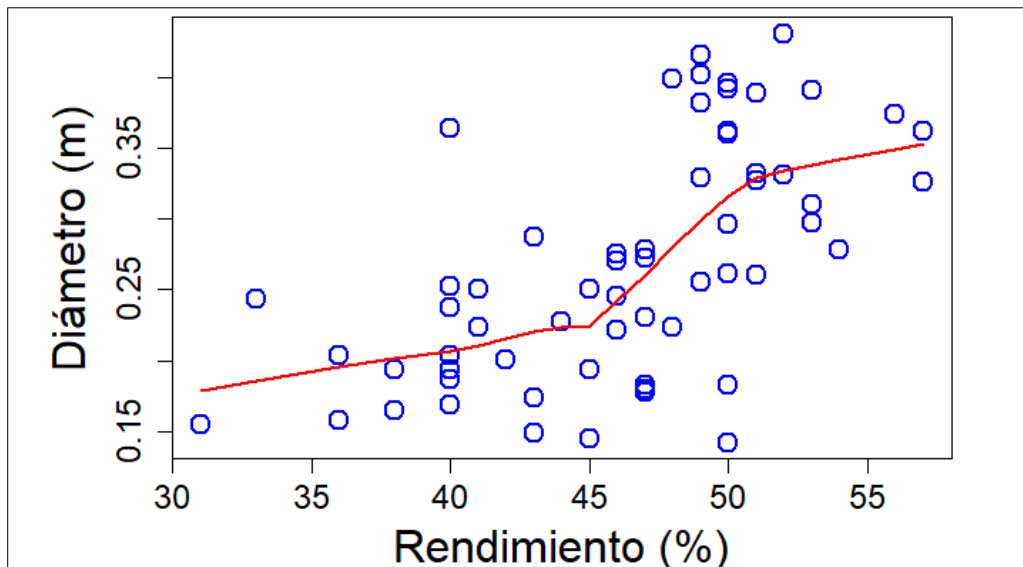
resultado coincide con los de Llavé (2008) y Montenegro (2015), en estudios con trozas de *Tectona grandis* y *Pinus patula* respectivamente, que indican que una tabla de rendimiento no debe ser construido únicamente con las longitudes de las trozas.

**Tabla 24.**

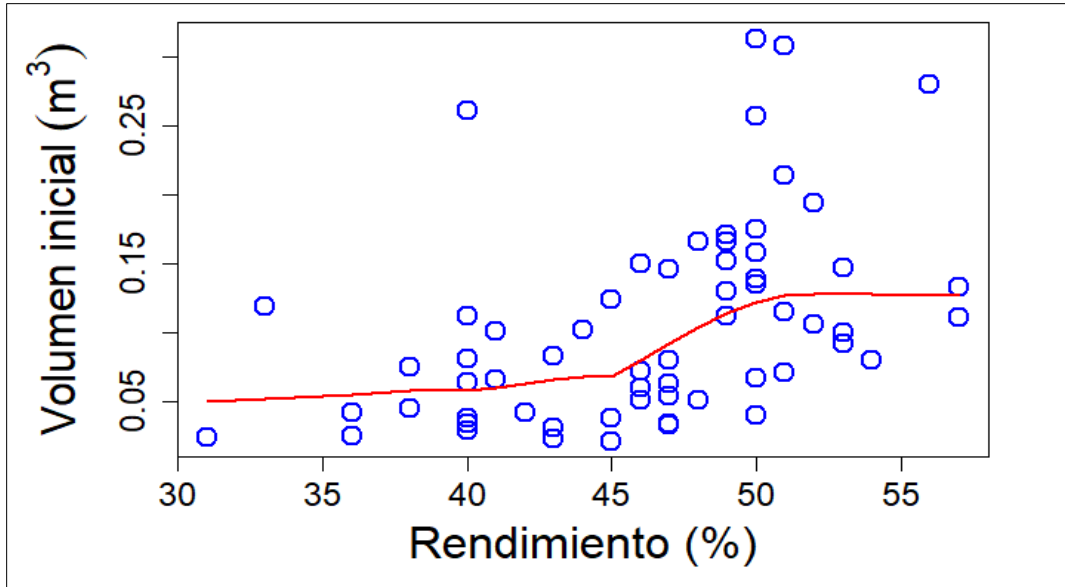
*Correlación de Kendall entre el rendimiento y las variables volumen inicial, diámetro y longitud de las trozas.*

	Rendimiento		
	R	P	Sig
Volumen inicial	0.45	<0.001	***
Diámetro	0.61	<0.001	***
Longitud	0.04	0.294	

Valores de significancia: \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

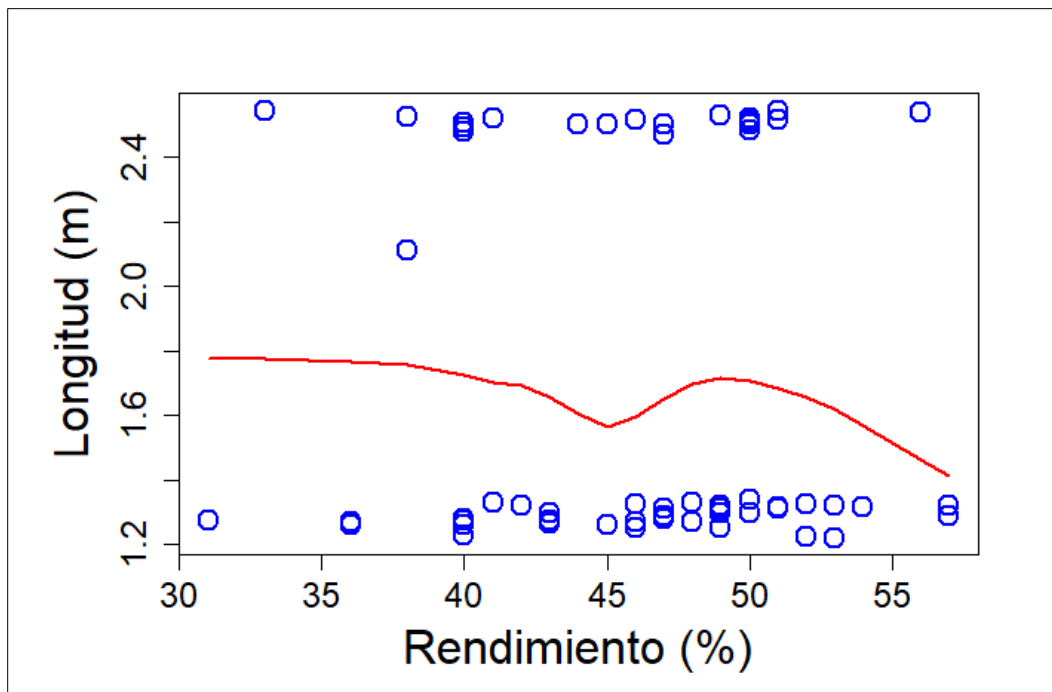


**Figura 18:** Diagramas de dispersión del rendimiento versus el diámetro de las trozas. Las líneas de color rojo representan líneas de tendencia suavizadas.



**Figura 19:** Diagramas de dispersión del rendimiento versus el volumen inicial de las trozas.

Las líneas de color rojo representan líneas de tendencia suavizadas



**Figura 20:** Diagramas de dispersión del rendimiento versus la longitud de las trozas. Las líneas

de color rojo representan líneas de tendencia suavizadas

#### 4.7. Análisis de regresión para estimar el rendimiento

Se estimaron regresiones tomando como variable dependiente al rendimiento y como independientes al diámetro y al volumen inicial. Las asunciones de linealidad, normalidad, homocedasticidad y datos extremos fueron evaluados a través de gráficos diagnósticos (Schützenmeister *et al.*, 2012) que se encuentran en los Anexos. Una regresión lineal simple fue calculada para predecir el rendimiento a partir del diámetro (Tabla 25). Una ecuación de regresión significativa fue encontrada con un  $R^2$  de 0.35. El diámetro predijo el rendimiento con una ecuación igual a  $34.91 + 42.98 * \text{diámetro}$ . El porcentaje de rendimiento de cada troza se incrementa en 42.28 por cada metro de diámetro.

Para predecir el rendimiento a partir del volumen inicial, se estimó una ecuación de regresión lineal (Tabla 26), la cual fue significativa con un  $R^2$  de 0.20. El volumen inicial predijo el rendimiento con una ecuación igual a  $42.46 + 35.76 * \text{volumen inicial}$ . El porcentaje de rendimiento de cada troza se incrementó en 35.76 por cada metro cúbico de volumen.

**Tabla 25.**

*Resultados del análisis de regresión lineal del rendimiento versus el diámetro de las trozas.*

Variable	Coefficiente	Error estándar	T	P
Intercepto	34.91	2.03	17.21	<0.001
Diámetro	42.28	7.23	5.84	<0.001
$R^2$	0.37	Error estándar de residuos		4.61
$R^2$ ajustado	0.35	Suma de cuadrados de los residuos		1254.43

**Tabla 26.**

*Resultados del análisis de regresión lineal del rendimiento versus el volumen inicial de la troza.*

Variable	Coefficiente	Error estándar	T	P
Intercepto	42.46	1.18	35.88	<0.001
Volumen inicial	35.76	9.23	3.87	<0.001
R <sup>2</sup>	0.20	Error estándar de residuos	5.17	
R <sup>2</sup> ajustado	0.19	Suma de cuadrados de los residuos	1579.56	

#### **4.8. Volumen de madera aserrada**

Producto del proceso de aserrío de las 61 trozas de Pino radiata, se obtuvieron un total de 1254 tablas con 0.10 m x 1.2 m x 0.015 cm y 1121 listones denominado como “Tacos” por la empresa, con dimensiones de 0.1 m x 0.9 m x 0.8 m, lo cual equivale a la elaboración de más de 89 parihuelas.

#### **4.9. Elaboración de tabla de rendimiento**

La Tabla 27, muestra la tabla de rendimiento diseñada para trozas de *Pinus radiata* provenientes de plantaciones de la provincia de Cajamarca - Perú, la cual fue elaborada utilizando una regresión lineal simple calculada para predecir el rendimiento a partir del diámetro con una ecuación igual a  $34.91 + 42.98 * \text{diámetro promedio}$ . Esta tabla presenta doble entrada, una se estableció para los diámetros en pulgadas (diámetro comercial) y en centímetros para mayor practicidad, y para la otra las longitudes de las trozas en pies y metros lineales.

Con esta tabla de rendimiento se puede calcular el volumen de madera aserrada en pies tablares, considerando los defectos presentes en las trozas provenientes de plantaciones no manejadas. Se

trabajó en pies tablares, debido a que el sistema Inglés es el más usado en el comercio de madera a nivel de la región. Las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) como el metro cúbico, aun presentan resistencia en su implementación debido a la dificultad en su uso, producto de la representación de los números con lecturas decimales que dificultan la comprensión e interpretación de la cantidad de madera cuando se trabaja con volúmenes pequeños.

**Tabla 27.**

*Tabla de rendimiento para elaboración de parihuelas con madera de Pinus radiata elaborado en función al diámetro promedio.*

Diámetro Promedio		Longitud de las Trozas en pies tablares y metros								
Pulgadas	Centímetros	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'
(")	(cm)	1.22	1.52	1.8	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4	3.7
5"	12.7	2.6	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6	7.3	7.9
6"	15.2	3.9	4.8	5.8	6.8	7.8	8.7	9.7	10.7	11.7
7"	17.8	5.5	6.8	8.2	9.6	11.0	12.3	13.7	15.0	16.4
8"	20.3	7.3	9.1	11.0	12.7	14.6	16.4	18.3	20.0	21.9
9"	22.9	9.5	11.9	14.3	16.6	19.1	21.4	23.8	26.2	28.6
10"	25.4	12.0	15.0	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
11"	27.9	14.8	18.5	22.2	25.9	29.6	33.3	37.1	40.7	44.5
12"	30.5	18.1	22.6	27.2	31.7	36.3	40.7	45.3	49.8	54.4
13"	33	21.7	27.0	32.6	37.9	43.4	48.8	54.3	59.6	65.1
14"	35.6	25.8	32.2	38.8	45.1	51.7	58.0	64.6	71.0	77.5
15"	38.1	30.2	37.7	45.3	52.8	60.5	67.9	75.6	83.0	90.7
16"	40.6	35.0	43.7	52.6	61.2	70.1	78.7	87.6	96.2	105.1
17"	43.2	40.5	50.5	60.8	70.8	81.1	91.0	101.3	111.3	121.6
18"	45.7	46.3	57.6	69.4	80.8	92.5	103.9	115.7	127.0	138.8
19"	48.3	52.7	65.7	79.1	92.1	105.5	118.4	131.8	144.8	158.2



20''	50.8	59.5	74.1	89.2	103.8	118.9	133.5	148.7	163.3	178.4
------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

En la Tabla 28, se muestra la comparación de las tablas de rendimiento de madera rolliza a madera aserrada de Del Pozo (1996), Montenegro, R (2015), Sulca, K (2021) y del presente estudio, elaboradas a partir de una regresión simple. A simple vista los valores de predicción encontrados en la tabla de 1996 son mayores que los determinados en el presente estudio. Así mismo, se observa que el rendimiento en pies tablares, es mayor en los otros estudios realizados utilizando regresión simple; debido a que producen madera aserrada comercial, mientras que para el presente estudio se elabora un producto determinado de parihuela, realizando un mayor número de cortes por troza, resultando menor volumen de rendimiento. Del mismo modo, se puede observar que, si bien la diferencia no es significativa, esto puede deberse al tipo de máquinas que utilizan, al personal que opera las máquinas o al diseño o uso del diagrama de corte poco eficiente.

**Tabla 28.**

*Comparación de Tablas de rendimiento de madera rolliza a madera aserrada.*

Comparación de Tablas de Rendimiento.		Presente estudio	Tabla 2021	Tabla 2015	Tabla 1996
Diámetro (pulgadas)	Longitud (pies)				
6	5	4.8	8	4	5.6
8	6	11	17	-	12.3
10	8	24	36	22	26.4
12	10	45.3	64	42	49

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.10. Propiedades físico - mecánicas de la madera de *Pinus radiata*

La tabla 29, muestran el número de probetas obtenidos para las propiedades físicas y mecánicas de las trozas seleccionadas de *Pinus radiata*.

**Tabla 29.**

*Número total de probetas por troza utilizadas para los ensayos físicos y mecánicos.*

Ensayo	N° de troza												Total
	A				B				C				
	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	
Propiedades físicas	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	25
Flexión estática	2	1	7	4	2	2	5	5	3	3	3	6	43
Compresión perpendicular	5	5	-	-	4	4	-	-	4	4	-	-	26
Tenacidad	2	1	6	4	1	3	7	5	3	2	5	6	45
Extracción de clavos	5	5	-	-	4	4	-	-	4	4	-	-	26
Total	16	14	15	10	13	15	14	12	17	15	10	14	165

Donde:

N: Norte

S: Sur

E: Este

O: Oeste

Según Aróstegui (1982), la clasificación de la madera por sus propiedades físicas se puede asumir, que para los resultados obtenidos de la especie trabajada de *Pino radiata* (Tabla 30), presenta densidad básica y contracción volumétrica muy baja a baja. Así mismo, la ficha de homologación de Parihuela realizada para maderas de latifoliadas, las propiedades físicas describen que se requiere de una Densidad básica de  $\geq 0.40 \text{ g/cm}^3$  para la elaboración de parihuelas, sin embargo según los resultados obtenidos para la especie *Pino radiata* (conifera), la densidad básica promedio se

encuentra levemente por debajo  $0.39 \text{ g/cm}^3$ , con valor máximos superiores a esta; esto puede deberse a que a pesar de haber seleccionado trozas con características y diámetros de trozas similares, estas pueden haber pertenecido a plantaciones distintas y edades distintas.

**Tabla 30.**

*Propiedades físicas de trozas obtenidas del patio de trozas de la empresa North Pallets.*

Propiedades Físicas		Promedio	Maxima
Contenido de Humedad (%)	Saturada	187.32	
	Seca al Aire	14.37	
Densidad Básica		0.39	0.48
Densidad Saturada ( $\text{gr/cm}^3$ )		1.00	1.10
Densidad Seca al Aire ( $\text{gr/cm}^3$ )		0.47	0.57
Densidad Anhidra ( $\text{gr/cm}^3$ )		0.40	0.53
Contracción Parcial	Volumétrica (%)	5.44	7.38
	Tangencial (%)	3.15	4.42
	Radial (%)	1.09	1.71
	Longitudinal (%)	0.23	0.67
Contracción Total	Volumétrica (%)	10.40	12.91
	Tangencial (%)	6.14	8.44
	Radial (%)	2.86	3.75
	Longitudinal (%)	0.61	1.55

Davalos y Barcenás (1999) a través de la clasificación de propiedades mecánicas de maderas mexicanas libres de defectos en condición seca al aire (CH:12%), permiten comparar los resultados obtenidos, mostrando que, para el caso de la especie de *Pino radiata*, la flexión y contracción presenta valores muy bajos. Así mismo según la ficha de homologación de Parihuela de madera, describe que para la elaboración de parihuelas se requiere de una Flexión estática  $\geq 500 \text{ Kg/cm}^2$  y

Compresión perpendicular  $\geq 50 \text{Kg/cm}^2$ , sin embargo, los datos obtenidos que se muestran en la Tabla 31, se encuentran levemente por debajo a lo requerido con valores en Flexión estática de  $454 \text{ kg/cm}^3$  y Compresión perpendicular de  $38 \text{ kg/cm}^3$ .

**Tabla 31.**

*Propiedades Mecánicas de Pinus radiata proveniente de plantaciones (CH:16%)*

Propiedades Mecánicas		Promedio	
Flexion	ELP ( $\text{kg/cm}^2$ )	266.2	
	MOR ( $\text{kg/cm}^2$ )	454.0	
	MOE ( $\text{kg/cm}^2$ )	60449.1	
Contraccion Perpendicular	ELP ( $\text{kg/cm}^2$ )	38.0	
Tenacidad	Tenacidad (Lb/Pulg)	41.2	
	Tenacidad (Kg-m)	0.47	
Extraccion de Clavos	Carga de Extracción (Kg)	Radial 1	34.1
		Radial 2	38.4
		Tangencial 1	48.9
		Tangencial 2	49.2

La Tabla 32 y 33, presentan los resultados de Rodríguez y Vergara (2008) quienes mencionan los resultados de Pérez (1983) para la especie de *Pino radiata*; Ariete (2010) quien menciona los resultados de Pérez (1991) para la especie *Pino radiata*, así como Quinchuela, J (2015) y Huamán, T (2020) quienes presenta resultados de las propiedades físicas para la especie de Bolaina *Guazuma crinita*; mostrando que la especie de *Pino radiata* en estudio presenta valores levemente inferiores y al mismo tiempo semejantes a los estudios realizados para la misma especie, esto se puede deber a que las propiedades físicas y mecánicas de una misma especie pueden verse influenciadas por

diferentes factores. Arroyo (1983) menciona que la variabilidad en las características de la madera de una misma especie puede ocurrir de un árbol a otro, siendo en gran parte el resultado de los patrones de crecimiento de los árboles, así como también de las influencias ambientales que afectan ese crecimiento, tales como clima, suelo, humedad y competencia, desconociéndose la edad, procedencia y manejo de la plantación.

**Tabla 32.**

*Comparación de resultados de las Propiedades físicas de Pino radiata y Guazuma crinita.*

Propiedades físicas		Presente estudio	1983	1991	2015	2020
Densidad Básica		0.39	0.44	0.46	0.39	0.38
Densidad seca al aire (gr/cm <sup>3</sup> )		0.47		0.51	0.18	
Densidad anhidra (gr/cm <sup>3</sup> )		0.40		0.46	0.45	
Contracción total	Volumétrica (%)	10.40		11.20	12.3	
	Tangencial (%)	6.14		7.00	7.70	
	Radial (%)	2.86		4.20	4.6	

Fuente: Pérez (1983), Pérez (1991), Quinchuela, J (2015) y Huamán, T (2020).

**Tabla 33.**

*Comparación de resultados de las Propiedades Mecánicas de Pino radiata y Guazuma crinita.*

Propiedades Mecánicas		Presente estudio	1983	1991	2020
Flexion	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	266.2		314	
	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	454.0	420.12	465	400

	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	60449.1	64240	72600	63670
	CH (%)	16		30	
Contracción	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	38.0		44	
Perpendicular	CH (%)	15		30	

Fuente: Pérez (1983), Pérez (1991), Quinchuela, J (2015) y Huamán, T (2020).

## V. CONCLUSIONES

- El rendimiento promedio de madera rolliza de *Pinus radiata* en la manufactura de parihuelas para la agroexportación fue de 46.26%.
- El rendimiento obtenido en las etapas del proceso de fabricación de Parihuelas, fue Encuadrado 87.95%, Entablado 76.99% y bloques para Cubos 86.22%.
- El efecto de la calidad de la madera rolliza de *Pinus radiata* en la producción de parihuelas, influye directamente en el rendimiento, obteniendo 48.04% para las trozas de calidad A y 42.6% para las trozas de calidad B.
- La clase diamétrica influye positivamente en el rendimiento de la madera rolliza de *Pinus radiata*, obteniendo un rendimiento promedio de 50.43% para la clase diamétrica G (grande), 45.3% para la clase diamétrica M (mediana) y 42.00% para la clase diamétrica P (pequeña).
- El mayor porcentaje de residuos se genera en la etapa de tablón con 23.00%, superior a los valores obtenidos en la etapa del Encuadrado 13.68% y en la etapa de elaboración de Cubos 13.77% para la obtención de tacos y tablas.

## VI. RECOMENDACIONES

- Mejorar principalmente la etapa de compra de la materia prima, debiendo abastecerse con mayores diámetros y edades de trozas para la especie de Pino radiata.
- Realizar un control de calidad desde la compra de la materia prima con el fin de optimizar los rendimientos y disminuir la cantidad de residuos.
- Debido al alto porcentaje de residuos, debe plantearse un proyecto de manejo de residuos, cuya utilización podría ser elaboración de Mulch para jardinería y agricultura, Biochar para enriquecimiento de suelos, entre otros.
- Elaborar tablas de rendimiento de acuerdo al lugar de procedencia de las trozas y/o edad de la plantación.
- Renovar el stock de las cintas de corte y realizar el cambio y mantenimiento periódico para la sierra principal y la secundaria, así como la alineación del carro porta troza.
- Debido al valor de la madera de la especie *Pinus radiata*, además de su buena adaptabilidad y trabajabilidad, se recomienda realizar estudios de sus propiedades físicas mecánicas de diferentes edades para determinar, las propiedades adecuadas para la producción de parihuelas y otros productos comerciales.



- Realizar un estudio de productividad en la empresa North Pallets S.A.C a fin de determinar la cadena de producción e identificar los tiempos críticos y tiempos muertos para alcanzar una mayor eficiencia en la producción de parihuelas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, M. B. (1990). On a Robust Correlation Coefficient. Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician), 39(4), 455-460.
- Aguilera, A, Insunza, L. Alzamora, R & Tapia, L. (2005). Evaluación del Costo de Producción para Faenas de Aserrío Portátil. Bosque 26(2):107-114 p.
- Almeida, M; Sacone, B; Sousa, RC. (2014). Análise de aproveitamento no desdobro de madeira serrada –Pinus spp. Brasil: Faculdade de Ciências Sociais e Agrária de Itapeva. Consultado 07 set 2018. Disponible en [http://fait.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/pIriEN1ErCdNeHD\\_2\\_014-4-16-16-42-52.pdf](http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/pIriEN1ErCdNeHD_2_014-4-16-16-42-52.pdf)
- Arctos Data Base. *Pino Radiata D. Don*. Consultado noviembre del 2022. <https://arctos.database.museum/name/Pinus%20radiata>
- Ariete, N. (2010). Caracterización de madera de Pinus radiata D. Don sometido a un proceso de modificación térmica usando un ambiente de inmersión. Universidad Austral de Chile. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fifa698c/doc/fifa698c.pdf>

- Arroyo, F. (2010). Factor de Conversión de aserío para trozas de Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) de una Plantación Agroforestal en el Valle del Mantaro. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- ASTM Designation: D143 – 14. Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber (Reapproved 2014).
- Almeida, M; Sacone, B; Sousa, R. (2014). Análise de aproveitamento no desdobro de madeiras serrada-*Pinus spp.* Brasil: Faculdade de Ciências Sociais e Agrária de Itapeva. Recuperado de:  
  
[http://fait.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/pIriEN1ErCdNeHD\\_2014-4-16-16-42-52.pdf](http://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/pIriEN1ErCdNeHD_2014-4-16-16-42-52.pdf)
- Bermúdez, G.; Serrano, J.; Rodríguez, I. (2006). Proceso de aserío de trozas de diámetros menores de *Gmenila arborea* Roxb., para la Producción de Madera para la Construcción. Kurú: Revista Forestal.3(8)2006. Recuperado de:  
  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123384>
- Berrospi, F.; Herrera, J. (2014). Influencia de la Variación del corte sobre el Rendimiento y los ingresos económicos de la Industria del Aserío. Trabajo de titulación para optar el Título Profesional. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Biasi, C. (2005). Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais. 2005. 73p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Recuperado de:

<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/3180/BIASI%202005.pdf;jsessionid=B6A81E661C38CE8CD035C17F8C191784?sequence=1>

- Bustamante, N. (2010). Guía de Prácticas del Curso Aserrado de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Industrias Forestales, Sección de Aserrío y Trabajabilidad de la Madera. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. 173 p.
- Carro, R. & Gonzales, D. (2012). Administración de la calidad total. Universidad Nacional de Mar del Plata. Recuperado de:  
[http://nulan.mdp.edu.ar/1614/1/09\\_administracion\\_calidad.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1614/1/09_administracion_calidad.pdf)
- Castelo Castelo, A. (2011). Estudio Cualitativo y Cuantitativo de las trozas de Pino (*Pinus radiata*) para la elaboración de Pallets en la industria Haro Madera, Parroquia Calpi, Canton Riobamba, Provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Forestal. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Cevallos, E.; Lara, X.; Morocho, J.; Davalos, M.; Salazar, E.; Lara, S. (2017). Estudio de tiempos y rendimiento en la transformación de trozas de madera de *Pinus radiata* D. Don (Pino) en tablas para la elaboración de pallets. European Scientific Journal. 13(10): 80-89.
- Chang, M.; Araujo, O.; Azueta, M. (2002). Defectos Naturales de la madera aserrada. Ingeniería 6 (1): 29-39 p. Recuperado de:  
<http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen6/losdefectos.pdf>

- Dag, O., & Ilk, O. (2017). An algorithm for estimating Box–Cox transformation parameter in ANOVA. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 46(8), 6424-6435.
- Del Pozo, F. (1996). Factor de conversión en aserrío para productos de raleo en plantaciones de Pino pátula en Cajamarca. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Espinoza, M. & Muñoz, F. (2005). *Silvicultura de plantaciones. Apuntes de clases*. Copilado por Pablo Gajardo Caviedes. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 152 p.
- Erceg-Hurn, D. M., & Mirosevich, V. M. (2008). Modern robust statistical methods: an easy way to maximize the accuracy and power of your research. *American Psychologist*, 63(7), 591-601. doi:10.1037/0003-066x.63.7.59.
- Esteves, W; Bolzon, G; Lomelí, M; Batista, D. (2010). Estudio de la productividad de corte en madera *Pinus elliottii* utilizando un prototipo de aserradero portátil. *Maderas Ciencia y Tecnología* 12(1):43-52 p.
- FAO, (2003). Normas Internacionales para medidas Fitosanitarias. Directrices para reglamentar el embalaje de madera utilizado en el comercio internacional – NIMF 15. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. Recuperado 21 de octubre de 2021. Disponible en <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/007/y4838s/y4838s00.pdf>

- FAO, ITP y CITEmadera (2018). La Industria de la Madera en el Perú. Identificación de las barreras y oportunidades para el comercio interno de productos responsables de madera, provenientes de fuentes sostenibles y legales en las MIPYMES del Perú. 8 y 9 p.

[chrome-](#)

[extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fao.org/3/i8335es/I8335ES.p](https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fao.org/3/i8335es/I8335ES.p)

[df](#)

- Fundación Charles Darwin. *Pino Radiata* D. Don. Consultado Noviembre del 2022.  
<https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=122>
- Gerwing, J.; Vidal, E.; Veríssimo, A.; Uhl, C. (2001). Rendimiento no processamento de madeira no Estadi do Pará. Série Amazonia N° 18, Belém. Recuperado de:  
[http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc\\_o\\_para\\_10550.pdf](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc_o_para_10550.pdf)
- Guariguata, M.; Arce, J.; Ammour, T.; Capella, L. (2017). Las plantaciones forestales en Perú. Reflexiones, estatus actual, y perspectivas a futuro. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Indonesia. 41 p. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/317021930\\_Las\\_Plantaciones\\_Forestales\\_en\\_Peru\\_reflexiones\\_estatus\\_actual\\_y\\_perspectivas\\_a\\_futuro/link/591f6cd60f7e9b99793c589b/download](https://www.researchgate.net/publication/317021930_Las_Plantaciones_Forestales_en_Peru_reflexiones_estatus_actual_y_perspectivas_a_futuro/link/591f6cd60f7e9b99793c589b/download)
- Guerra, W. (2016). Comparación del aprovechamiento y procesamiento de madera de bosque natural y sistema silvopastoriles de *Pinus oocarpa* y rentabilidad de fincas productoras en Yamaranguila, Intibucá, Honduras. Tesis de Mg. Scientiae en Agroforestería y Agricultura Sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Recuperado de:

[http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8560/Comparacion  
del\\_aprovechamiento.pdf](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8560/Comparacion_del_aprovechamiento.pdf)

- Guindos, P. (2011). Modelos de elementos finitos tridimensionales para simular el comportamiento de madera con presencia de nudos, empleando la analogía fluido-fibra y validación con fotogrametría de objeto cercano. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. España. 532p. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=119922>
- Hecke, T. V. (2012). Power study of anova versus Kruskal-Wallis test. *Journal of Statistics and Management Systems*, 15(2-3), 241-247. doi:10.1080/09720510.2012.10701623.
- Henry, P.; Sánchez, O.; García, M. (2004). Tablas de cubicación de madera en trozas para las especies de coníferas de pinar del río. *Revista Forestal Baracoa* 23(2): 93-101. Recuperado de: [http://www.actaf.co.cu/revistas/rev\\_forestal/Baracoa2004/FAO%202%202004/TABL  
AS%20DE%20CUBICACION%20DE%20MADERA.pdf](http://www.actaf.co.cu/revistas/rev_forestal/Baracoa2004/FAO%202%202004/TABLAS%20DE%20CUBICACION%20DE%20MADERA.pdf)
- Hevia, A. (2012). Influencia de la poda en el desarrollo de masas de *Pinus radiata* D. Don y *Pinus pinaster* Aiton en Asturias. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, España. 416 p. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/320335881\\_Influencia\\_de\\_la\\_poda\\_en\\_el\\_desar  
rollo\\_de\\_masas\\_de\\_Pinus\\_radiata\\_D\\_Don\\_y\\_Pinus\\_pinaster\\_Aiton\\_en\\_Asturias/link/  
59de7c02458515376b29e2a8/download.](https://www.researchgate.net/publication/320335881_Influencia_de_la_poda_en_el_desarrollo_de_masas_de_Pinus_radiata_D_Don_y_Pinus_pinaster_Aiton_en_Asturias/link/59de7c02458515376b29e2a8/download)

- InBuy (2011). *Pino radiata* D. Don. Ficha de Plantas Vasculares. Base de Datos de Invasiones Biológicas para Uruguay. Consultado noviembre 2022.  
  
[chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://inbuy.fcien.edu.uy/fichas\\_de\\_especies/DATAonline/DBASEonline/Pinus\\_radiata\\_w.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://inbuy.fcien.edu.uy/fichas_de_especies/DATAonline/DBASEonline/Pinus_radiata_w.pdf)
- Instituto Forestal (1989). Análisis y diagnóstico de procesos industriales de transformación mecánica de la madera. Parte II Estudio de la utilización del tiempo de trabajo en plantas de aserrío. Santiago, Chile.
- INTE 06-07-03. (2011). Madera estructural: Clasificación en grados estructurales para lamadera aserrada mediante una evaluación visual. Primera Edición. INTE CTN 06. San José, Costa Rica.
- Jiménez, J., Castro A. y Brener C. Jimenes, J. (s. f.). Productividad. monografias.com. Recuperado 21 de octubre de 2021. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos6/prod/prod.shtml>
- Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). (1989). Manual para el grupo andino para aserrío yafilado de sierras cintas y sierras circulares. Primera edición. Lima, Perú.
- Leite, H. (1994). Conversão de troncos em multiprodutos da madeira, utilizando programação dinâmica. Viçosa, MG, 1994. 230p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Recuperado de: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/26039>



- Lima, J. (2016). Estudio de la caracterización de la cadena de producción y comercialización de la industria forestal: estructura, agente y prácticas.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). 2014. Perú forestal en números 2013. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Lima, Perú.
- Meza, A. & Simón, D. (2007). Aserrío de rozas de diámetros menores. Kurú: revista forestal. Costa Rica. 4(10). Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/318573056\\_Aserrio\\_de\\_trozas\\_de\\_diametros\\_menores](https://www.researchgate.net/publication/318573056_Aserrio_de_trozas_de_diametros_menores)
- Meza, L. J. (2010). Clasificación estructural de la madera *Pinus Radiata* D. Don. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Montenegro, R. (2015). Rendimiento en aserrío para trozas provenientes del raleo de una plantación de *Pinus patula* de 22 años en Cajamarca. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Murara, M; Pereira, M; Timofeiczky, R. (2005). Rendimiento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologías de desdobro. Floresta. 35(3): 473 – 483. Recuperado de <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/5186/3900>
- Martínez, M. (2000). El Concepto de Productividad en el Análisis Económico (en línea). Recuperado 21 de octubre de 2021. Disponible en: <http://www.redem.buap.mx/acrobat/eugenia1.pdf>

- Miguel, M. (1988). Rendimiento de la madera rolliza de tres especies tropicales, en la fabricación de chapas decorativas. Tesis de Magíster Scientiae. UNALM. Lima-Perú. 108 p.
- Murara, M; Pereira, M; Timofeiczky, R. (2005). Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologías de desdobro. Floresta. 35 (3): 473 – 483.
- Nájera, JA; Adame, GH; Méndez, J; Vargas, B; Cruz, F; Hernández FJ; Aguirre, CG. (2012). Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 55: 11 – 23 p.
- NTP.251.010 (1980). Determinación del Contenido de Humedad. INACAL, Lima – Perú. (revisada el 2021)
- NTP.251.011.1980. Determinación de Densidad. INACAL, Lima – Perú. (revisada el 2021)
- NTP. 251.013.1980. Determinación de la Contracción. INACAL, Lima – Perú. (revisada el 2021)
- NTP.251.017.1980. Método del Ensayo de Flexión estática. INACAL, Lima – Perú. (revisada el 2021)
- NTP. 251.016.1980. Método de Determinación de la Compresión perpendicular. INACAL, Lima – Perú. (revisada el 2021)
- NTP. 251.015.1980. Método de la Determinación de la Dureza. INACAL, Lima – Perú. (revisada el 2021)
- NTP. 251.018.1980. Método de Determinación de Tenacidad. INACAL, Lima – Perú. (revisada el 2021)

- NTP. (PERÚ) 251.036.1980. Método de Extracción de Clavos
- NTP 399.303 (2003) PALETIZADORES. Unidades de transporte para la paleta estándar según NTP 350.200. 1ª Edición. (INACAL), Lima – Perú) (revisada el 2021)
- NTP N°350.200 (2006). Ficha de Homologación. Parihuela o Pallet de Madera de 1.00 m x 1.20 m x 0.145 m. (SERFOR). Lima - Perú. (revisada el 2021)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). La industria de la madera en el Perú. Identificación de las barreras y oportunidades para el comercio interno de productos responsables de madera, provenientes de fuentes sostenibles y legales en las MIPYMES del Perú. Lima, Perú.
- Orozco, R.; Hernández, J.; Nájera, J.; Domínguez, P.; Goche, J.; López, P.; Corral, J. (2016). Rendimiento en calidad de la madera aserrada de Pino. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 7(36): 37-50. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322016000400037](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000400037)
- Ortiz, R.; Martínez, D.; Vázquez, D.; Santiago, W. (2016). Determinación del coeficiente y calidad de aserrío del género *Pinus* en la región sierra sur, Oaxaca, México. Colombia Forestal. 19(1): 79-93. Doi: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.1.a06>
- PROMAMAZONIA. (2011). Madera con valor agregado. Descripción de la cadena productiva y flujo del producto. Recuperado de: [http://www.promamazonia.org.pe/SiBiocomercio/wfr\\_LineaProductivaItem.aspx?Tef\\_IdTemaFicha=121](http://www.promamazonia.org.pe/SiBiocomercio/wfr_LineaProductivaItem.aspx?Tef_IdTemaFicha=121)

- Quirós, R. (1990). Optimización del proceso de aserrío en madera de cortas dimensiones en el Pacífico Seco, Costa Rica. Tesis Mg. Sc. Turrialba. Costa Rica. 131 p.
- Quirós, R.; Chunchilla, O.; Gómez, M. (2005). Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense* 29(2): 7-15
- Rocha, M. (2002). Técnicas e planejamento em serrarias. Série Didática Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Rodríguez, P. Souza, A. Souza, D. (2013). Rendimiento na produção de madeira serrada de ipê (*Handroanthus sp*). Encilopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia. 9(17): 2315-2329. Recuperado de: <https://fdocumentos.tips/document/rendimento-na-producao-de-madeira-serrada-de-ipe.html>
- Rueda, A.; Gallegos, A.; González, D. Benavides, J.; Ruiz, J. y López, E. (2010). Coeficiente de aserrío de madera en rollo de dos especies tropicales producto de plantaciones forestales. *Scentia-CUCBA* 12(1-2): 1-10. Guadalajara, México.
- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 0151-2021-MIDAGRI (2021). Aprueban Ficha de Homologación. Parihuela o Pallet de Madera de 1.00 m x 1.20 m x 0.145 m. Lima- Perú, (revisada el 2021),
- Riva, G (2007). Análisis del rendimiento de la madera de Copaiba (*Copaifera officinalis*) en las Operaciones de aserrío en la zona de Pucallpa, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

- Serrano, R. (1991). Tecnologías para el aserrío de trozas de diámetros menores. Tecnología en Marcha 12 (1): 89-98 p. Recuperado de: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/2683/pdf](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2683/pdf)
- Serrano, R. (1996). Desarrollo experimental de una sierra circular doble para aserrío de trozas de diámetros menores. Tecnología en Marcha 12 (4): 9-16. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5691665>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2019a). Productos forestales maderables. Guía Explicativa para su identificación. Lima, Perú.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2019b). Estudio de pre-inversión a nivel de perfil del programa de inversión “Fomento y gestión sostenible de la producción forestal en el Perú”. Lima, Perú.
- Schützenmeister, A., Jensen, U., & Piepho, H. P. (2012). Checking Normality and Homoscedasticity in the General Linear Model Using Diagnostic Plots. Communications in Statistics - Simulation and Computation, 41(2), 141-154. doi:10.1080/03610918.2011.582560.
- Souza, N. (2007). Um sistema de otimização aplicada o desdobro de madeira. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós- Graduação em Engenharia Florestal, UFPR. Curitiba, Paraná, Brasil. 126 p.
- Spavento, E.; Keil, G. (2008). Tipificación. Curso de Xilotecología. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad

Nacional de la Plata, Argentina. 34 p. Recuperado de:  
<http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/mod/resource/view.php?id=1173>

- Trujillo, E. (2012). La Poda y su influencia en la calidad y precio de la madera. Revista el Mueble y la Madera, Colombia 75: 40 - 44 p. Recuperado de:  
<https://www.yumpu.com/es/document/read/14873044/la-poda-y-su-influencia-revista-el-mueble-y-la-madera>.
- Valerío A; Watzlawick, L; Balbinot, R; Wincker, M; Figuereido, A. (2009). Modelagem para a estimativa do rendimento no desdobro de toras de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Floresta, 39(3). p. 619-628. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v39i3.15361>
- Vignote, S. & Martínez, I. (2006). Tecnología de la madera. (3ra ed.) Madrid, España. MUNDI-PRENSA Libros S.A. 687p.
- Vignote, S.; Martínez, I.; Villasante, P. (2013). Silvicultura y calidad de la madera. Universidad Politécnica de Madrid. España. 56 p. Recuperado de:  
<http://oa.upm.es/21580/1/SiLVITCALIDADMADERA.pdf>
- Vignote, S. & Martínez, I. (2017). Madera aserrada: Defectos y alteraciones. Universidad Politécnica de Madrid, España. 40 p. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/311924422\\_MADERA\\_ASERRADA\\_ii\\_DEFECTOS\\_Y\\_ALTERACIONES/link/58639c7808ae8fce490b6841/download](https://www.researchgate.net/publication/311924422_MADERA_ASERRADA_ii_DEFECTOS_Y_ALTERACIONES/link/58639c7808ae8fce490b6841/download)
- Vignote, S. (2017). Madera aserrada III: Dimensiones de comercialización y clasificaciones calidad. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/311924249\\_MADERA\\_ASERRADA\\_III\\_DIMENSIONES\\_DE\\_COMERCIALIZACION\\_Y\\_CLASIFICACIONES\\_DE\\_CALIDAD/link/58639dc008ae6eb871acfabb/download](https://www.researchgate.net/publication/311924249_MADERA_ASERRADA_III_DIMENSIONES_DE_COMERCIALIZACION_Y_CLASIFICACIONES_DE_CALIDAD/link/58639dc008ae6eb871acfabb/download)

- Vinelli, M. (2016). “El Perú y las Agroexportaciones en el entorno Mundial”. CNN. 6, junio 2016. Recuperado 21 de octubre de 2021. <https://cnnespanol.cnn.com/2016/06/06/el-peru-y-las-agroexportaciones-en-el-entorno-mundial/>
- Vignote, S. & Martínez, I. (2017). Madera aserrada: Defectos y alteraciones. Universidad Politécnica de Madrid, España. 40 p. Recuperado 21 de octubre de 2021 de: [https://www.researchgate.net/publication/311924422\\_MADERA\\_ASERRADA\\_ii\\_DEFECTOS\\_Y\\_ALTERACIONES/link/58639c7808ae8fce490b6841/download](https://www.researchgate.net/publication/311924422_MADERA_ASERRADA_ii_DEFECTOS_Y_ALTERACIONES/link/58639c7808ae8fce490b6841/download)
- Vilches, P. (2005). Evaluación de defectos y determinación del aprovechamiento a nivel de remanufactura en *Pinus radiata* D. Don. Tesis de Ingeniería de la Madera. Universidad Austral del Chile. Valdivia, Chile. Recuperado de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fifv699e/doc/fifv699e.pdf>
- Yalico, A. (2012). Determinación del coeficiente de rendimiento de las especies de eucalipto (*Eucalyptus saligna* Smith) y nogal (*Junglans neotropica* Diels) en la región Pasco-Perú. Tesis de Ingeniería de Recursos Naturales Renovables-Mención Forestal. Universidad Nacional Agraria la Selva. Tingo María, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/554>

## VIII. ANEXOS

Anexo 1. Fichas técnicas de pallets de Pino radiata de la empresa Maderera Andina (Vidal, J, 2021)  
parihuela para exportación de uva.

PALLET DESIGN SYSTEM Version 6.1 Pallet Specification Sheet		All dimensions in millimeters																																																														
<b>Customer:</b> AGRICOLA DON RICARDO Pallet 1.02 x 1.22-Caja de Cartón y Plástico de 8.2 kg Codigo Cliente_91000010008 Tolerancia total en altura del pallet +10 mm		<b>Prepared by:</b> COMERCIAL MADERERA ANDINA S.R.L. Mz. B Lote 01 Ex Granja El Lucumo - Lurin - Lima Telf. (51-1) 326-3211 / PDS License: 480 Printed: August 10, 2020																																																														
<b>Pallet ID:</b> Pallet 1.22 x 1.02 Con Taco <b>Classification:</b> 1220 x 1020, Block-Class, Double-Face Non-Reversible, Full 4-Way, Single-Use, New Manufacture																																																																
Components		Materials																																																														
<b>Top Deck:</b> Style: Deckboard/Stringerboard Type: New Lumber <table border="1"> <thead> <tr> <th>Number</th> <th>Thickness</th> <th>Width</th> <th>Length</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>15</td> <td>95</td> <td>930</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>15</td> <td>95</td> <td>1020</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>15</td> <td>45</td> <td>1030</td> </tr> </tbody> </table> Stringer Assembly Method, Mat Fasteners Clinched		Number	Thickness	Width	Length	5	15	95	930	2	15	95	1020	2	15	45	1030	<b>Fasteners:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Mat</th> <th>Block</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fastener ID:</td> <td>clavos 2.5" Espiralado</td> <td>clavos 2.5" Espiralado</td> </tr> <tr> <td>Fastener Type:</td> <td>Helically Threaded Nail</td> <td>Helically Threaded Nail</td> </tr> <tr> <td>Fastener Length:</td> <td>65</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>Thread Length:</td> <td>54</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>Thread Diameter:</td> <td>3.6</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>Wire Diameter:</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>Head Diameter:</td> <td>8.0</td> <td>8.0</td> </tr> <tr> <td>Flutes:</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Helixes:</td> <td>6.0</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>Pitch:</td> <td>9.0</td> <td>9.0</td> </tr> <tr> <td>Thread Angle:</td> <td>73</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>Yield Strength:</td> <td>690 MPa</td> <td>690 MPa</td> </tr> <tr> <td>FWC:</td> <td>2.47</td> <td>2.47</td> </tr> <tr> <td>Total Number:</td> <td>51</td> <td>57</td> </tr> </tbody> </table>			Mat	Block	Fastener ID:	clavos 2.5" Espiralado	clavos 2.5" Espiralado	Fastener Type:	Helically Threaded Nail	Helically Threaded Nail	Fastener Length:	65	65	Thread Length:	54	54	Thread Diameter:	3.6	3.6	Wire Diameter:	3.0	3.0	Head Diameter:	8.0	8.0	Flutes:	4	4	Helixes:	6.0	6.0	Pitch:	9.0	9.0	Thread Angle:	73	73	Yield Strength:	690 MPa	690 MPa	FWC:	2.47	2.47	Total Number:	51	57
Number	Thickness	Width	Length																																																													
5	15	95	930																																																													
2	15	95	1020																																																													
2	15	45	1030																																																													
	Mat	Block																																																														
Fastener ID:	clavos 2.5" Espiralado	clavos 2.5" Espiralado																																																														
Fastener Type:	Helically Threaded Nail	Helically Threaded Nail																																																														
Fastener Length:	65	65																																																														
Thread Length:	54	54																																																														
Thread Diameter:	3.6	3.6																																																														
Wire Diameter:	3.0	3.0																																																														
Head Diameter:	8.0	8.0																																																														
Flutes:	4	4																																																														
Helixes:	6.0	6.0																																																														
Pitch:	9.0	9.0																																																														
Thread Angle:	73	73																																																														
Yield Strength:	690 MPa	690 MPa																																																														
FWC:	2.47	2.47																																																														
Total Number:	51	57																																																														
<b>Bottom Deck:</b> Style: Perimeter Base Type: New Lumber <table border="1"> <thead> <tr> <th>Number</th> <th>Thickness</th> <th>Width</th> <th>Length</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>17</td> <td>65</td> <td>1020</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>17</td> <td>65</td> <td>1090</td> </tr> </tbody> </table> Volume: 0.0059 cubic meters		Number	Thickness	Width	Length	2	17	65	1020	3	17	65	1090	<b>New Lumber:</b> Lumber ID: Pino Radiata <table border="1"> <thead> <tr> <th>Species Class</th> <th>Grade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Radiata Pine (Chile)</td> <td>Standard &amp; BTR</td> </tr> </tbody> </table> Moisture Content (at manufacture and assembly): Kiln Dry - 15% Total New Lumber Volume: 0.0264 cubic meters		Species Class	Grade	Radiata Pine (Chile)	Standard & BTR																																													
Number	Thickness	Width	Length																																																													
2	17	65	1020																																																													
3	17	65	1090																																																													
Species Class	Grade																																																															
Radiata Pine (Chile)	Standard & BTR																																																															
<b>Top Stringerboards:</b> Type: New Lumber <table border="1"> <thead> <tr> <th>Number</th> <th>Thickness</th> <th>Width</th> <th>Length</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>22</td> <td>70</td> <td>1220</td> </tr> </tbody> </table> Volume: 0.0056 cubic meters		Number	Thickness	Width	Length	3	22	70	1220																																																							
Number	Thickness	Width	Length																																																													
3	22	70	1220																																																													
<b>Blocks:</b> Type: Lumber Grain Orientation: Sidegrain Nailing <table border="1"> <thead> <tr> <th>Number</th> <th>Width</th> <th>Length</th> <th>Height</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9</td> <td>70</td> <td>95</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> Volume: 0.0054 cubic meters		Number	Width	Length	Height	9	70	95	90																																																							
Number	Width	Length	Height																																																													
9	70	95	90																																																													
<b>Spec Sheet Notes:</b>																																																																
<small>All output generated from the PDS software (including without limitation the designs, drawings, plans, specification sheets, data, analyses, information, materials or other output produced by or with the assistance of the Software (PDS Output) are protected by copyright and other intellectual property laws and cannot be reproduced without the prior written consent of NWPCA. Lessee may provide a copy of the Output, which must bear the Lessee's watermark, to its manufacturer for the sole purpose of manufacturing the pallet for Lessee to sell or to its direct pallet customer for the sole purpose of selling pallets to that customer.</small>																																																																

Fuente: Maderera Andina (2020)

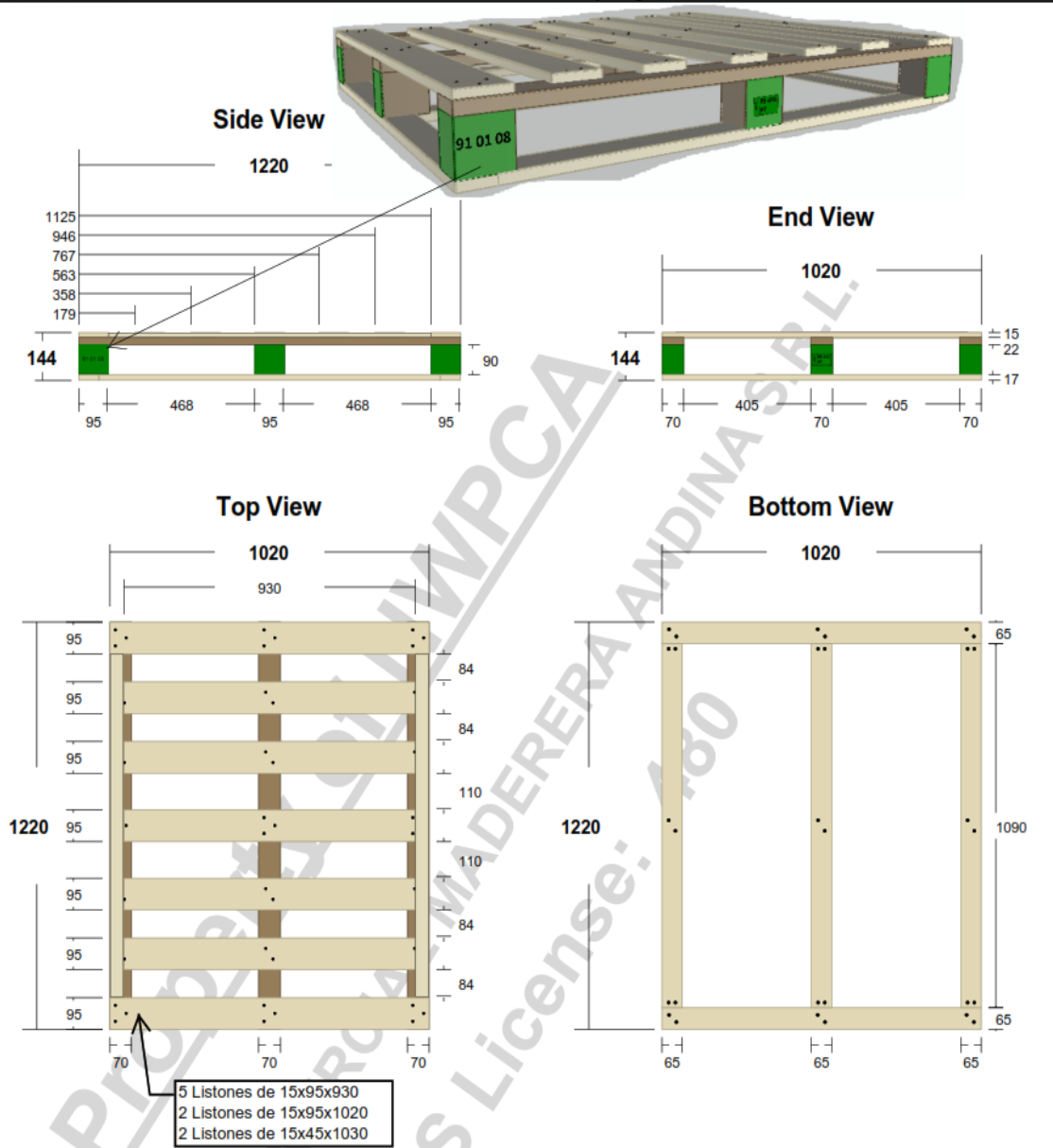


**PALLET DESIGN SYSTEM Version 6.1**  
**2-D Pallet Drawings**

All dimensions in millimeters

Pallet ID: Pallet 1.22 x 1.02 Con Taco

Classification: 1220 x 1020, Block-Class, Double-Face Non-Reversible, Full 4-Way, Single-Use, New Manufacture



All output generated from the PDS software (including without limitation the designs, drawings, plans, specification sheets, data, analyses, information, materials or other output produced by or with the assistance of the Software (PDS Output) are protected by copyright and other intellectual property laws and cannot be reproduced without the prior written consent of NWPCA. Lessee may provide a copy of the Output, which must bear the Lessee's watermark, to its manufacturer for the sole purpose of manufacturing the pallet for Lessee to sell or to its direct pallet customer for the sole purpose of selling pallets to that customer.

**Customer:**  
 AGRICOLA DON RICARDO  
 Pallet 1.02 x 1.22-Caja de Cartón y Plástico de 8.2 kg  
 Código Cliente\_91000010008  
 Tolerancia total en altura del pallet +10 mm

**Prepared by:**  
 COMERCIAL MADERERA ANDINA S.R.L.  
 Mz. B Lote 01 Ex Granja El Lucumo - Lurin - Lima  
 Telf. (51-1) 326-3211 /  
 PDS License: 480 Printed: August 10, 2020

Fuente: Maderera Andina (2020)

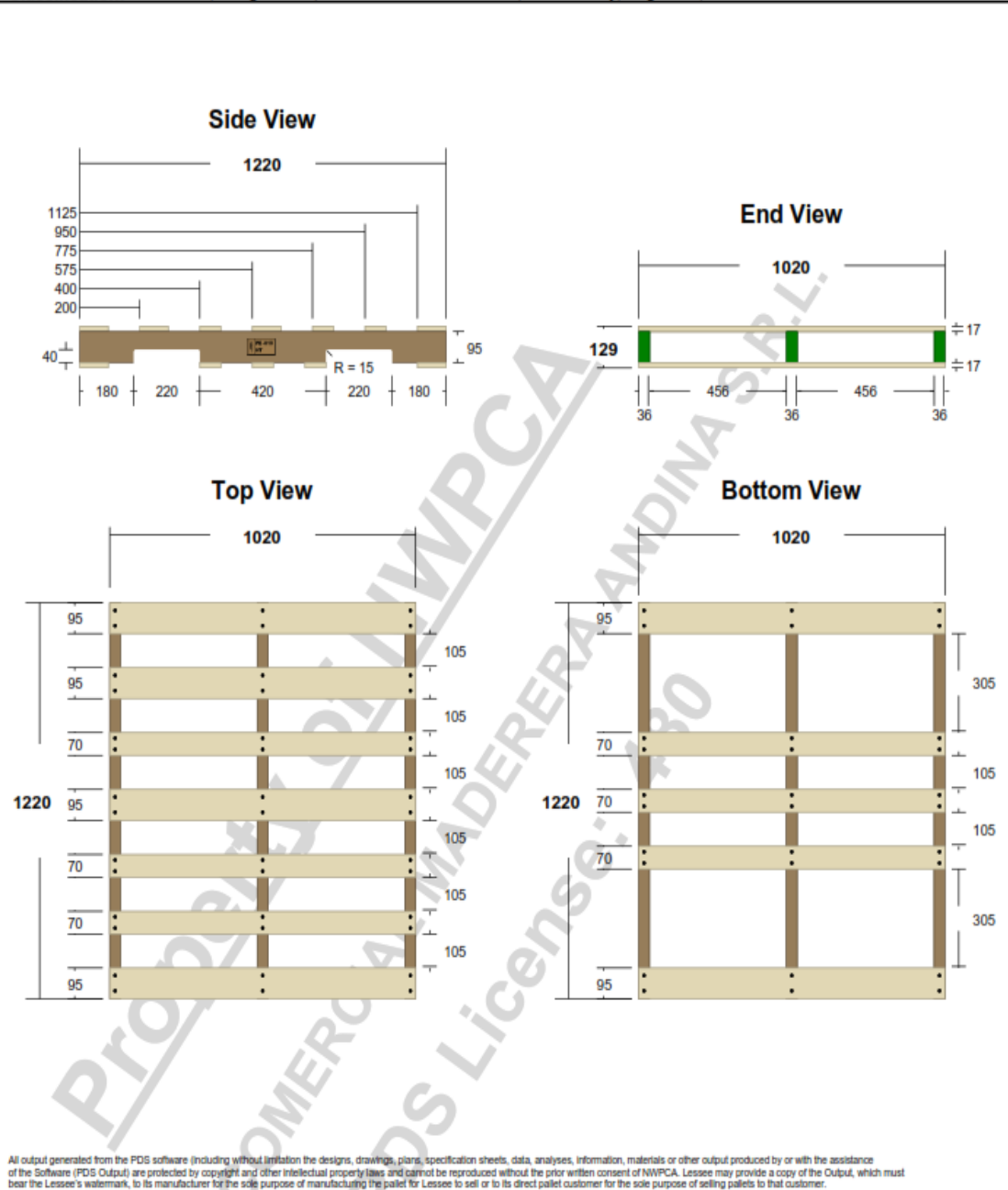
# PALLET DESIGN SYSTEM Version 6.1

## 2-D Pallet Drawings

All dimensions in millimeters

Pallet ID: Pallet 1.22 x 1.02

Classification: 1220 x 1020, Stringer-Class, Double-Face Non-Reversible, Partial 4-Way, Single-Use, New Manufacture



All output generated from the PDS software (including without limitation the designs, drawings, plans, specification sheets, data, analyses, information, materials or other output produced by or with the assistance of the Software (PDS Output) are protected by copyright and other intellectual property laws and cannot be reproduced without the prior written consent of NWPCA. Lessee may provide a copy of the Output, which must bear the Lessee's watermark, to its manufacturer for the sole purpose of manufacturing the pallet for Lessee to sell or to its direct pallet customer for the sole purpose of selling pallets to that customer.

### Customer:

SOCIEDAD AGRICOLA DROKASA S.A.  
Parihuela de 1.22x1.02\_PALLETS PARA UVA, (Pallet GMA)  
Tolerancia total en pallet +/-10 mm

### Prepared by:

COMERCIAL MADERERA ANDINA S.R.L.  
Mza. B Lote. 01 Otr. Ex Granja el Lucumo Lurin-Lima, Perú  
Telf. (51-1) 326-3211  
PDS License: 480 Printed: September 08, 2020

**Anexo 2.** Fichas técnicas de pallets de Pino radiata de la empresa Maderera Andina (Vidal. J, 2021)  
parihuela para exportación de Arándano, kion y Quinua.

<b>PALLET DESIGN SYSTEM Versión 6.1</b>		<b>Hoja de Especificaciones del Palet</b>		<b>Todas las dimensiones en milímetros</b>	
<b>Cliente:</b> EMBALEXP S.A.C. Pallet de 1.00 x 1.20		<b>Preparado por:</b> COMERCIAL MADERERA ANDINA SRL. Mz. B Lote 01 Ex Granja El Lucumo - Lurin - Lima Telf. (51-1) 326-3211 Licencia PDS: 480 Impreso: agosto 28, 2020			
<b>ID de Palet:</b> Pallet 1.00 x 1.20 <b>Clasificación:</b> 1000 x 1200; Clase de Bloque, De doble cara no reversible, Completo de 4 Vías, Un Solo Uso, Nueva Fabricación					
<b>Componentes</b>			<b>Materiales</b>		
<b>Cubierta superior:</b> <b>Estilo:</b> Tabillas/Travesaños <b>Tipo:</b> Madera Nueva <b>Cantidad</b> <b>Grosor</b> <b>Ancho</b> <b>Longitud</b> 7    15    95    1200 <b>Volumen:</b> 0,0120 Metros cúbicos Montaje de barrote Método, Sujetadores del la cama doblados			<b>Sujetadores:</b> <b>Armazón</b> <b>Bloque</b> <b>ID de Sujetador:</b> CLAVOS DE 2"    CLAVOS DE 2" clavos helicoidalmente roscado    clavos helicoidalmente roscado <b>Tipo de Sujetador:</b> <b>Longitud de Sujetador:</b> 54    54 <b>Longitud de Rosca:</b> 45    45 <b>Diámetro de Rosca:</b> 3,6    3,6 <b>Diámetro de Alambre:</b> 3,0    3,0 <b>Diámetro de Cabeza:</b> 8,0    8,0 <b>Flautas:</b> 4    4 <b>Hélices:</b> 6,0    6,1 <b>Paso:</b> 7,5    7,4 <b>Angulo de Rosca:</b> 69    69 <b>Límite Elástico:</b> 690 MPa    690 MPa <b>FWC:</b> 2,76    2,79 <b>Cantidad Total:</b> 51    45		
<b>Cubierta inferior:</b> <b>Estilo:</b> Base unidireccional <b>Tipo:</b> Madera Nueva <b>Cantidad</b> <b>Grosor</b> <b>Ancho</b> <b>Longitud</b> 3    15    95    1200 <b>Volumen:</b> 0,0051 Metros cúbicos					
<b>Travesaños superiores:</b> <b>Tipo:</b> Madera Nueva <b>Cantidad</b> <b>Grosor</b> <b>Ancho</b> <b>Longitud</b> 3    17    95    1000 <b>Volumen:</b> 0,0048 Metros cúbicos					
<b>Bloques:</b> <b>Tipo:</b> Madera <b>Dirección de la Vena:</b> Clavado en forma Lateral a la vena <b>Cantidad</b> <b>Ancho</b> <b>Longitud</b> <b>Altura</b> 9    95    95    80 <b>Volumen:</b> 0,0065 Metros cúbicos			<b>Madera Nueva:</b> <b>ID de Madera:</b> Pino radiata <b>Clase de Especie</b> <b>Grado</b> Radiata Pine (Chile)    Standard <b>Contenido de Humedad (En la fabricación y armado):</b> Secado por Horno - 15% <b>Volumen Total de Madera Nueva:</b> 0,0284 Metros cúbicos		
<b>Notas de la hoja de especificaciones:</b>					
<small>Todos los resultados generados a partir del software PDG (Incluidos, entre otros, los diseños, dibujos, planos, hojas de especificaciones, datos, análisis, información, Materiales u otros resultados producidos por o con la asistencia del Software (Resultados del PDG) están protegidos por derechos de autor y otras leyes de propiedad intelectual. Y no se podrán reproducir sin el consentimiento previo por escrito por parte de NWPCA. El Locatario podrá proporcionar una copia de los Resultados a su fabricante con el Único propósito de fabricar pallets para el mismo la cual deberá llevar la marca de agua del Locatario y se utilizará para la venta de los pallets a su cliente exclusivo.</small>					

Fuente: Maderera Andina (2020)

# PALLET DESIGN SYSTEM Versión 6.1

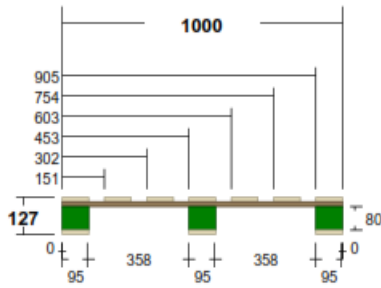
## Planos de Palet en 2-D

Todas las dimensiones en milímetros

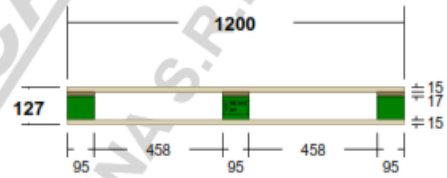
ID de Palet: Pallet 1.00 x 1.20

Clasificación: 1000 x 1200; Clase de Bloque, De doble cara no reversible, Completo de 4 Vías, Un Solo Uso, Nueva Fabricación

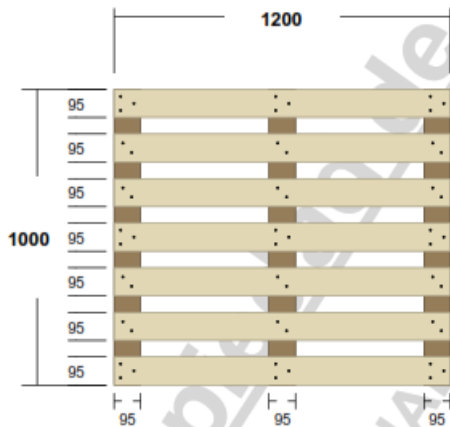
### Vista Lateral



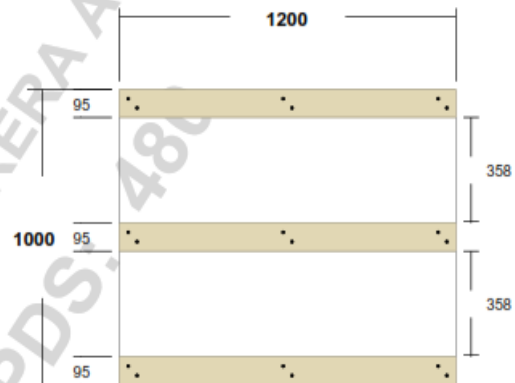
### Vista Posterior



### Vista Superior



### Vista Inferior



Todos los resultados generados a partir del software PDS (incluidos, entre otros, los diseños, dibujos, planos, hojas de especificaciones, datos, análisis, información, Materiales u otros resultados producidos por o con la asistencia del Software (Resultados del PDS) están protegidos por derechos de autor y otras leyes de propiedad intelectual. Y no se podrán reproducir sin el consentimiento previo por escrito por parte de NWPCA. El Licatario podrá proporcionar una copia de los Resultados a su fabricante con el Único propósito de fabricar palets para el mismo al cual deberá llevar la marca de agua del Licatario y se utilizará para la venta de los palets a su cliente exclusivo.

#### Cliente:

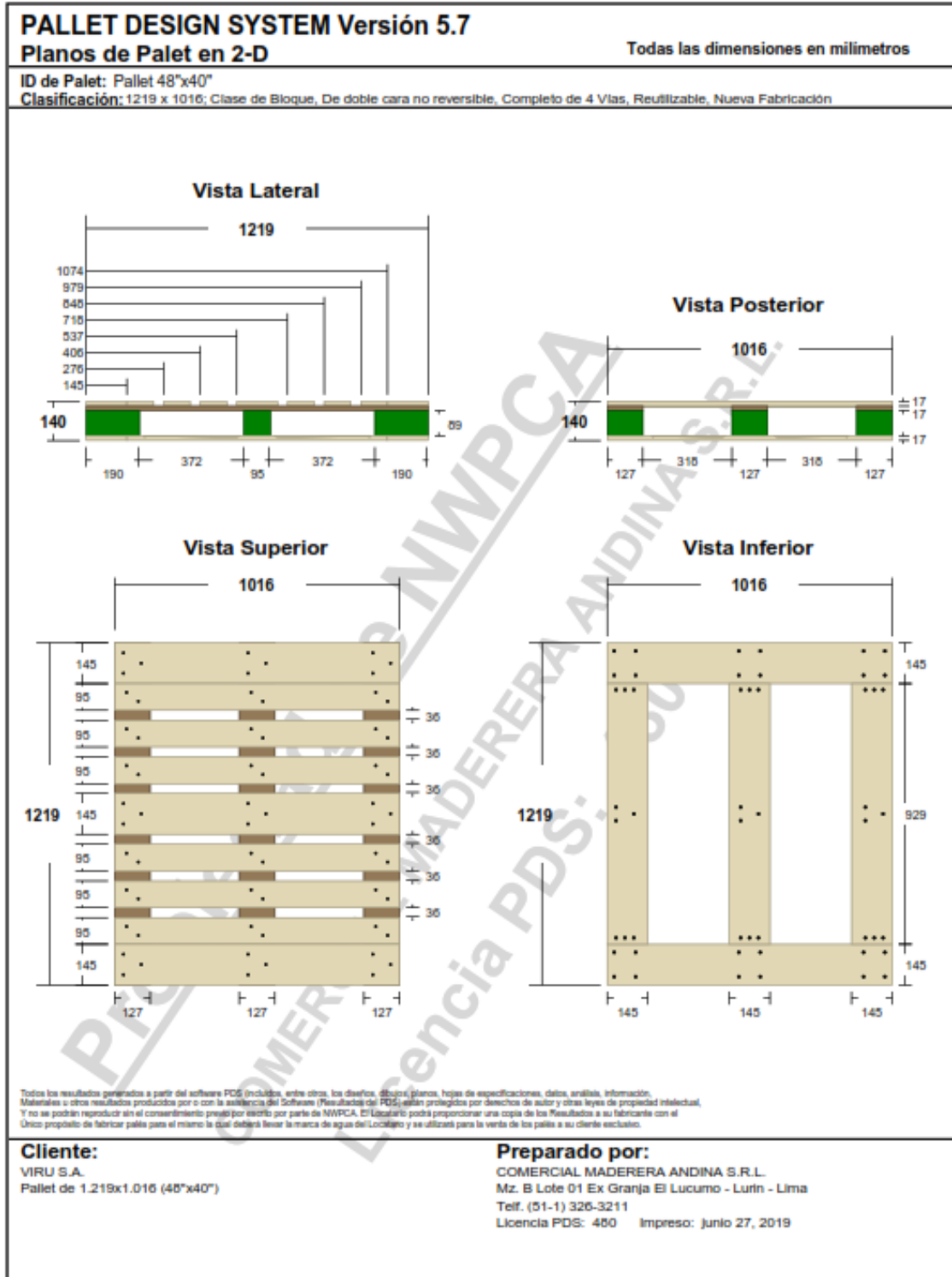
EMBALEXP S.A.C.  
Pallet de 1.00 x 1.20

#### Preparado por:

COMERCIAL MADERERA ANDINA SRL.  
Mz. B Lote 01 Ex Granja El Lucumo - Lurin - Lima  
Telf. (51-1) 326-3211  
Licencia PDS: 480 Impreso: agosto 28, 2020

Fuente: Maderera Andina (2020)

**Anexo 3.** Fichas técnicas de pallets de Pino radiata de la empresa Maderera Andina (Vidal. J, 2021)  
parihuela para exportación de Palto.



Fuente: Maderera Andina (2020)

**Anexo 4.** Letras código del tamaño de muestra según NTP-ISO 2859-1:2013

Tamaño de Lote		Niveles de Inspección Especial				Niveles de Inspección General		
		S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a	8	A	A	A	A	A	A	B
9 a	15	A	A	A	A	A	B	C
16 a	25	A	A	B	B	B	C	D
26 a	50	A	B	B	C	C	D	E
51 a	90	B	B	C	C	C	E	F
91 a	150	B	B	C	D	D	F	G
151 a	280	B	C	D	E	E	G	H
281 a	500	B	C	D	E	F	H	J
501 a	1200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a	3200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a	10000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 a	35000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a	150000	D	E	G	J	L	N	P
150 061 a	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y más		D	E	H	K	N	Q	R

Anexo 5. Planes de muestreo simple para inspección normal (tabla general) según NTP-ISO 2859-1:2013.

Letra código de tamaño de lote	Tamaño de muestra	Nivel aceptable de calidad, NAC, en porcentaje de ítemes no conformes o no conformidades por 100 ítemes (inspección normal)																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2																												
B	3																												
C	5																												
D	8																												
E	13																												
F	20																												
G	32																												
H	50																												
J	80																												
K	125																												
L	200																												
M	315																												
N	500																												
P	800																												
Q	1250																												
R	2000																												

- ↓ = use el primer plan de muestreo debajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el tamaño del lote lleve a cabo inspección 100 %.
- ↑ = use el primer plan de muestreo arriba de la flecha
- Ac = Número de aceptación
- Re = Número de rechazo

**Anexo 6.** Datos tomados en el muestreo de las 61 trozas de Pino radiata.

<b>N°</b>	<b>Color</b>	<b>Codigo</b>	<b>Forma de troza</b>	<b>Clase Diametrica</b>	<b>Espesor de corteza (m)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>d1 (m)</b>	<b>d2 (m)</b>	<b>d (Prom)</b>	<b>D1 (m)</b>	<b>D2 (m)</b>	<b>D (Prom)</b>	<b>Volumen</b>
<b>1</b>	Fucsia oscuro	7L	Calidad B	<b>M</b>	0.003	2.5	0.245	0.252	0.2485	0.25	0.256	0.253	0.12346611
<b>2</b>	Verde claro	15L	Calidad A	<b>P</b>	0.002	2.485	0.138	0.138	0.138	0.145	0.146	0.1455	0.03924346
<b>3</b>	Azul	20L	Calidad A	<b>G</b>	0.0254	2.545	0.43	0.455	0.4425	0.34	0.33	0.335	0.30785305
<b>4</b>	Rosado	21L	Calidad A	<b>M</b>	0.015	2.515	0.285	0.275	0.28	0.27	0.27	0.27	0.14943001
<b>5</b>	Verde esmeralda	28C	Calidad A	<b>P</b>	0.002	1.28	0.18	0.194	0.187	0.208	0.194	0.201	0.03788518
<b>6</b>	Amarillo	27C	Calidad A	<b>G</b>	0.015	1.29	0.265	0.23	0.2475	0.33	0.29	0.31	0.079714
<b>7</b>	Blanco	26C	Calidad B	<b>M</b>	0.014	1.26	0.24	0.228	0.234	0.277	0.266	0.2715	0.06356635
<b>8</b>	Rojo	23C	Calidad B	<b>G</b>	0.02	1.265	0.26	0.27	0.265	0.34	0.28	0.31	0.08262452
<b>9</b>	Turqueza	24C	Calidad A	<b>G</b>	0.035	1.3	0.375	0.41	0.3925	0.385	0.4	0.3925	0.15729451
<b>10</b>	Naranja claro	29C	Calidad A	<b>G</b>	0.03	1.225	0.33	0.34	0.335	0.325	0.33	0.3275	0.1055831
<b>11</b>	Verde	22L	Calidad A	<b>P</b>	0.002	2.525	0.185	0.2	0.1925	0.19	0.2	0.195	0.07444813
<b>12</b>	Negro	25L	Calidad B	<b>M</b>	0.015	2.545	0.23	0.22	0.225	0.27	0.252	0.261	0.11867731
<b>13</b>	Rojo	31L	Calidad A	<b>G</b>	0.02	2.495	0.385	0.4	0.3925	0.338	0.332	0.335	0.26089877



<b>14</b>	Marron	30L	Calidad B	<b>P</b>	0.002	2.11	0.155	0.153	0.154	0.18	0.17	0.175	0.04502679
<b>15</b>	Celeste	32L	Calidad B	<b>P</b>	0.015	2.48	0.22	0.2	0.21	0.21	0.185	0.1975	0.08093684
<b>16</b>	Blanco	35L	Calidad A	<b>G</b>	0.015	2.518	0.358	0.35	0.354	0.3	0.302	0.301	0.21350275
<b>17</b>	Verde esmeralda	33L	Calidad A	<b>G</b>	0.025	2.54	0.385	0.41	0.3975	0.34	0.36	0.35	0.2797932
<b>18</b>	Fucsia oscuro	34L	Calidad A	<b>P</b>	0.002	2.52	0.167	0.17	0.1685	0.195	0.2	0.1975	0.06669783
<b>19</b>	Naranja oscuro	31L	Calidad A	<b>M</b>	0.002	2.515	0.265	0.27	0.2675	0.265	0.245	0.255	0.13489317
<b>20</b>	Amarillo	30L	Calidad A	<b>G</b>	0.015	2.51	0.33	0.33	0.33	0.4	0.38	0.39	0.2572617
<b>21</b>	Marron	L	Calidad A	<b>M</b>	0.015	2.5	0.3	0.27	0.285	0.26	0.26	0.26	0.14610894
<b>22</b>	Verde esmeralda	L	Calidad B	<b>M</b>	0.003	2.505	0.22	0.23	0.225	0.26	0.24	0.25	0.11128259
<b>23</b>	Amarillo	L	Calidad B	<b>P</b>	0.002	2.47	0.18	0.17	0.175	0.18	0.19	0.185	0.06290249
<b>24</b>	Rosado	L	Calidad B	<b>M</b>	0.015	2.53	0.26	0.23	0.245	0.25	0.28	0.265	0.12940741
<b>25</b>	Azulino	L	Calidad A	<b>G</b>	0.02	2.52	0.45	0.41	0.43	0.35	0.375	0.3625	0.31301793
<b>26</b>	Verde claro	L	Calidad A	<b>M</b>	0.002	2.5	0.34	0.315	0.3275	0.26	0.27	0.265	0.17424222
<b>27</b>	Naranja oscuro	58L	Calidad A	<b>M</b>	0.002	2.5	0.23	0.21	0.22	0.25	0.22	0.235	0.10173384
<b>28</b>	Rojo	C	Calidad A	<b>P</b>	0.002	1.28	0.19	0.18	0.185	0.185	0.175	0.18	0.03348946

<b>29</b>	Azul oscuro	C	Calidad A	<b>M</b>	0.002	1.325	0.225	0.21	0.2175	0.225	0.225	0.225	0.05095632
<b>30</b>	Verde esmeralda	C	Calidad B	<b>P</b>	0.01	1.275	0.15	0.145	0.1475	0.16	0.165	0.1625	0.0241146
<b>31</b>	Negro	C	Calidad A	<b>G</b>	0.01	1.32	0.38	0.4	0.39	0.37	0.38	0.375	0.1517381
<b>32</b>	Morado	C	Calidad A	<b>G</b>	0.015	1.34	0.355	0.36	0.3575	0.36	0.375	0.3675	0.13832298
<b>33</b>	Naranja claro	C	Calidad A	<b>G</b>	0.015	1.33	0.375	0.42	0.3975	0.42	0.38	0.4	0.1660918
<b>34</b>	Amarillo	C	Calidad A	<b>G</b>	0.003	1.32	0.295	0.295	0.295	0.29	0.31	0.3	0.09176339
<b>35</b>	Rosado	C	Calidad A	<b>G</b>	0.005	1.32	0.325	0.28	0.3025	0.295	0.34	0.3175	0.09968788
<b>36</b>	Verde	C	Calidad A	<b>G</b>	0.01	1.315	0.33	0.32	0.325	0.34	0.34	0.34	0.1142407
<b>37</b>	Verde esmeralda	C	Calidad B	<b>M</b>	0.03	1.31	0.29	0.268	0.279	0.235	0.25	0.2425	0.0702964
<b>38</b>	Blanco	57C	Calidad A	<b>G</b>	0.028	1.31	0.385	0.32	0.3525	0.29	0.32	0.305	0.11177751
<b>39</b>	Rosado	58C	Calidad A	<b>M</b>	0.002	1.32	0.19	0.2	0.195	0.202	0.212	0.207	0.04192217
<b>40</b>	Azul	59C	Calidad B	<b>P</b>	0.002	1.31	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.175	0.03242239
<b>41</b>	Celeste	52C	Calidad A	<b>P</b>	0.01	1.3	0.135	0.125	0.13	0.16	0.175	0.1675	0.02295062
<b>42</b>	Naranja	50C	Calidad B	<b>P</b>	0.005	1.23	0.165	0.19	0.1775	0.19	0.2	0.195	0.03358505
<b>43</b>	Rojo	51C	Calidad B	<b>M</b>	0.004	1.33	0.23	0.245	0.2375	0.265	0.26	0.2625	0.06544959
<b>44</b>	Amarillo	48C	Calidad A	<b>G</b>	0.01	1.3	0.415	0.375	0.395	0.4	0.42	0.41	0.16546905
<b>45</b>	Verde claro	49C	Calidad B	<b>G</b>	0.005	1.29	0.35	0.36	0.355	0.36	0.38	0.37	0.13319334
<b>46</b>	Marron	54C	Calidad A	<b>G</b>	0.025	1.325	0.41	0.44	0.425	0.455	0.42	0.4375	0.19357809

<b>47</b>	Morado	53C	Calidad A	<b>G</b>	0.005	1.319	0.32	0.33	0.325	0.335	0.32	0.3275	0.11026638
<b>48</b>	Negro	55C	Calidad A	<b>M</b>	0.005	1.315	0.288	0.285	0.2865	0.27	0.27	0.27	0.08003291
<b>49</b>	Marron	45C	Calidad A	<b>P</b>	0.003	1.275	0.175	0.17	0.1725	0.17	0.16	0.165	0.02853008
<b>50</b>	Blanco	40C	Calidad B	<b>M</b>	0.015	1.25	0.28	0.27	0.275	0.26	0.27	0.265	0.07159412
<b>51</b>	Naranja claro	36C	Calidad A	<b>M</b>	0.025	1.27	0.265	0.235	0.25	0.24	0.24	0.24	0.05989735
<b>52</b>	Rosado	42C	Calidad B	<b>M</b>	0.002	1.29	0.25	0.24	0.245	0.21	0.22	0.215	0.05382444
<b>53</b>	Celeste	35C	Calidad A	<b>G</b>	0.02	1.22	0.385	0.37	0.3775	0.43	0.38	0.405	0.14685728
<b>54</b>	Verde	39C	Calidad A	<b>G</b>	0.025	1.25	0.415	0.45	0.4325	0.39	0.41	0.4	0.17036124
<b>55</b>	Negro	46C	Calidad A	<b>P</b>	0.002	1.275	0.17	0.165	0.1675	0.18	0.18	0.18	0.03026999
<b>56</b>	Azul	44C	Calidad A	<b>M</b>	0.015	1.27	0.225	0.255	0.24	0.215	0.2	0.2075	0.05020019
<b>57</b>	Verde esmeralda	43C	Calidad A	<b>P</b>	0.015	1.26	0.145	0.17	0.1575	0.125	0.138	0.1315	0.02083042
<b>58</b>	Rojo naranja fosforescente	41C	Calidad B	<b>P</b>	0.002	1.26	0.162	0.16	0.161	0.16	0.15	0.155	0.02471338
<b>59</b>	Amarillo	38C	Calidad B	<b>P</b>	0.002	1.26	0.21	0.205	0.2075	0.175	0.185	0.18	0.0373359
<b>60</b>	Morado	37C	Calidad B	<b>P</b>	0.015	1.27	0.2	0.22	0.21	0.2	0.195	0.1975	0.0414475
<b>61</b>	Morado	L	Calidad A	<b>M</b>	0.01	2.52	0.23	0.265	0.2475	0.19	0.21	0.2	0.10020359

**Anexo 7.** Resultado de Datos procesados, Porcentaje de desperdicios y Rendimiento en los procesos encuadrado, Tablon, Cubo y

Rendimiento total de las 61 trozas de pino radiata.

<b>N°</b>	<b>Clase</b>	<b>Forma de troza</b>	<b>Volumen inicial</b>	<b>Desperdicio de Encuadrado</b>	<b>Rendimiento Encuadrado</b>	<b>Desperdicio Tablon</b>	<b>Rendimiento Tablon</b>	<b>Desperdicio Cubo</b>	<b>Rendimiento Cubo</b>	<b>Deperdicio Cubo</b>	<b>Volumen Final</b>	<b>Rendimiento Total (%)</b>
1	M	Calidad B	0.12	6.45	93.55	48.27	51.73	3.40	96.60		0.06	45
2	P	Calidad A	0.04	10.81	89.19	33.13	66.87	3.71	96.29	0.09	0.02	50
3	G	Calidad A	0.31	31.00	69.00	2.53	97.47	22.76	77.24		0.16	51
4	M	Calidad A	0.15	7.26	92.74	28.63	71.37	11.22	88.78		0.07	46
5	P	Calidad A	0.04	4.37	95.63	29.66	70.34	6.04	93.96	24.80	0.02	40
6	G	Calidad A	0.08	4.97	95.03	28.78	71.22	6.91	93.09	19.41	0.04	47
7	M	Calidad B	0.06	7.53	92.47	40.37	59.63	5.20	94.80	18.08	0.03	40
8	G	Calidad B	0.08	1.94	98.06	34.51	65.49	9.00	91.00		0.04	43
9	G	Calidad A	0.16	11.38	88.62	6.82	93.18	31.76	68.24		0.08	50
10	G	Calidad A	0.11	7.92	92.08	11.87	88.13	31.02	68.98		0.06	52
11	P	Calidad A	0.07	9.49	90.51	25.97	74.03	32.35	67.65	0.94	0.03	38
12	M	Calidad B	0.12	10.72	89.28	52.93	47.07	15.82	84.18	2.95	0.04	33
13	G	Calidad A	0.26	32.90	67.10	19.07	80.93	16.87	83.13	5.36	0.10	40

14	P	Calidad B	0.05	13.01	86.99	32.55	67.45	17.62	82.38	15.68	0.02	38
15	P	Calidad B	0.08	9.79	90.21	40.89	59.11	18.13	81.87	6.83	0.03	40
16	G	Calidad A	0.21	20.86	79.14	12.70	87.30	6.42	93.58		0.11	51
17	G	Calidad A	0.28	21.25	78.75	4.90	95.10	16.76	83.24		0.16	56
18	P	Calidad A	0.07	12.44	87.56	20.30	79.70	18.01	81.99	0.33	0.03	50
19	M	Calidad A	0.13	14.11	85.89	27.10	72.90	6.20	93.80	1.79	0.07	50
20	G	Calidad A	0.26	25.81	74.19	2.71	97.29	7.49	92.51	8.43	0.13	50
21	M	Calidad A	0.15	17.20	82.80	12.50	87.50	16.78	83.22		0.07	47
22	M	Calidad B	0.11	1.24	98.76	43.04	56.96	20.13	79.87		0.04	40
23	P	Calidad B	0.06	12.04	87.96	22.26	77.74	22.48	77.52		0.03	47
24	M	Calidad B	0.13	12.14	87.86	28.00	72.00	5.01	94.99		0.06	49
25	G	Calidad A	0.31	19.75	80.25	11.65	88.35	12.95	87.05		0.16	50
26	M	Calidad A	0.17	6.17	93.83	25.12	74.88	10.94	89.06		0.09	50
27	M	Calidad A	0.10	9.32	90.68	38.35	61.65	9.93	90.07	10.89	0.04	44
28	P	Calidad A	0.03	17.13	82.87	26.58	73.42	20.84	79.16	1.31	0.02	47
29	M	Calidad A	0.05	7.37	92.63	28.44	71.56	22.19	77.81	7.36	0.02	46
30	P	Calidad B	0.02	13.02	86.98	38.88	61.12	11.75	88.25	30.89	0.01	31
31	G	Calidad A	0.15	19.95	80.05	3.18	96.82	24.01	75.99	12.78	0.07	49
32	G	Calidad A	0.14	22.00	78.00	11.74	88.26	4.66	95.34	20.25	0.07	50

33	G	Calidad A	0.17	11.79	88.21	13.57	86.43	6.00	94.00	13.91	0.08	48
34	G	Calidad A	0.09	7.38	92.62	18.16	81.84	16.51	83.49	3.21	0.05	51
35	G	Calidad A	0.10	11.35	88.65	26.16	73.84	7.88	92.12	8.07	0.05	53
36	G	Calidad A	0.11	11.47	88.53	25.31	74.69	8.26	91.74	12.80	0.06	51
37	M	Calidad B	0.07	5.85	94.15	12.10	87.90	16.24	83.76	22.22	0.04	51
38	G	Calidad A	0.11	9.04	90.96	24.52	75.48	17.30	82.70	11.63	0.05	49
39	M	Calidad A	0.04	9.08	90.92	34.22	65.78	13.45	86.55	13.51	0.02	42
40	P	Calidad B	0.03	4.65	95.35	33.17	66.83	7.44	92.56	17.86	0.02	47
41	P	Calidad A	0.02	17.44	82.56	15.23	84.77	11.09	88.91	29.54	0.01	43
42	P	Calidad B	0.03	13.57	86.43	30.22	69.78	15.60	84.40	19.30	0.01	40
43	M	Calidad B	0.07	3.02	96.98	22.81	77.19	13.10	86.90	22.37	0.03	41
44	G	Calidad A	0.17	13.41	86.59	2.56	97.44	15.11	84.89	26.44	0.08	49
45	G	Calidad B	0.13	16.45	83.55	4.11	95.89	14.35	85.65	11.75	0.08	57
46	G	Calidad A	0.19	8.94	91.06	3.81	96.19	13.63	86.37	27.91	0.10	52
47	G	Calidad A	0.11	9.57	90.43	15.62	84.38	12.36	87.64	10.94	0.06	57
48	M	Calidad A	0.08	8.34	91.66	18.79	81.21	17.03	82.97	9.58	0.04	54
49	P	Calidad A	0.03	18.58	81.42	29.23	70.77	16.61	83.39	11.54	0.01	40
50	M	Calidad B	0.07	14.54	85.46	27.82	72.18	12.18	87.82	11.89	0.03	46
51	M	Calidad A	0.06	21.64	78.36	19.23	80.77	18.68	81.32	3.49	0.03	46

<b>52</b>	<b>M</b>	<b>Calidad B</b>	0.05	21.57	78.43	28.40	71.60	5.63	94.37	4.27	0.03	47
<b>53</b>	<b>G</b>	<b>Calidad A</b>	0.15	20.35	79.65	16.48	83.52	5.14	94.86	10.90	0.08	53
<b>54</b>	<b>G</b>	<b>Calidad A</b>	0.17	15.82	84.18	7.48	92.52	30.17	69.83	0.05	0.08	49
<b>55</b>	<b>P</b>	<b>Calidad A</b>	0.03	28.35	71.65	12.83	87.17	14.67	85.33	14.95	0.01	43
<b>56</b>	<b>M</b>	<b>Calidad A</b>	0.05	10.79	89.21	27.20	72.80	7.15	92.85	17.11	0.02	48
<b>57</b>	<b>P</b>	<b>Calidad A</b>	0.02	19.86	80.14	30.06	69.94	3.98	96.02	12.52	0.01	45
<b>58</b>	<b>P</b>	<b>Calidad B</b>	0.02	30.08	69.92	27.55	72.45	11.29	88.71	10.10	0.01	36
<b>59</b>	<b>P</b>	<b>Calidad B</b>	0.04	19.26	80.74	24.51	75.49	11.11	88.89	3.15	0.02	45
<b>60</b>	<b>P</b>	<b>Calidad B</b>	0.04	24.50	75.50	17.18	82.82	16.53	83.47	26.99	0.01	36
<b>61</b>	<b>M</b>	<b>Calidad A</b>	0.10	6.73	93.27	41.85	58.15	13.13	86.87	5.41	0.04	41

**Anexo 8.** Propiedades Físicas de tres (03) trozas de pino radiata.

Codigo			Resultados													
			Contenido De Humedad		Densidad Básica	Densidad Saturada (Gr/Cm <sup>3</sup> )	Densidad Seca Al Aire (Gr/Cm <sup>3</sup> )	Densidad Anhidra (Gr/Cm <sup>3</sup> )	Contracción Parcial				Contracción Total			
Troza	Orientación	Probeta	Saturada	Seca Al Aire					Volumétrica (Cm <sup>3</sup> )	Tangencial (Mm)	Radial (Mm)	Longitudinal (Mm)	Volumétrica (Cm <sup>3</sup> )	Tangencial (Mm)	Radial (Mm)	Longitudinal (Mm)
A	N	1	208.679	14.046	0.27	0.82	0.31	0.29	3.419	2.646	0.680	0.139	7.663	5.030	1.492	0.505
A	N	2	256.978	14.195	0.28	0.99	0.33	0.31	3.718	2.726	0.616	0.253	9.630	5.336	1.314	0.683
A	S	1	225.185	14.274	0.27	0.88	0.32	0.30	4.474	3.354	1.028	0.258	8.925	5.635	2.003	0.628
A	S	2	254.202	14.095	0.29	1.03	0.35	0.33	5.953	3.647	0.938	0.244	10.925	6.364	2.097	0.495
A	E	1	244.982	14.286	0.28	0.96	0.33	0.31	4.641	3.464	0.735	0.225	10.492	6.254	1.686	0.418
A	E	2	202.027	14.540	0.31	0.94	0.37	0.34	3.984	2.262	0.338	0.392	9.054	4.696	0.934	0.947
A	O	1	272.119	14.303	0.27	1.02	0.33	0.30	4.381	3.001	0.748	0.223	9.369	5.602	1.706	0.575
A	O	2	249.708	14.015	0.30	1.05	0.36	0.34	5.701	3.701	1.131	0.353	10.709	6.856	2.423	0.644
B	N	1	187.298	14.377	0.36	1.05	0.44	0.40	4.772	3.180	1.384	0.252	9.600	6.330	3.086	0.709
B	N	2	163.279	14.535	0.38	0.99	0.45	0.42	5.319	2.930	0.993	0.100	9.994	5.974	2.338	0.348
B	S	1	176.398	14.372	0.37	1.02	0.45	0.41	4.936	2.645	1.544	0.143	10.195	4.800	3.604	0.445
B	S	2	157.295	14.647	0.38	0.99	0.47	0.44	6.564	3.967	1.707	0.100	12.114	7.059	3.569	0.214



B	E	1	169.073	14.701	0.38	1.01	0.46	0.42	5.804	2.423	0.984	0.255	10.437	4.872	2.453	0.669
B	E	2	127.236	14.591	0.41	0.94	0.51	0.47	7.384	3.671	1.617	0.150	12.906	6.678	3.486	0.566
B	O	1	183.566	14.570	0.36	1.01	0.43	0.40	4.778	2.810	1.034	0.131	10.175	5.514	2.284	0.435
B	O	2	159.690	14.622	0.39	1.00	0.48	0.44	7.165	4.234	1.672	0.066	12.284	7.638	3.754	0.439
C	N	1	94.726	13.645	0.42	0.83	0.50	0.46	3.621	2.328	0.972	0.127	8.245	4.702	2.590	0.738
C	N	2	106.503	13.879	0.48	1.00	0.57	0.53	3.783	1.988	0.765	0.670	9.085	4.438	1.902	1.554
C	N	3	143.129	14.474	0.45	1.10	0.55	0.51	6.211	2.976	1.032	0.470	12.201	5.692	2.399	1.168
C	S	1	175.547	14.507	0.37	1.01	0.44	0.41	4.495	2.878	1.367	0.080	9.791	5.841	3.127	0.249
C	S	2	186.347	14.521	0.38	1.09	0.47	0.43	6.665	3.508	1.173	0.546	11.659	6.818	2.671	1.057
C	E	1	211.795	14.776	0.34	1.07	0.41	0.38	4.746	3.207	1.196	0.101	9.987	6.302	2.668	0.287
C	E	2	152.221	14.552	0.41	1.05	0.51	0.48	6.011	4.423	1.503	0.234	12.761	8.441	3.558	0.548
C	O	1	189.213	14.445	0.35	1.03	0.42	0.39	4.385	3.000	0.789	0.045	9.814	6.190	2.333	0.399
C	O	2	185.894	14.363	0.38	1.10	0.47	0.44	5.801	3.701	1.257	0.147	11.921	7.145	2.836	0.448
			<b>187.32</b>	<b>14.37</b>	<b>0.39</b>	<b>1.00</b>	<b>0.47</b>	<b>0.40</b>	<b>5.44</b>	<b>3.15</b>	<b>1.09</b>	<b>0.23</b>	<b>10.40</b>	<b>6.14</b>	<b>2.86</b>	<b>0.61</b>
				Max	0.48	1.10	0.57	0.53	7.38	4.42	1.71	0.67	12.91	8.44	3.75	1.55
				Min	0.27	0.82	0.31	0.29	3.42	1.99	0.34	0.04	7.66	4.44	0.93	0.21

**Anexo 9.** Estadísticos (promedio  $\pm$  desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a la variable forma de troza.

<b>Forma de troza</b>	<b>N</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>	<b>Volumen inicial</b>	<b>Volumen final</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Residuos</b>	<b>Número de tablas</b>
A	41	0.29 $\pm$ 0.09	1.74 $\pm$ 0.60	0.12 $\pm$ 0.08	0.06 $\pm$ 0.04	48.04 $\pm$ 4.52	0.06 $\pm$ 0.04	23 $\pm$ 16
B	20	0.22 $\pm$ 0.05	1.69 $\pm$ 0.58	0.07 $\pm$ 0.04	0.03 $\pm$ 0.02	42.60 $\pm$ 6.34	0.04 $\pm$ 0.02	16 $\pm$ 13

**Anexo 10.** Estadísticos (promedio  $\pm$  desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a la variable clase diamétrica.

<b>Clase diamétrica</b>	<b>N</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>	<b>Volumen inicial</b>	<b>Volumen final</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Residuos</b>	<b>Número de tablas</b>
G	23	0.34 $\pm$ 0.04	1.62 $\pm$ 0.55	0.17 $\pm$ 0.07	0.08 $\pm$ 0.04	50.43 $\pm$ 3.89	0.08 $\pm$ 0.03	32 $\pm$ 16
M	20	0.25 $\pm$ 0.02	1.90 $\pm$ 0.63	0.09 $\pm$ 0.04	0.04 $\pm$ 0.02	45.30 $\pm$ 4.80	0.05 $\pm$ 0.02	18 $\pm$ 11
P	18	0.18 $\pm$ 0.02	1.66 $\pm$ 0.57	0.04 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.01	42.00 $\pm$ 5.22	0.02 $\pm$ 0.01	9 $\pm$ 4

**Anexo 11.** Estadísticos (promedio  $\pm$  desviación estándar) para las variables en estudio de acuerdo a las variables clase diamétrica y forma de troza.

<b>Clase diamétrica</b>	<b>Forma de troza</b>	<b>N</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Longitud</b>	<b>Volumen inicial</b>	<b>Volumen final</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Residuos</b>	<b>Número de tablas</b>
G	A	21	0.36 $\pm$ 0.04	1.65 $\pm$ 0.57	0.17 $\pm$ 0.07	0.09 $\pm$ 0.04	50.47 $\pm$ 3.42	0.08 $\pm$ 0.03	33 $\pm$ 16
	B	2	0.32 $\pm$ 0.05	1.28 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.03	50.00 $\pm$ 9.89	0.05 $\pm$ 0.02	21 $\pm$ 27
M	A	11	0.24 $\pm$ 0.03	1.96 $\pm$ 0.63	0.10 $\pm$ 0.05	0.05 $\pm$ 0.02	46.72 $\pm$ 3.74	0.05 $\pm$ 0.02	15 $\pm$ 9
	B	9	0.24 $\pm$ 0.01	1.28 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.03	43.55 $\pm$ 5.57	0.05 $\pm$ 0.02	22 $\pm$ 13
P	A	9	0.17 $\pm$ 0.02	1.69 $\pm$ 0.62	0.04 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.01	44.00 $\pm$ 4.35	0.02 $\pm$ 0.01	9 $\pm$ 5
	B	9	0.18 $\pm$ 0.02	1.63 $\pm$ 0.55	0.04 $\pm$ 0.02	0.02 $\pm$ 0.01	40.00 $\pm$ 5.47	0.02 $\pm$ 0.01	8 $\pm$ 4

**Anexo 12.** Propiedades Mecánicas de Flexión de tres (03) trozas de Pino radiata.

CODIGO			RESULTADOS			
TROZA	ORIENTACIÓN	PROBETA	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	CH (%)
A	N	1	132.10	151.91	23856.99	15.57
A	N	2	124.24	203.45	28735.11	16.02
A	S	1	141.83	200.92	30178.03	16.38
A	E	1	136.01	249.35	25504.44	15.26
A	E	2	149.31	260.90	30000.22	15.51
A	E	3	131.41	239.62	27846.88	15.72
A	E	4	143.72	175.66	23290.66	15.71
A	E	5	120.07	191.36	22257.43	16.58
A	E	6	124.42	210.74	20168.03	14.56
A	E	7	141.90	235.39	31031.34	15.74
A	O	1	166.68	265.90	31481.81	15.89
A	O	2	67.25	100.87	20539.91	16.26
A	O	3	101.26	194.73	20187.92	16.05
A	O	4	115.20	187.62	26319.39	16.30
B	N	1	346.01	509.95	75296.80	15.65
B	N	2	311.84	492.09	67062.24	16.16
B	S	1	283.09	500.43	66145.90	15.32
B	S	2	323.44	534.58	68925.60	15.73
B	E	1	165.76	260.70	41283.77	16.09
B	E	2	304.24	546.03	73653.40	15.97
B	E	3	217.38	326.07	52790.69	15.65
B	E	4	224.96	419.93	39565.02	15.52
B	E	5	224.09	468.94	61862.53	15.94

B	O	1	310.40	528.53	79162.46	16.13
B	O	2	242.63	421.08	56205.96	16.08
B	O	3	281.77	479.01	56931.17	16.32
B	O	4	200.08	320.12	45801.46	15.82
B	O	5	230.21	466.78	58732.39	15.93
C	N	1	318.43	509.49	76155.63	15.82
C	N	2	321.81	546.30	80123.02	16.09
C	N	3	268.43	477.64	78615.96	15.37
C	S	1	289.16	470.47	71647.20	15.29
C	S	2	350.82	570.88	85236.59	15.52
C	S	3	372.83	565.45	70754.90	15.67
C	E	1	234.08	359.19	51210.24	15.92
C	E	2	243.51	469.74	59475.52	14.92
C	E	3	192.95	338.41	40371.82	15.60
C	O	1	260.86	489.49	59587.76	15.75
C	O	2	176.59	279.60	47238.86	15.84
C	O	3	256.98	471.38	37193.61	16.36
C	O	4	211.06	314.41	38270.15	16.30
C	O	5	256.71	486.99	45410.01	16.09
C	O	6	298.26	543.14	68312.72	15.83
<b>promedio</b>			266.15	454.03	60449.08	15.82
<b>mmax</b>			372.83	570.88	85236.59	16.58

**Anexo 13.** Resultados de Ensayos de Compresión Perpendicular de Pino radiata.

CODIGO			RESULTADOS	
TROZA	ORIENTACIÓN	PROBETA	ELP (kg/cm <sup>2</sup> )	CH (%)
A	N	1	26.49	16.18
A	N	2	32.67	16.28
A	N	3	32.68	16.11
A	N	4	27.34	16.08
A	N	5	25.32	15.95
A	S	1	32.66	15.65
A	S	2	27.48	16.28
A	S	3	29.09	16.07
A	S	4	27.35	16.00
A	S	5	25.41	16.30
B	N	1	38.53	15.89
B	N	2	32.95	16.16
B	N	3	36.62	16.12
B	N	4	32.91	16.56
B	S	1	38.53	16.58
B	S	2	40.47	15.87
B	S	3	46.03	16.36
B	S	4	48.00	16.24
C	N	1	47.79	14.78
C	N	2	31.20	15.83
C	N	3	30.96	15.59
C	N	4	34.74	15.82
C	S	1	40.29	15.65

C	S	2	33.00	15.97
C	S	3	34.87	15.51
C	S	4	40.34	14.81
<b>promedio</b>			<b>37.951</b>	<b>15.858</b>
<b>max</b>			<b>47.999</b>	<b>16.577</b>

**Anexo 14.** Resultados de Ensayos de Tenacidad de Pino radiata.

<b>CODIGO</b>			<b>RESULTADOS</b>			
<b>TROZA</b>	<b>ORIENTACIÓN</b>	<b>PROBETA</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>TENACIDAD (lb/pulg)</b>	<b>TENACIDAD (Kg-m)</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>
A	N	1	TANGENCIAL	0.0	0.00	15.54
A	N	2	RADIAL	0.0	0.00	15.87
A	S	1	TANGENCIAL	17.9	0.21	16.80
A	E	1	OBLICUA	0.0	0.00	16.95
A	E	2	OBLICUA	0.0	0.00	15.79
A	E	3	TANGENCIAL	0.0	0.00	16.14
A	E	4	RADIAL	0.0	0.00	15.86
A	E	5	TANGENCIAL	0.0	0.00	16.38
A	E	6	RADIAL	0.0	0.00	16.08
A	O	1	TANGENCIAL	0.0	0.00	15.77
A	O	2	OBLICUA	0.0	0.00	15.85
A	O	3	TANGENCIAL	0.0	0.00	16.18
A	O	4	OBLICUA	5.6	0.06	15.71
B	N	1	TANGENCIAL	63.6	0.73	15.80
B	S	1	RADIAL	40.5	0.47	15.90
B	S	2	TANGENCIAL	61.8	0.71	15.85

B	S	3	OBLICUA	42.2	0.49	15.98
B	E	1	RADIAL	50.1	0.58	15.94
B	E	2	TANGENCIAL	95.6	1.10	15.95
B	E	3	RADIAL	138.9	1.60	15.93
B	E	4	TANGENCIAL	8.7	0.10	16.01
B	E	5	RADIAL	34.1	0.39	15.93
B	E	6	TANGENCIAL	25.8	0.30	16.18
B	E	7	RADIAL	0.0	0.00	15.87
B	O	1	TANGENCIAL	42.2	0.49	15.96
B	O	2	RADIAL	34.1	0.39	16.12
B	O	3	TANGENCIAL	17.9	0.21	15.50
B	O	4	OBLICUA	73.7	0.85	16.06
B	O	5	RADIAL	35.0	0.40	16.15
C	N	1	TANGENCIAL	54.9	0.63	14.80
C	N	2	TANGENCIAL	120.6	1.39	14.92
C	N	3	RADIAL	86.7	1.00	15.38
C	S	1	RADIAL	0.0	0.00	15.26
C	S	2	TANGENCIAL	58.7	0.68	15.45
C	E	1	OBLICUA	85.9	0.99	15.03
C	E	2	TANGENCIAL	81.6	0.94	15.10
C	E	3	RADIAL	32.4	0.37	12.53
C	E	4	TANGENCIAL	63.3	0.73	15.23
C	E	5	RADIAL	86.7	1.00	15.20
C	O	1	TANGENCIAL	72.3	0.83	15.66
C	O	2	RADIAL	77.4	0.89	15.25
C	O	3	TANGENCIAL	65.5	0.75	15.74
C	O	4	RADIAL	54.1	0.62	15.18
C	O	5	OBLICUA	51.7	0.59	15.07
C	O	6	TANGENCIAL	74.5	0.86	15.34



<b>Promedio O</b>	65.9	0.76	15.37
<b>Promedio general</b>	41.2	0.47	15.67
<b>Promedio C</b>	66.6	0.77	15.07
<b>Promedio general</b>	41.2	0.47	15.67

**Anexo 15. Resultados de Ensayos de Extracción de Clavos de Pino radiata.**

CODIGO			RESULTADOS								
			CARGA DE EXTRACCIÓN (KG)						PESO SECO AL AIRE (GR)	PESO SECO AL HORNO (GR)	CH (%)
TROZA	ORIENTACIÓN	PROBETA	RADIA L 1	RADIA L 2	TANGENCIA L 1	TANGENCIA L 2	EXTREMOS 1	EXTREMOS 2			
A	N	1	19.05	19.27	21.31	29.48	18.14	23.36	22.62	19.47	16.18
A	N	2	18.59	18.82	20.41	37.64	20.41	18.82	22.43	19.29	16.28
A	N	3	59.41	23.81	31.75	27.21	20.86	22.68	25.51	21.97	16.11
A	N	4	17.01	39.00	46.26	13.61	19.73	17.91	23.39	20.15	16.08
A	N	5	22.90	22.45	27.21	24.04	14.51	28.80	24.42	21.06	15.95
A	S	1	29.48	70.07	24.94	56.69	17.91	19.05	23.79	20.57	15.65
A	S	2	22.22	34.24	18.14	27.21	16.55	18.82	22.28	19.16	16.28
A	S	3	15.42	31.52	28.12	24.94	22.45	24.49	22.97	19.79	16.07
A	S	4	18.37	23.81	22.68	20.86	22.90	23.13	23.63	20.37	16.00
A	S	5	25.62	24.49	24.94	34.47	17.91	24.72	22.83	19.63	16.30
B	N	1	28.12	37.64	74.83	63.49	43.99	36.51	34.28	29.58	15.89
B	N	2	40.36	59.86	67.34	80.50	36.51	46.48	28.75	24.75	16.16

B	N	3	42.18	41.72	63.49	72.56	29.48	17.01	28.96	24.94	16.12
B	N	4	39.68	48.75	58.96	79.36	37.41	32.65	29.28	25.12	16.56
B	S	1	52.15	37.64	82.08	88.43	34.24	62.13	30.45	26.12	16.58
B	S	2	26.30	40.82	79.82	63.49	28.80	45.35	32.64	28.17	15.87
B	S	3	36.96	39.00	79.82	62.36	40.13	32.20	27.60	23.72	16.36
B	S	4	50.79	31.29	71.20	71.65	25.40	39.91	31.57	27.16	16.24
C	N	1	37.19	38.09	40.82	42.18	48.30	45.80	36.66	31.94	14.78
C	N	2	43.99	57.14	31.75	48.75	24.49	27.66	31.17	26.91	15.83
C	N	3	45.35	28.12	67.12	49.89	62.58	43.99	31.51	27.26	15.59
C	N	4	45.80	89.79	90.70	80.27	66.89	50.79	30.09	25.98	15.82
C	S	1	38.55	22.68	49.89	51.02	39.91	33.56	30.97	26.78	15.65
C	S	2	31.29	47.39	49.89	46.48	41.04	33.11	30.06	25.92	15.97
C	S	3	36.28	35.37	40.82	41.72	25.62	31.97	30.24	26.18	15.51
C	S	4	43.54	34.69	56.69	41.95	46.03	58.96	34.27	29.85	14.81
<b>Promedio</b>			<b>34.10</b>	<b>38.36</b>	<b>48.88</b>	<b>49.24</b>	<b>31.62</b>	<b>33.07</b>	<b>28.17</b>	<b>24.30</b>	<b>15.95</b>

**Anexo 16.** Tabla de rendimiento para *Pinus patula*.

Diámetro de la troza		Longitud de trozas en pies y metros						
Pulgadas	cm	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
		(1,22m)	(1,52m)	(1,83m)	(2,13m)	(2,44m)	(2,74m)	(3,05m)
6	15,2	3	4	5	6	7	8	9
10	25,4	11	14	17	19	22	25	28
11	27,9	13	17	20	24	27	31	34
12	30,5	16	21	25	29	33	37	42
13	33,0	20	25	30	35	40	45	50
14	35,6	23	29	35	41	47	52	58
15	38,1	27	34	41	47	54	61	68
16	40,6	31	39	47	55	63	71	78
17	43,2	36	45	54	63	72	81	90
18	45,7	41	51	61	71	82	92	102
19	48,3	46	57	69	81	92	104	115
20	50,8	51	64	77	90	103	116	129

**Fuente.** Montenegro, 2015.

**Anexo 17.** Imágenes de marcado, evaluación y dimensionado de trozas de Perpendicular de Pino radiata.





**Anexo 18.** Imágenes del proceso de aserrío “Encuadrado” de Pino radiata.







Anexo 19. Imágenes del proceso de aserrío “Tablon” de Pino radiata.





**Anexo 20.** Proceso de aserrado en Sierra de Cinta en el proceso de formación de “Tablon” de Pino radiata.







**Anexo 21.** Proceso de aserrado en Sierra de Cinta en el proceso de formación de “Cubo” de Pino radiata.







Anexo 22. Dimensionado de “Cubos” para la elaboración de tacos para Pallets.





**Anexo 23.** Dimensionado de tablas para la elaboración de Pallets.



Anexo 24. Armado de Pallets.







**Anexo 25. Oreado y almacenamiento de Pallets.**



**Anexo 26.** Desperdicios del proceso de elaboración de Pallets.



