UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE ASERRIO DE MADERA ASERRADA DE *Ceiba pentandra L.* EN LA MADERERA "EL PARRAL" EN LA PROVINCIA DE JAEN

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

Autor : Bach. Chamba Contreras James Mckeey

Asesor : Ing. M.Sc. Handry Martin Rodas Purizaga

Línea se investigación:

Conservación, Manejo y Aprovechamiento De Los Recursos Naturales

JAÉN – PERÚ

2024

NOMBRE DEL TRABAJO

RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE ASERRIO DE MADERA ASERRADA DE Ceiba pentandra L. EN LA

AUTOR

James Mckeey Chamba Contreras

RECUENTO DE PALABRAS

10324 Words

RECUENTO DE CARACTERES

49836 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

59 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.2MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 14, 2024 11:00 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 14, 2024 11:01 AM GMT-5

12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera

Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Resumen

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

El día 28 de noviembre del año 2024, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado de manera presencial, en la sala de docentes de la escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental.

Presidente : Ing. Mario Ruìz Ramos
Secretaria : Ing. Candy Ocaña Zuñiga
Vocal : Dr. James Tirado Lara,
para evaluar la sustentación del:

(**x**) Informe final de tesis
( ) Proyecto de tesis
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:
"RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE ASERRIO DE MADERA ASERRADA DE *Ceiba pentandra L.* EN LA MADERERA "EL PARRAL" EN LA PROVINCIA DE JAEN" presentado por el bachille **James Mckeey Chamba Contreras** la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:
(X) Aprobar ( ) Desaprobar (X) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

a)	Excelente	18, 19, 20	( )
b)	Muy bueno	16, 17	(16)
c)	Bueno	14, 15	( )
d)	Regular	13	( )
e)	Desaprobado	12 ò menos	( )

Siendo las 11:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 28 de noviembre del 2024

Ing. Mario Ruìz Ramos
Presidente

Ing. Candy Ocaña Zuñiga
Secretaria

Dr. James Tirado Lara
Vocal

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304
Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2019-SUNEDU/CD

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

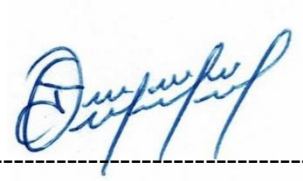
Yo, **Chamba Contreras James Mckeey**, identificado con **DNI Nº 76145712** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén; declaro bajo juramento que soy Autor de la **TESIS: "RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE ASERRIO DE MADERA ASERRADA DE *Ceiba pentandra L.* EN LA MADERERA "EL PARRAL" EN LA PROVINCIA DE JAEN".**

El mismo que presento para optar: ( ) Grado Académico de Bachiller (**X)** Título Profesional

1. La tesis presentada no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
2. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis presentada no ha sido publicado ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados, por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de investigación, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNJ en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del Trabajo de investigación.

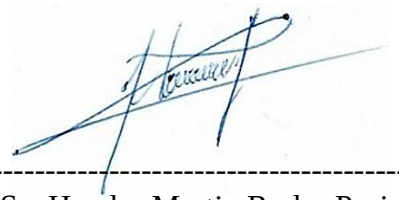
De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el Proyecto de Tesis haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Jaén, 05 de marzo de 2025



Bach. James Mckeey Chamba Contreras

DNI: 76145712



Ing. M.Sc. Handry Martin Rodas Purizaga

DNI: 42973513

ÍNDICE

I. INTRODUCCION 1

II. MATERIALES Y METODOS 5

2.1. Ubicación del área de estudio 5

2.2. Materiales. 6

2.2.1. Población 6

2.2.2. Muestra 6

2.2.3. Muestreo 7

2.2.4. Variables de estudio 7

2.3. Metodología. 8

2.3.1. Establecimiento del flujo de producción 9

2.3.2. Selección y pintado de cuartones a evaluar. 10

2.3.3. Medición y cubicación de los cuartones. 10

2.3.4. Medición y cubicación de volumen de madera procesada. 11

2.3.5. Rendimiento de madera aserrada (%) 11

2.3.6. Registro de tiempos operativos. 12

2.3.7. Cálculo de la productividad 13

2.3.8. Determinación de los desperdicios 13

2.3.9. Análisis estadístico de datos 13

III. RESULTADOS 15

3.1. Diagrama de flujo de producción de la maderera el Parral 15

3.2. Cálculo del volumen inicial y volumen final en el aserradero EL Parral. 17

3.2.1 Volumen inicial 17

3.2.2 Volumen final 19

2.2.3 Productos obtenidos 22

2.2.4 Rendimiento 23

3.3. Calcular los tiempos operativos de la mano de obra y de la maquinaria en el proceso 26

3.3.1. Tiempo operativo 26

3.2.2. Productividad 28

3.4. Análisis de residuos. 31

3.5. Estudio de regresión y correlación 32

3,6,2, Cálculo del coeficiente de correlación 33

3,6,2, Cálculo del coeficiente de correlación 35

IV. DISCUSIONES 37

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39

5.1. Conclusiones. 39

5.2. Recomendaciones. 39

VI. REFERENCIAS BOBLIOGRAFICAS 41

AGRADECIMIENTO 45

DEDICATORIA 46

ANEXOS 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y equipos. 6
Tabla 2. Operacionalización de variables 8
Tabla 3. Volumen inicial de las muestras estudiadas 17
Tabla 4. Volumen final de las muestras estudiadas 19
Tabla 5. Productos obtenidos 22
Tabla 6. Rendimiento 23
Tabla 7. Tiempo operativo 26
Tabla 8. Productividad 29
Tabla 9. Valores para el análisis de regresión lineal del rendimiento 32
Tabla 10. Valores para el análisis de regresión lineal de la productividad 34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio 5
Figura 2. Simbología 9
Figura 3. Marcado de trozas y cubicación de cuartones 10
Figura 4. Diagrama de flujo de producción de la maderera el Parral 15
Figura 5. Diagrama productivo de volumen producido en la maderera 16
Figura 6. Volumen inicial promedio (m^3) de cada muestra 19
Figura 7. Volumen final promedio (m^3) de cada muestra 21
Figura 8. Productos obtenidos 23
Figura 9. Rendimiento promedio (%) por cada muestra 25
Figura 10. Tiempo operativo promedio (h) de cada muestra 28
Figura 11. Productividad promedio (m^3/h/h) de cada muestra 31
Figura 12. Residuos generados por cada muestra 32
Figura 13. Diagrama de dispersión lineal del rendimiento 34
Figura 14. Diagrama de dispersión lineal de la productividad 36

RESUMEN

El aserrío es una actividad fundamental en la industria maderera, debido a ello los aserraderos tienen que intervenir en el mejoramiento de su rendimiento y productividad. El objetivo buscó calcular el rendimiento y la productividad de la especie *Ceiba pentranda L.* en el proceso de transformación primaria. Realizando una inspección y control de tiempos operativos de los procesos de aserrado de primera transformación y se utilizaron fórmulas matemáticas en relación a las etapas de producción. La muestra fue equivalente a 220 cuartones (26,826 m3), resultando 1094 piezas (797 tablas, 85 soleras y 212 listones), un rendimiento promedio de 84,834% y una productividad promedio de 1, 486 m3/h/h. El rendimiento obtuvo un modelo de regresión lineal con la ecuación y = - 0,006 + 0,902x con un coeficiente de determinación (r^2) de 0,844 y la productividad obtuvo un modelo de regresión lineal con la ecuación y = 0,041+ 0,208x y un coeficiente de determinación (r^2) de 0,068.

Palabras claves: eficiencia, Madera aserrada, control, inspección, cubicación.

ABSTRAC

Sawmilling is a fundamental activity in the timber industry, which is why sawmills have to intervene to improve their yield and productivity. The objective was to calculate the yield and productivity of the *Ceiba pentranda L*. species in the primary transformation process. An inspection and control of operating times of the primary transformation sawing processes was carried out and mathematical formulas were used in relation to the production stages. The sample was equivalent to 220 quarters (26,826 m3), resulting in 1094 pieces (797 boards, 85 sills and 212 slats), an average yield of 84,834% and an average productivity of 1, 486 m3/h. The yield obtained a linear regression model with the equation y = - 0.006 + 0.902x with a determination coefficient (r^2) of 0.844 and the productivity obtained a linear regression model with the equation y = 0.041+ 0.208x and a determination coefficient (r^2) of 0.068.

Keywords: efficiency, sawn timber, control, inspection, cubing, cubing.

I. INTRODUCCION

SERFOR (2019) Menciona que el aserrío es una actividad fundamental en la industria maderera que se basa en un proceso mediante el cual se cortan y transforman los troncos de árboles en piezas de madera, como tablas, tablones, vigas, tablones más delgados y durmientes, utilizando maquinaria, equipo, recurso humano, fuentes de energía y dinero. El aserrado es la transformación primaria de la troza y consiste en dar a la madera, diferentes formas y tamaños utilizando herramientas como sierras de banda, circulares o de cinta, además de una escuadría determinada en un mínimo de tiempo y con el menor consumo de potencia.

En nuestro país la actividad más importante es la transformación de la madera en la industria del aserrío, el insumo principal es un recurso natural, involucrando a un apropiado aprovechamiento con la sostenibilidad y el desarrollo de la industria (Portella 2021). Para los dueños de los pequeños y medianos aserrados, la adquisición de maquinaria y equipos indispensables que conlleven a un rendimiento en la industria maderera, es complicada, considerando que el mayor porcentaje de maquinaria y equipos que cuentas estas industrias, son maquinaria replica, optando por sus reducidos cotos (Tenssera, 2008)

Realizar investigaciones basadas en procesamiento de madera, referente al aprovechamiento de madera aserrada, estudios de rendimiento, son muy importantes, con el objetivo de conocer el nivel de esfuerzo para el desarrollo de esta actividad forestal (Ángel y Abraham, 1997). Los pequeños y medianos aserraderos cuentan con bajo sistema productivo automatizado, de tal forma que el número de personal empleador es mayor, el estudio de rendimiento es muy importante para la buena administración del flujo de producción generando mayor competitividad (Batista *et al.*, 2013).

La determinación del rendimiento es una medida que es utilizada como base para los administradores que se dedican a la industria del aserrío, en el sentido que realicen una evaluación si la ejecución de las operaciones en el aserradero se está desarrollando adecuadamente en beneficio del mismo (Luna *et al*., 2012).

La consecuencia de no aprovechar de manera eficiente a la materia prima que es recibida en el aserradero da como resultado un rendimiento negativo en el volumen de madera aserrada. El buen manejo del proceso del aserrío se refleja en el rendimiento que se obtiene de la materia prima, donde influyen un sin número de factores como el tipo de aserrío y también intervienen el tamaño, curvatura y diámetro. Por lo tanto, es importante optar por medidas técnicas que nos permita mejorar el flujo de la productividad de la madera aserrada con el fin de tener una mejor productividad y calidad (González y Días, 2015).

El aserradero que no intervenga en el mejoramiento de su rendimiento y en la minimización de los costos de producción, esta frente a una fuerte posibilidad de perder competitividad y de tener que paralizar sus actividades de aserrío, por ser un aserradero ineficiente. Una manera de ver el nivel tecnológico que es utilizado es en el nivel de generación y al mismo tiempo acumulación de residuos, afectando de manera negativa económicamente. Por lo tanto, es muy importante tener una buena administración que tenga decisiones adecuadas para el uso eficiente de la materia prima generando una mayor minimización de gastos al aserradero (Guallpa *et al.*, 2019)

Según Magalhães *et al*. (2010) existen una serie de componentes que pueden afectar la utilidad de un aserradero las más frecuentes son, el de tecnología que se emplea el tipo de aserradero, tipo de madera que se usa en el procesamiento y el diámetro de la materia prima. También existen otros factores como la calidad de la materia prima, equipos, mano de obra y técnicas empleadas.

Batista *et al*. (2015) obtuvieron un rendimiento medio del 53,65% considerándolo bueno para un tipo de aserraderos (pequeño). La eficiencia operativa media fue baja obteniendo 2,77 m^3 por cada turno de trabajador. Las razones de la baja eficiencia se deben a varios factores: No clasificó la madera rolliza, la disposición deficiente, maquinaria muy descuidada y el bajo nivel de sistematización. Esto afectó el promedio de trabajo productivo obteniendo un 69,6% no llegando al límite del 75%.

Coronel *et al*. (2012) evaluaron tiempos de trabajo, rendimiento y productividad en 10 pequeños aserraderos, para ello obtuvieron 40 trozas de muestra de algarrobo blanco, equivalente a 260 tablas de diferentes medidas (5,59 m^3), determinando un 58% como rendimiento en madera aserrada, además determinaron el tiempo promedio total equivalente a 920 segundos, con una productividad de 232 m^3/h.

Leyva *et al*., (2020) calcularon el rendimiento y la calidad dimensional de la madera aserrada de *Samanea saman Jacq*. Determinando un rendimiento de 52,8%, los investigadores mencionan que fue debido a la calidad de las trozas, sus dimensiones y conicidad. También indican que hubo surtidos de 25 y 50 mm por encima de las medidas preestablecidas, por lo que sugieren tener en cuenta con el desempeño del personal técnico y condiciones en las que se encuentran las máquinas.

En el estudio realizado por Guallpa *et al*. (2019) en dos pequeños aserraderos con 210 y 205 trozas como muestra, indican que para el procesamiento de 1000 pt se tardó 112,73 minutos con la sierra principal y 167,36 minutos en el sistema de sierra principal más la cierra circular. Obteniendo un rendimiento de 27,74% para el aserradero A y un 48,84% en el aserradero B.

El previo conocimiento de los indicadores basados en el rendimiento nos proporciona información del proceso del flujo de producción que permite la toma de decisiones permitiéndonos anticipar cualquier eventualidad adversa, generando menos costos y pérdidas durante el proceso productivo (Coronel *et al*., 2012).

Según Arzapalo (2020) Una parte de la selva que realiza oferta de madera aserrada son la región de Loreto (Saramiriza) y la Amazonas (Nieva), procedente con permisos de predios privados, permisos de comunidades nativas y autorizaciones cuya madera aserrada abastece las ciudades de Bagua, Bagua Grande, Jaén y la costa.

En la Provincia de Jaén las madereras no cuentan con estudios de rendimiento y productividad en el proceso de aserrío, que garanticen una buena productividad y buen rendimiento. El objetivo general de la investigación fue calcular el rendimiento de materia prima de la especie *Ceiba pentandra L.* ingresada al proceso de aserrío y la productividad de la mano de obra en la maderera "el parral", Provincia de Jaén. Como objetivos se planteó a). Identificar el flujo productivo en el aserrío de la madera en la madera "El Parral". b). Calcular el volumen de madera aserrada que ingresa al proceso de aserrío y el volumen de madera aserrada procesada. c). Estimar los tiempos operativos de la mano de obra y de la maquinaria en el proceso de aserrío.

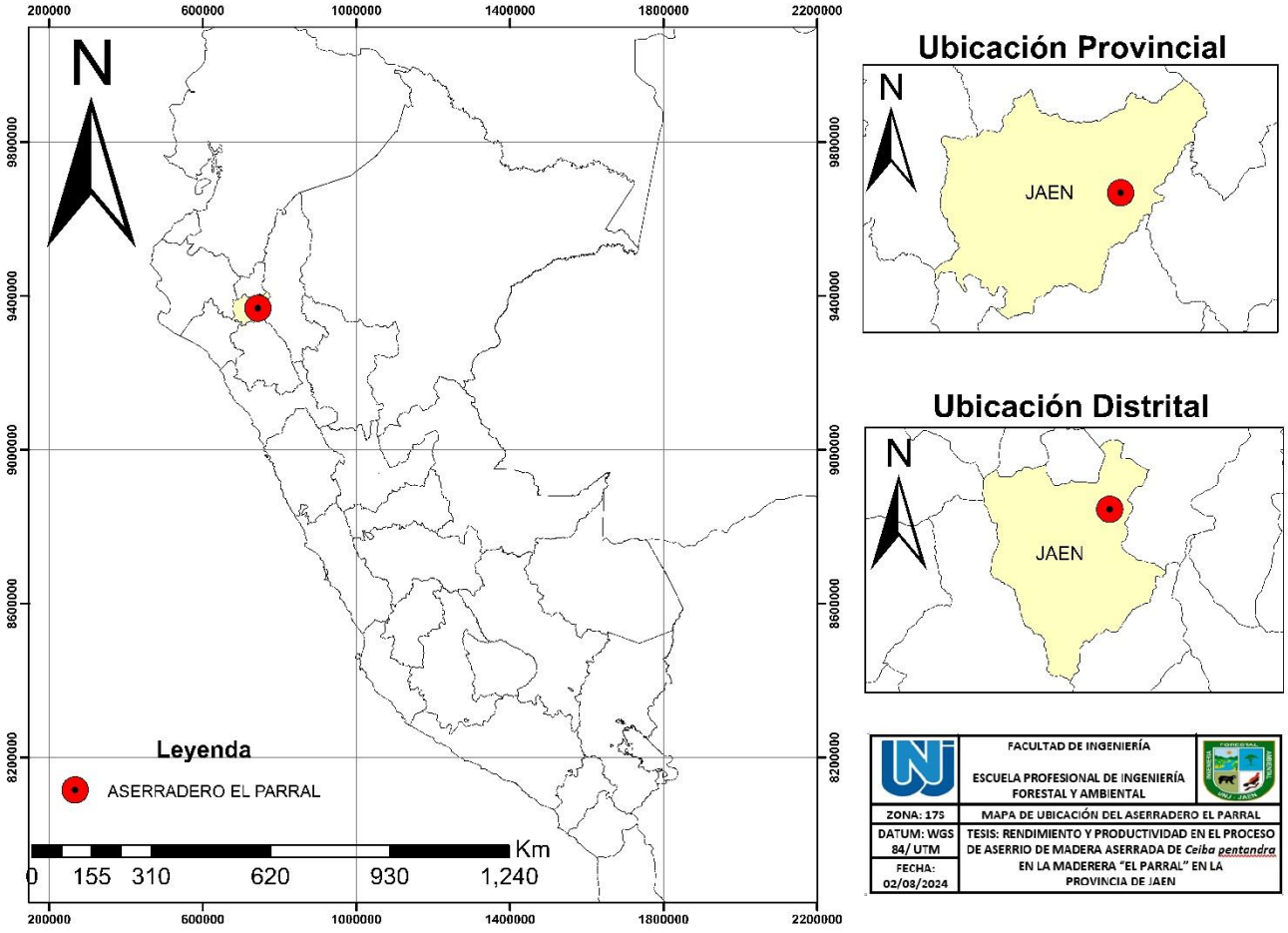
II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Ubicación del área de estudio

Esta investigación se ejecutó en la maderera “El Parral”, ubicado en la Av. A 801 en el distrito y provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca. Rodas *et al*. 2023 ubicó a la maderera “El Parral” con las coordenadas UTM (WGS84), Este 743927 y Norte 9368486.

Figura 1

Mapa de ubicación del área de estudio



Nota. Fuente de datos: Información propia tomada con GPS Garmin 68S. Límites Provinciales obtenidos del Instituto Geográfico Nacional, Límites distritales obtenidos del Instituto geográfico Nacional.

2.2. Materiales.

En la tabla 01 se detalla los materiales utilizados tanto en el período de campo como y elaboración de informe durante el proceso de la investigación.

Tabla 1

Materiales y equipos.

Materiales e insumos	**Equipo de protección personal (EPP)**	**Herramientas**	**Equipos**	**Software**
Lapicero Corrector Papel bond A4 Tablero Folder Pintura al aceite	Zapatos punta de acero Casco Chaleco	Wincha (5m)	Calculadora Científica Laptop (Lenovo cori 5) Impresora Brother DCP-T510W	Spss 25.0 (Statistical Package for Social Sciences) ArcGIS 10.8.2 Microsoft Office 2016

2.2.1. Población

La población estuvo compuesta por 513 cuartones de la especie *Ceiba pentandra L. L*. los cuales llegaron a la maderera en 05 fechas al patio de acopio. Asimismo, todos los obreros que participaron en el proceso de transformación primaria de la población estudiada en la maderera El Parral.

2.2.2. Muestra

En general la muestra estuvo constituida por 220 cuartones, dividida en 05 sub muestras de 44 cuartones cada una, que fueron seleccionados por mayor volumen. Para el cálculo de la muestra se trabajó con un nivel de confianza del 95% con el fin de tener una muestra probabilística confiable y se utilizó la siguiente ecuación sugerida por (Mucha *et al*., 2021).

Ecuación 1

$$n = \frac{Z^2 * N * P * Q}{E^2 (N-1) + Z^2 * P * Q}$$

$$n = \frac{1{,}96^2 * 513 * 0{,}5 * 0{,}5}{0{,}05^2 (513-1) + 1{,}96^2 * 0{,}5 * 0{,}5} = 220$$

Donde:
n= Tamaño de muestra.
Z= Nivel de confianza (95%).
P= Probabilidad a favor (50%).
Q= Probabilidad en contra (50%).
N= Tamaño de población (50).
E= Error de muestreo deseado (5%).

2.2.3. Muestreo

Se realizo en 05 fechas de ingreso de madera de la especie *Ceiba pentandra L.* seleccionando los cuartones con mayor volumen. Para cada una de las muestras se eligió 44 cuartones de mayor volumen.

2.2.4. Variables de estudio

Variables de estudio

- Variable independiente.
  Volumen de madera aserrada
  Volumen de madera procesada
  Tiempos operativos

- Variable dependiente.
  Rendimiento
  Productividad

Tabla 2

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Indicadores	Unidad de medida
Independiente			
Volumen de madera aserrada	Cantidad de materia prima.	• Espesor • Largo • Ancho	m^3
Volumen de madera procesada	Cantidad de madera procesada.	• Espesor • Largo • Ancho	m^3
Tiempos operativos	Tiempo que se demora en realizar una actividad	• Horas	h
Dependiente			
Rendimiento	Resultado obtenido del proceso de aserrío	• Volumen de madera en cuartón • Volumen de madera procesada	%
Productividad	Cantidad producida	• Tiempo operativo • Volumen de madera procesada	m^3/h/h

2.3. Metodología.

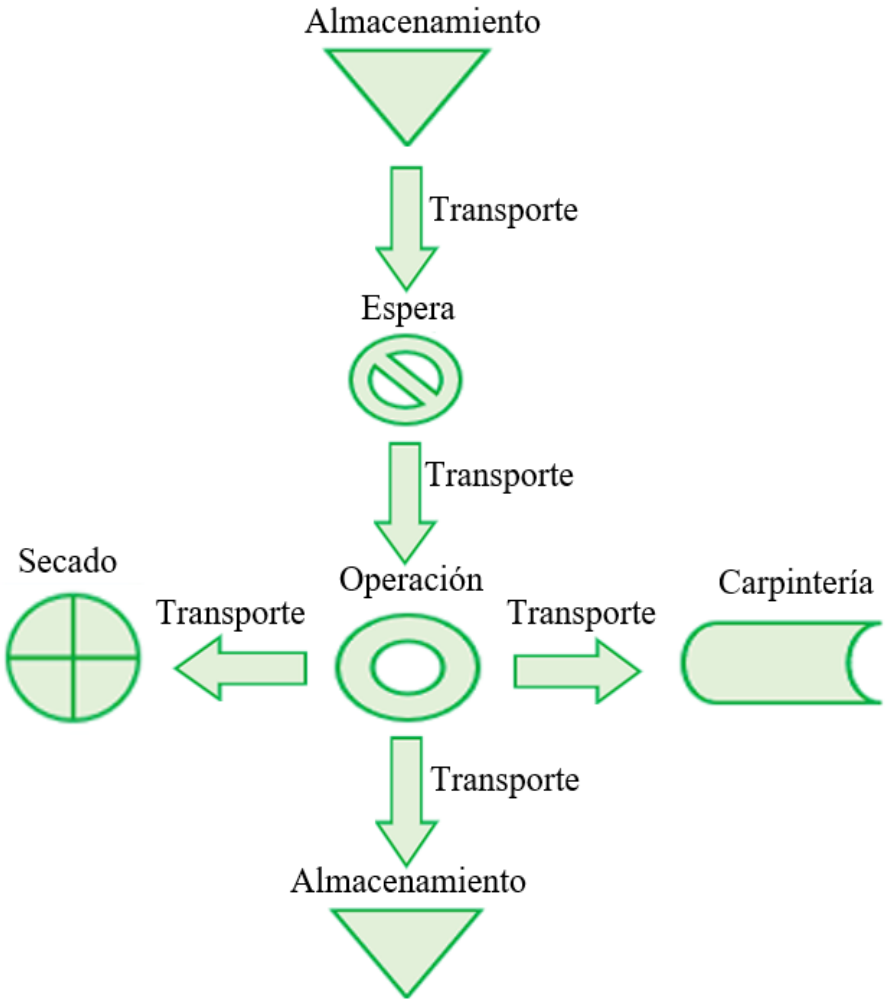
La metodología se basó en la inspección y control de tiempos operativos de los procesos de aserrado de primera transformación y se utilizaron fórmulas matemáticas en relación a las etapas de producción. Esta aproximación cuantitativa proporciono la identificación de las áreas a mejorar y optimizar en las operaciones que realizo la maderera.

2.3.1. Establecimiento del flujo de producción

Se realizo una lista de cada uno de los procesos de aserrío de la madera, desde el patio de acopio hasta el producto terminado. Posteriormente se construyó un diagrama del flujo de producción donde se indican cada una de los procesos de la madera desde que inició y termino el proceso de transformación primaria. El estudio concluyó con la observación y descripción de la(s) función (es) de los trabajadores en cada una de las etapas presentes en el proceso de aserrío.

Figura 2

Simbología



2.3.2. Selección y pintado de cuartones a evaluar.

Se realizó una selección de los cuartones con mayor volumen, luego se procedió al pintando de uno de los extremos de los cuartones con la finalidad de bríndales un código y evitar confusiones al momento de anotar los resultados (figura 3). Esta marcación se realizó previamente un día antes de que las trozas inicien el proceso de aserio (Guallpa *et al*., 2019).

Figura 3

Marcado de trozas y cubicación de cuartones

2.3.3. Medición y cubicación de los cuartones.

Para llevar a cabo la cubicación de los cuartones, se utilizó una cinta métrica (wincha) con precisión. Se midieron tres dimensiones: el espesor, el ancho y la longitud (figura 3). Estas mediciones fueron fundamentales para determinar el volumen de cada uno de los cuartones estudiados. Posteriormente se desarrolló la fórmula utilizada por (Muñoz, 2006).

Ecuación 2.

$$V_{ma} = G * A * L$$

Donde:
V_{ma} = Volumen de madera aserrada (m^3).
G = Grueso de la pieza aserrada o espesor (m).
A = Ancho de la pieza aserrada (m).
L = Longitud de la pieza aserrada (m).

2.3.4. Medición y cubicación de volumen de madera procesada.

Para realizar la cubicación de la madera que paso el proceso de aserrío primario en la madera (tablas, soleras y listones) se utilizó una cinta métrica (wincha) con precisión. El espesor, el ancho y la longitud fueron las dimensiones medidas para cada uno de los productos obtenidos. Posteriormente se desarrolló la fórmula utilizada por (Guallpa, 2018; Andrade *et al*., 2012)

Ecuación 3.

$$V_{mp} = G * A * L$$

Donde:
V_{mp} = Volumen de madera procesada (m^3).
G = Grueso de la pieza aserrada o espesor (m).
A = Ancho de la pieza aserrada (m).
L = Longitud de la pieza aserrada (m).

2.3.5. Rendimiento de madera aserrada (%)

Para el cálculo del rendimiento de la madera aserrada se tendrá en cuenta los volúmenes de madera prima y el volumen de los productos obtenidos, con la siguiente formula (Guallpa *et al*. 2019; Quirós *et al*., 2005).

Ecuación 4.

$$R = \frac{V_{mp}}{V_{ma}} * 100$$

Donde:
$R\%$ = Rendimiento de madera aserrada en porciento
V_{mp} = Volumen de las tablas, grueso, ancho y largo nominal (m^3)
V_{ma} = Volumen de madera aserrada (m^3).

2.3.6. Registro de tiempos operativos.

Se desarrolló la metodología denominada “vuelta a cero”. Consistió básicamente que el cronómetro se encontraba en cero cuando la troza empieza el proceso de transformación primaria y avanza conforme la ejecución del proceso y finalmente se detuvo para realizar la respectiva lectura y escrita del tiempo controlado y rápidamente se colocó el cronometro en cero listo para iniciar una nueva ejecución de transformación primaria de otra troza (Coronel *et al.* 2012).

1. Tiempo de carga (T_C)

   Se controlo el tiempo que se demoró en levantar la troza al carrete, incluyendo el tiempo que se tomó en la colocación del gancho maderero que se utilizó para el acercamiento y aseguramiento de la troza en el carrete.

2. Tiempo de aserrado (T_A)

   Se registró el tiempo que se retardo la troza únicamente en cuando las máquinas realizaron los cortes. Cabe resaltar que este tiempo en unos casos fue diferente debido a las medidas de la troza.

3. Tiempo de retroceso del carro escuadra (T_R)

   Se fiscalizo los tiempos que se demoró en los retrocesos del carro escuadra para el cambio de posición a la troza o para el procesamiento de una nueva troza.

4. Tiempo operativo o tiempo total. (T_{OP})

   Es la suma de todos los tiempos: tiempo de aserrado, tiempo de retroceso del carro escuadra y tiempo de carga.

Ecuación 5.

$$T_{OP} = T_C + T_A + T_R$$

2.3.7. Cálculo de la productividad

Fue la relación del volumen de madera aserrada o procesada, con el tiempo operativo.

Ecuación 6.

$$P = \frac{V_A}{T_{OP}}$$

Donde:
P : productividad (m^3/h/h)
V_A : volumen de madera aserrada (m^3)
T_{OP}: tiempo operativo (h)

2.3.8. Determinación de los desperdicios

El volumen de los desperdicios fue el resultado de la diferencia del volumen de las trozas y el volumen de madera aserrada comercial y recuperación.

2.3.9. Análisis estadístico de datos

Para el análisis de los datos obtenidos, se emplearon técnicas estadísticas de regresión y correlación con el fin de evaluar las relaciones entre las variables involucradas en el estudio. Con la finalidad de identificar y cuantificar la influencia de las variables independientes sobre la variable dependiente, así como determinar la fuerza y dirección de la asociación entre ellas. El modelo de regresión lineal permitió obtener los valores de la variable dependiente en función de una o más variables independientes. El coeficiente de correlación de Pearson permitió medir el grado de asociación entre las variables. Este coeficiente facilitó determinar si existía una relación lineal significativa entre las variables analizadas y la dirección de dicha relación. Según Little, (1990) los valores que se aproxime a +/- 1 indica que tiene fuerte relación entre las variables que se analiza. Sin embargo, los valores que se aproximan a cero indican una nula o débil relación entre las variables.

Ecuación 7

$$y = a + bx$$

Donde:
Y = Es el valor estimado de y
a = Constante o punto donde la recta corta al eje de la "x"
b = Es la pendiente o coeficiente de regresión
X = Valor real o independiente

La constante "a" se obtiene a través de:

Ecuación 8

$$a = \frac{\sum y - b * \sum x}{n}$$

El coeficiente de regresión "b" se obtiene:

Ecuación 9

$$b = \frac{n * \sum xy - \sum x * \sum y}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Ecuación 9

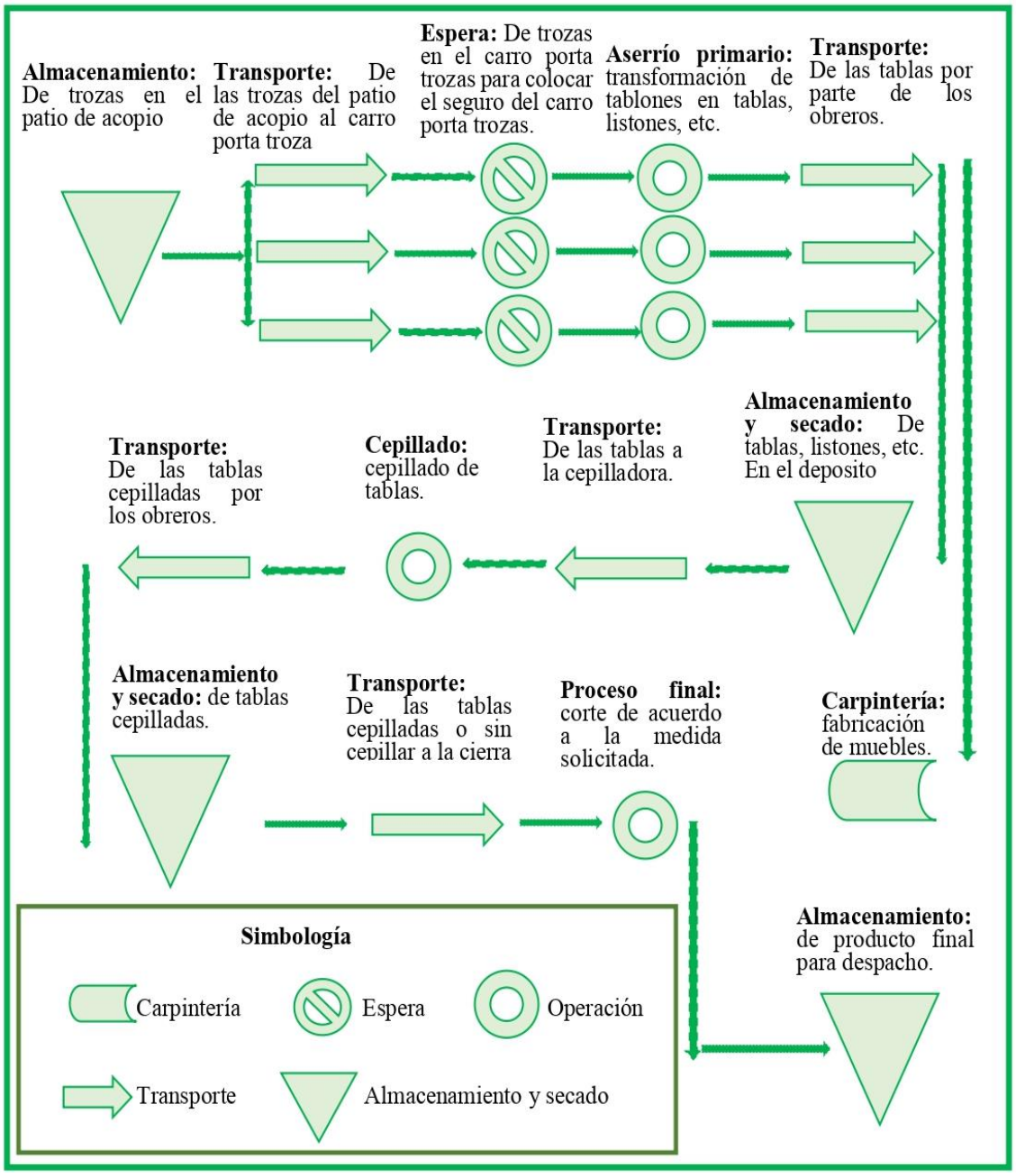
$$R = \frac{(n * \sum xy - \sum x * \sum Y)}{\sqrt{(n * \sum x^2 - (\sum x)^2)(n * \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

III. RESULTADOS

3.1. Diagrama de flujo de producción de la maderera el Parral

Figura 4

Diagrama de flujo de producción de la maderera el Parral



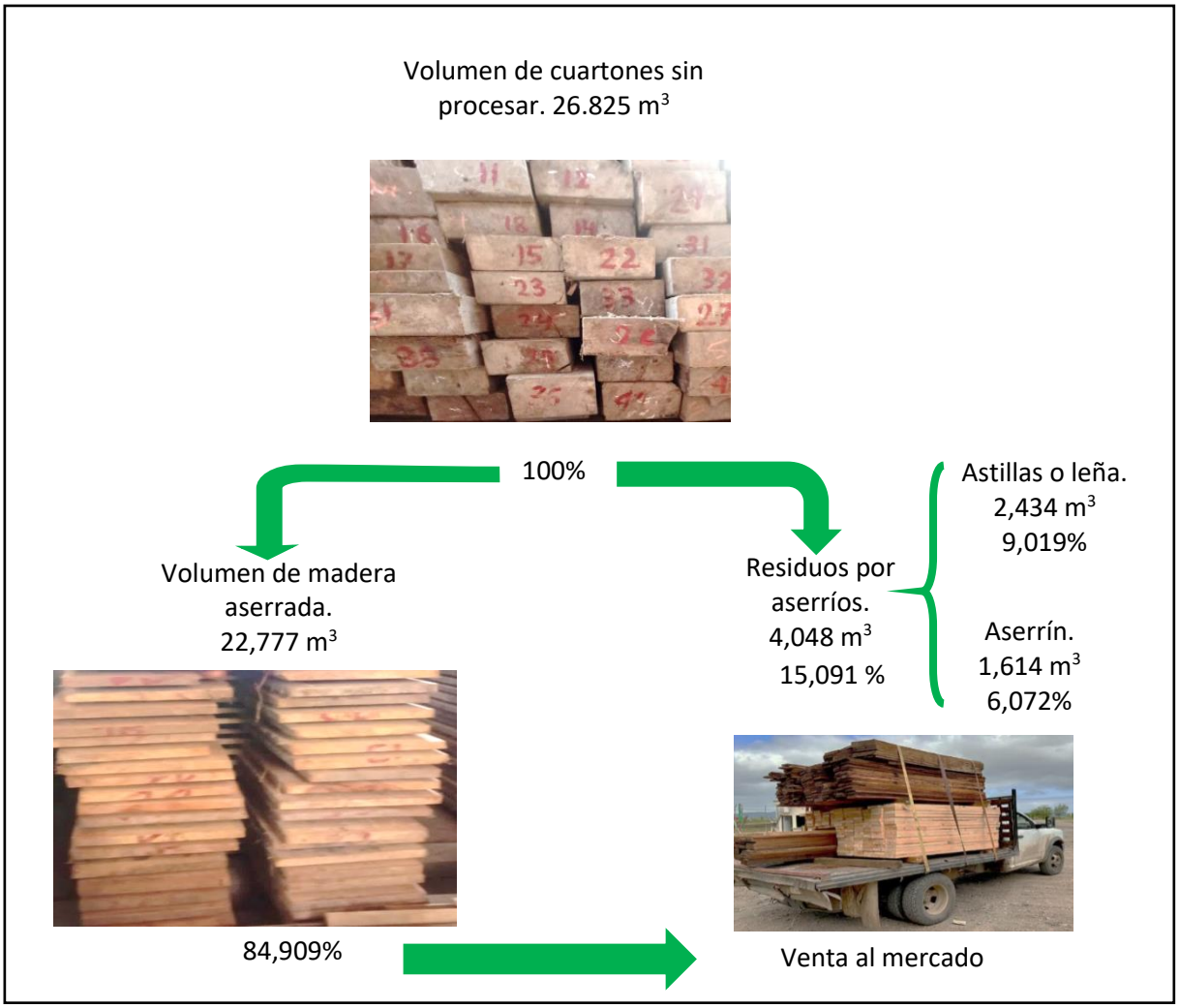
La figura 4 representa el esquema de trabajo de la maderera el Parral que abarca un área de aproximadamente 0,4 ha, el mismo que incluye 14 símbolos dentro de los cuales se

encuentra los procesos de almacenamiento (4), transporte (5), espera (1), aserrío primario (1), cepillado (1), además del proceso final (1). Específicamente este diagrama de flujo se basa en un proceso completo debido a que la maderera el Parral está clasificado como un aserradero pequeño, así mismo se debe resaltar que cuenta con su propia área de carpintería completamente equipada.

En la figura 5 se determinó y expreso en un diagrama de flujo del volumen de madera que ingresa, madera que se pierde y madera que sale en el proceso de aserrío. Ingresó un volumen de 26,825 m3 (100%). Mediante el proceso de aserrío se obtuvo un volumen de 22,777 m^3 (84,909%) de madera procesada y lista para ser despachada, dentro de este proceso se realiza el descantado de cuartones que es considerado como residuos de aserrío (leña) de los cuales se obtuvo un volumen de 4,048 m^3 (15,091%).

Figura 5

Diagrama productivo de volumen producido en la maderera



3.2. Cálculo del volumen inicial y volumen final en el aserradero EL Parral.

3.2.1 Volumen inicial

En la tabla 03 se indica el volumen inicial de los 220 cuartones de *Ceiba pentranda* que fueron estudiados. Se observa que los cuartones 13 y 14 de la muestra 04 obtuvieron el menor volumen inicial (0,93 m^3), mientras que el cuartón 01 de la muestra 01 alcanzó el mayor volumen inicial (0,155 m^3). Así mismo, el volumen inicial total obtenido de todas las muestras fue de 26,825 m^3.

Tabla 3

Volumen inicial de las muestras estudiadas

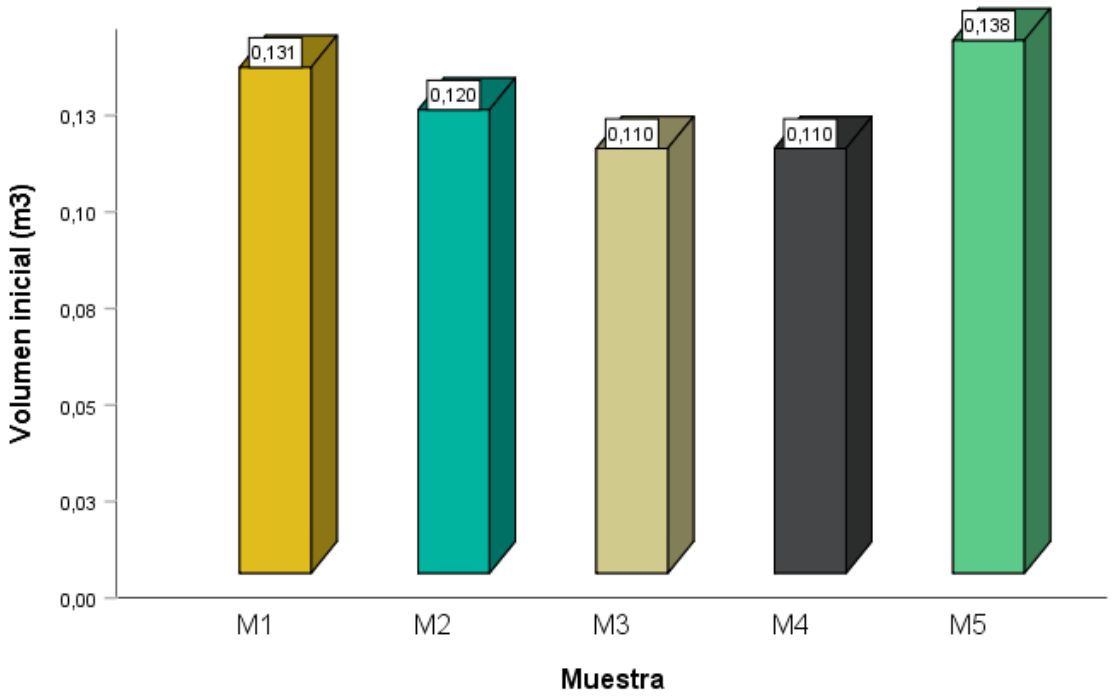
Nº de cuartón	Volumen (m^3) Muestra 1	Volumen (m^3) Muestra 2	Volumen (m^3) Muestra 3	Volumen (m^3) Muestra 4	Volumen (m^3) Muestra 5
1	0,155	0,117	0,116	0,117	0,130
2	0,131	0,118	0,108	0,113	0,131
3	0,134	0,124	0,102	0,104	0,130
4	0,148	0,138	0,109	0,106	0,133
5	0,138	0,129	0,117	0,113	0,135
6	0,140	0,119	0,123	0,111	0,139
7	0,147	0,108	0,102	0,113	0,131
8	0,136	0,122	0,106	0,117	0,141
9	0,136	0,133	0,106	0,112	0,140
10	0,141	0,123	0,109	0,113	0,144
11	0,155	0,113	0,114	0,113	0,144
12	0,117	0,112	0,111	0,102	0,134
13	0,106	0,109	0,110	0,093	0,136
14	0,142	0,113	0,105	0,093	0,139
15	0,139	0,114	0,117	0,119	0,136
16	0,138	0,139	0,115	0,110	0,139
17	0,137	0,111	0,115	0,113	0,133
18	0,132	0,116	0,115	0,115	0,140

19	0,107	0,121	0,123	0,097	0,138
20	0,138	0,121	0,110	0,112	0,135
21	0,134	0,131	0,106	0,102	0,134
22	0,135	0,129	0,115	0,117	0,142
23	0,120	0,110	0,115	0,100	0,141
24	0,125	0,128	0,113	0,108	0,137
25	0,147	0,111	0,105	0,106	0,139
26	0,144	0,110	0,119	0,103	0,140
27	0,104	0,112	0,110	0,100	0,140
28	0,125	0,105	0,103	0,121	0,135
29	0,133	0,133	0,110	0,118	0,142
30	0,141	0,114	0,107	0,106	0,133
31	0,128	0,130	0,110	0,109	0,131
32	0,130	0,112	0,118	0,115	0,142
33	0,109	0,119	0,115	0,111	0,147
34	0,146	0,113	0,109	0,110	0,143
35	0,136	0,110	0,110	0,111	0,142
36	0,104	0,113	0,107	0,109	0,140
37	0,132	0,116	0,103	0,103	0,135
38	0,134	0,137	0,106	0,115	0,142
39	0,097	0,114	0,103	0,107	0,136
40	0,124	0,111	0,106	0,115	0,139
41	0,130	0,138	0,113	0,113	0,142
42	0,135	0,151	0,095	0,114	0,135
43	0,121	0,140	0,114	0,117	0,147
44	0,107	0,110	0,111	0,124	0,142
TOTAL	**5,758**	**5,297**	**4,856**	**4,840**	**6,074**

En la figura 6 se evidencia el volumen inicial promedio de las 05 muestras estudiadas, conformadas por 44 cuartones cada una de la especie *Ceiba pentandra L*. Las muestras 03 y 04 obtuvieron el menor volumen promedio con 0,110 m^3, por otro lado, la nuestra 05 arrojó el mayor volumen inicial con 0,138 m^3, siendo la muestra con mayor volumen inicial. En general esta investigación contó con volumen promedio de 0,121 m^3.

Figura 6

Volumen inicial promedio (m^3) de cada muestra



Nota. M: muestra

3.2.2 Volumen final

En el volumen final de los 220 cuartones de *Ceiba pentranda* que fueron estudiados se obtuvo el menor volumen final (0,075 m^3) en el cuartón 14 de la muestra 04, mientras los cuartones 10 y 11 de la muestra 05 alcanzó el mayor volumen final (0,125 m^3). El volumen final total obtenido de todas las muestras fue de 22,777 m^3. (Tabla 04)

Tabla 4

Volumen final de las muestras estudiadas

Nº de cuartón	Volumen (m^3) Muestra 1	Volumen (m^3) Muestra 2	Volumen (m^3) Muestra 3	Volumen (m^3) Muestra 4	Volumen (m^3) Muestra 5
1	0,118	0,101	0,087	0,099	0,117
2	0,120	0,098	0,088	0,085	0,118
3	0,099	0,100	0,086	0,091	0,113

4	0,124	0,120	0,085	0,082	0,116
5	0,101	0,100	0,099	0,096	0,118
6	0,122	0,103	0,100	0,087	0,118
7	0,124	0,100	0,089	0,099	0,114
8	0,125	0,099	0,083	0,103	0,124
9	0,120	0,120	0,086	0,099	0,121
10	0,121	0,100	0,088	0,082	0,125
11	0,123	0,100	0,100	0,099	0,125
12	0,098	0,100	0,087	0,086	0,119
13	0,080	0,098	0,096	0,078	0,121
14	0,122	0,098	0,092	0,075	0,120
15	0,118	0,098	0,088	0,102	0,124
16	0,119	0,119	0,101	0,097	0,123
17	0,121	0,096	0,101	0,099	0,118
18	0,105	0,098	0,097	0,098	0,121
19	0,096	0,100	0,093	0,087	0,123
20	0,122	0,099	0,086	0,097	0,119
21	0,118	0,118	0,083	0,090	0,120
22	0,116	0,118	0,101	0,097	0,122
23	0,097	0,099	0,094	0,088	0,122
24	0,115	0,098	0,100	0,081	0,123
25	0,125	0,100	0,089	0,086	0,124
26	0,121	0,099	0,090	0,082	0,123
27	0,082	0,098	0,090	0,082	0,121
28	0,102	0,080	0,080	0,089	0,121
29	0,118	0,119	0,093	0,100	0,123
30	0,119	0,100	0,083	0,093	0,119
31	0,101	0,117	0,086	0,085	0,117
32	0,098	0,097	0,087	0,090	0,122
33	0,099	0,100	0,090	0,098	0,120
34	0,121	0,099	0,092	0,097	0,120
35	0,117	0,098	0,086	0,091	0,123
36	0,096	0,101	0,094	0,092	0,118

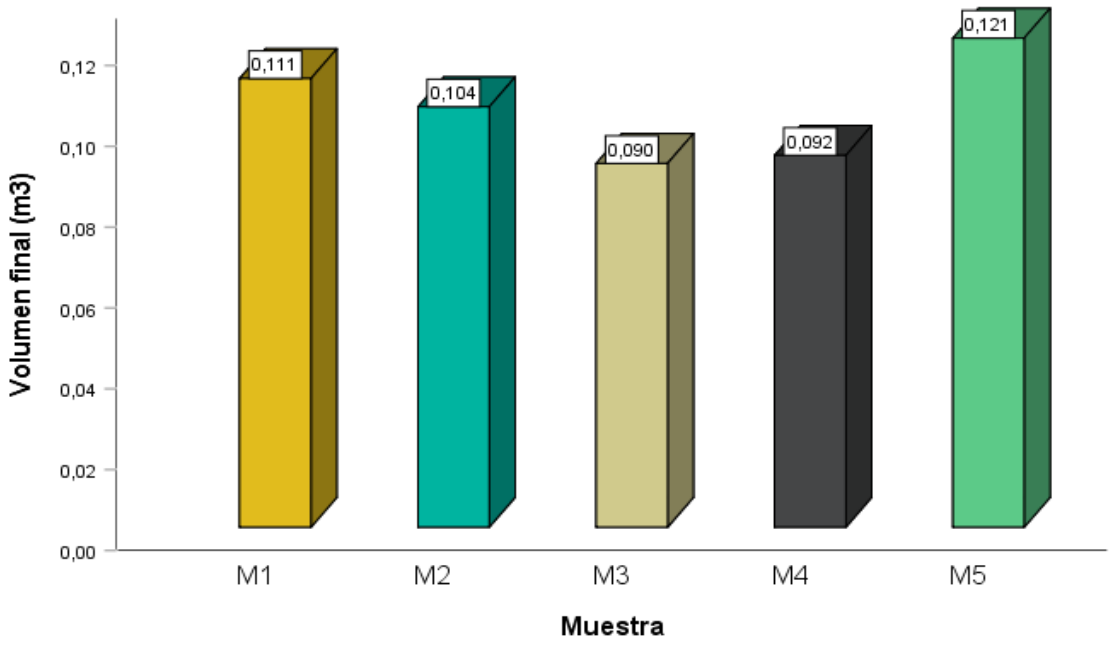
37	0,121	0,100	0,090	0,091	0,121
38	0,101	0,116	0,083	0,098	0,123
39	0,082	0,100	0,080	0,094	0,122
40	0,117	0,098	0,083	0,090	0,122
41	0,115	0,117	0,099	0,099	0,123
42	0,117	0,122	0,077	0,097	0,117
43	0,099	0,122	0,101	0,101	0,120
44	0,101	0,098	0,094	0,105	0,123
TOTAL	4,876	4,561	3,977	4,057	5,306

Volumen final promedio

En la figura 7 se explica el volumen final promedio de las 05 muestras estudiadas, conformadas por 44 cuartones cada una de la especie *Ceiba pentandra L*. Se observa que la muestras 03 tiene el menor volumen promedio con 0,090 m^3, mientras que la nuestra 05 tiene el mayor volumen final con 0,121 m^3. En general esta investigación sostuvo un volumen final promedio de 0,104 m^3.

Figura 7

Volumen final promedio (m^3) de cada muestra



Nota. M: muestra

2.2.3 Productos obtenidos

En la tabla 05 se presenta los 1094 productos obtenidos en el proceso se aserrío (tablas, soleras y listones). En la muestra 1 se obtuvo 244 tablas, para la muestra 2 se obtuvo 230 tablas, em la muestra 3 se obtuvo 156 tablas y 20 soleras, muestra 4 se obtuvo 143 tablas y 31 soleras y en la muestra 5 se obtuvo 24 tablas, 34 soleras y 212 listones. Sumando un volumen de 16,339 (m^3) equivalente a 797 tablas, 2,558 (m^3) lo que corresponde a 85 soleras y 3,931 (m^3) llegando a ser 212 listones.

Tabla 5

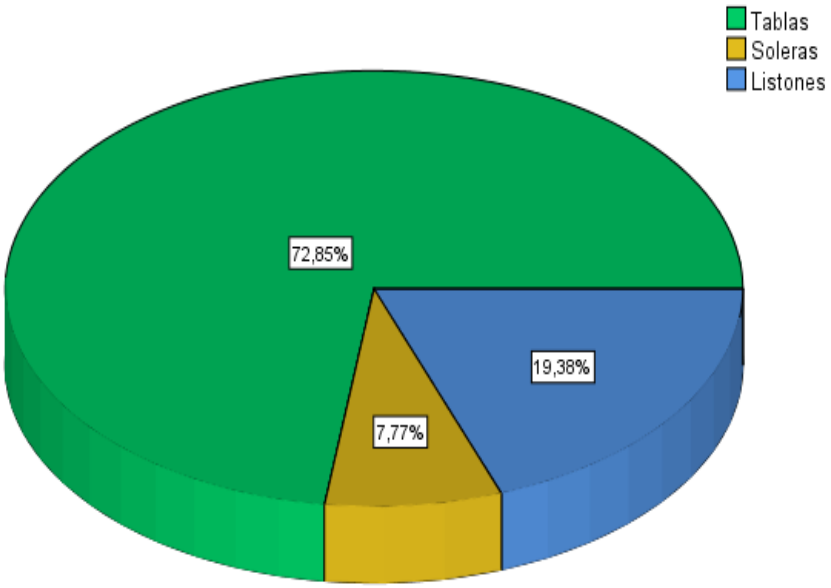
Productos obtenidos

Muestra	Tablas	Solera	Listones
1	244		
2	230		
3	156	20	
4	143	31	
5	24	34	212
TOTAL	**797**	**85**	**212**
Volumen m^3	**16,339**	**2,558**	**3,931**

La figura 8 muestra la distribución porcentual de productos de madera aserrada después del proceso de primera transformación. La mayor proporción, 72,85%, corresponde a las piezas de tablas siendo su principal producto de la maderera “El Parral”, seguidas por las piezas de listones con 19,38 %. mientras que las piezas de soleras tienen la menor participación con el 7,77%.

Figura 8

Productos obtenidos



2.2.4 Rendimiento

En la tabla 06 muestra el rendimiento (%) de los 220 cuartones de *Ceiba pentranda* que fueron estudiados. Se observa que el cuartón 10 de la muestra 04 obtuvo el menor rendimiento (72,571%), mientras que el cuartón 40 de la muestra 01 alcanzó el mayor rendimiento (94,273%). El rendimiento total obtenido de todas las muestras fue de 84,906%.

Tabla 6

Rendimiento

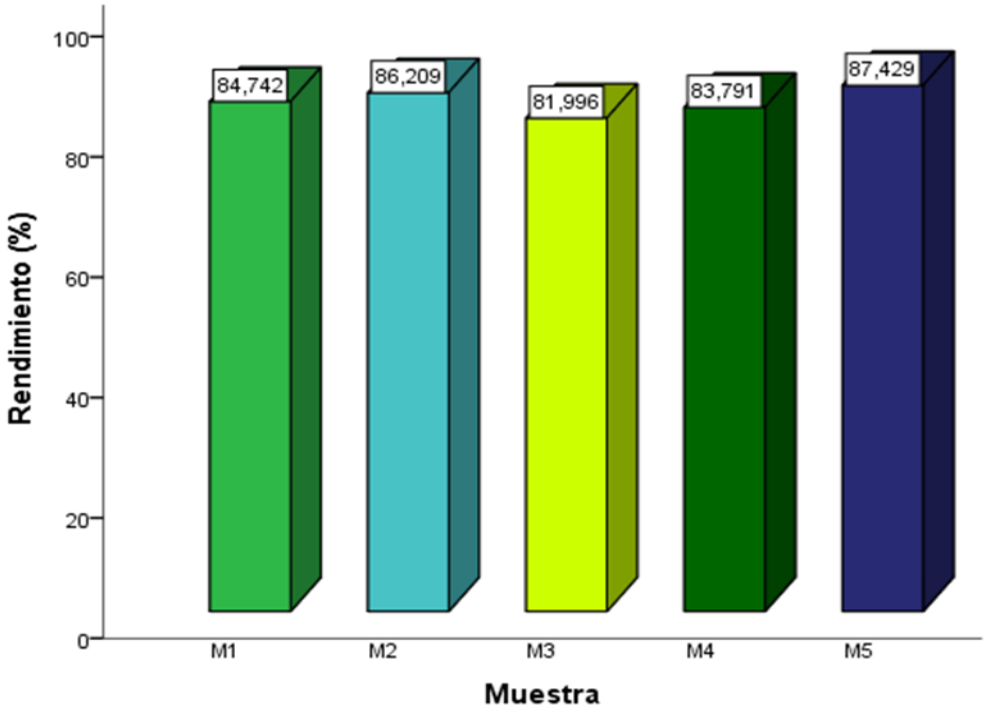
Nº de cuartón	Rendimiento (%) Muestra 1	Rendimiento (%) Muestra 2	Rendimiento (%) Muestra 3	Rendimiento (%) Muestra 4	Rendimiento (%) Muestra 5
1	75,847	85,812	75,259	84,667	90,129
2	91,563	83,408	81,280	75,259	90,129
3	74,094	80,942	84,667	87,923	87,313
4	83,715	87,094	78,154	76,970	87,313
5	72,936	77,761	84,667	84,667	87,313

6	87,524	86,031	81,643	78,154	84,969
7	84,476	92,483	87,923	87,923	87,313
8	91,563	81,001	78,154	87,923	87,578
9	88,172	90,117	81,280	87,923	86,395
10	85,500	81,855	81,280	72,571	86,588
11	79,603	89,062	87,923	87,923	86,606
12	83,973	89,394	78,154	84,667	88,892
13	75,576	90,068	87,923	84,667	88,977
14	85,500	86,869	87,923	80,818	86,356
15	84,871	85,723	75,259	85,299	91,296
16	86,569	85,913	87,923	87,923	88,693
17	88,172	86,258	87,923	87,923	88,827
18	79,554	84,196	84,667	84,667	86,395
19	90,433	82,641	75,259	89,297	89,606
20	88,172	81,266	78,154	86,591	88,486
21	88,172	89,742	78,154	87,923	89,606
22	85,519	91,846	87,923	82,826	86,405
23	81,389	90,086	81,643	87,923	86,405
24	91,917	76,413	87,923	75,259	89,606
25	84,551	90,402	84,667	81,280	89,606
26	83,918	90,412	75,259	79,375	87,976
27	78,375	87,083	81,280	81,280	86,405
28	82,020	75,965	78,154	73,623	89,606
29	88,172	89,741	84,667	84,667	86,405
30	84,551	87,384	78,154	87,923	89,606
31	78,375	89,956	78,154	78,154	89,606
32	75,576	86,828	73,357	78,154	85,974
33	90,769	84,259	78,154	87,923	81,323
34	82,985	87,126	84,667	87,923	84,335
35	85,944	88,726	78,154	81,643	86,405
36	92,139	89,742	87,923	84,667	84,335
37	91,563	86,484	87,923	87,923	89,595
38	75,576	85,019	78,154	84,667	86,512

39	83,945	87,733	78,154	87,923	89,637
40	94,273	88,467	78,154	78,154	87,578
41	88,788	84,798	87,923	87,923	86,890
42	86,569	80,784	81,280	84,667	86,060
43	81,851	86,988	87,923	86,591	81,323
44	93,911	89,333	84,667	84,667	86,493
TOTAL	**84,637**	**86,130**	**81,964**	**83,758**	**87,380**

Para el rendimiento promedio de las 05 muestras estudiadas, conformadas por 44 cuartones cada una de la especie *Ceiba pentandra L*. se presentó la figura 9. Donde se define que la muestras 03 tiene el menor rendimiento promedio con 81,996%, a su vez la muestra 05 tiene el mayor rendimiento promedio con 87,429%. Esta investigación contó con un rendimiento promedio general de 84,834 %. Este resultado hace referencia que, en promedio, el 15,166% del volumen inicial aproximadamente se perdió durante el proceso de aserrío, generalmente en aserrín y cantero de cuartones.

Figura 9
Rendimiento promedio (%) por cada muestra



Nota. M: muestra

3.3. Calcular los tiempos operativos de la mano de obra y de la maquinaria en el proceso de aserrío

3.3.1. Tiempo operativo

La tabla 07 muestra los tiempos operativos de los 220 cuartones de *Ceiba pentranda* que fueron estudiados. El menor tiempo operativo se controló en los cuartones 13 y 14 de la muestra 04 con 0,045 horas, mientras que el mayor tiempo operativo se controló en el cuartón 42 de la muestra 02 con 0,105 horas. El tiempo operativo general controlado en el esta investigación fue de 15,461 horas

Tabla 7

Tiempo operativo

Nº de cuartón	Tiempo operativo (h) Muestra 1	Tiempo operativo (h) Muestra 2	Tiempo operativo (h) Muestra 3	Tiempo operativo (h) Muestra 4	Tiempo operativo (h) Muestra 5
1	0,079	0,094	0,069	0,064	0,052
2	0,088	0,079	0,060	0,061	0,052
3	0,065	0,085	0,053	0,056	0,056
4	0,084	0,100	0,060	0,053	0,058
5	0,077	0,088	0,061	0,053	0,059
6	0,089	0,095	0,054	0,068	0,069
7	0,078	0,089	0,061	0,055	0,060
8	0,089	0,087	0,058	0,052	0,070
9	0,083	0,089	0,058	0,053	0,073
10	0,085	0,096	0,086	0,053	0,078
11	0,088	0,101	0,056	0,062	0,077
12	0,073	0,080	0,053	0,062	0,074
13	0,062	0,088	0,079	0,045	0,089
14	0,081	0,095	0,068	0,045	0,080
15	0,083	0,091	0,056	0,063	0,062
16	0,091	0,092	0,053	0,068	0,055
17	0,086	0,090	0,057	0,056	0,052

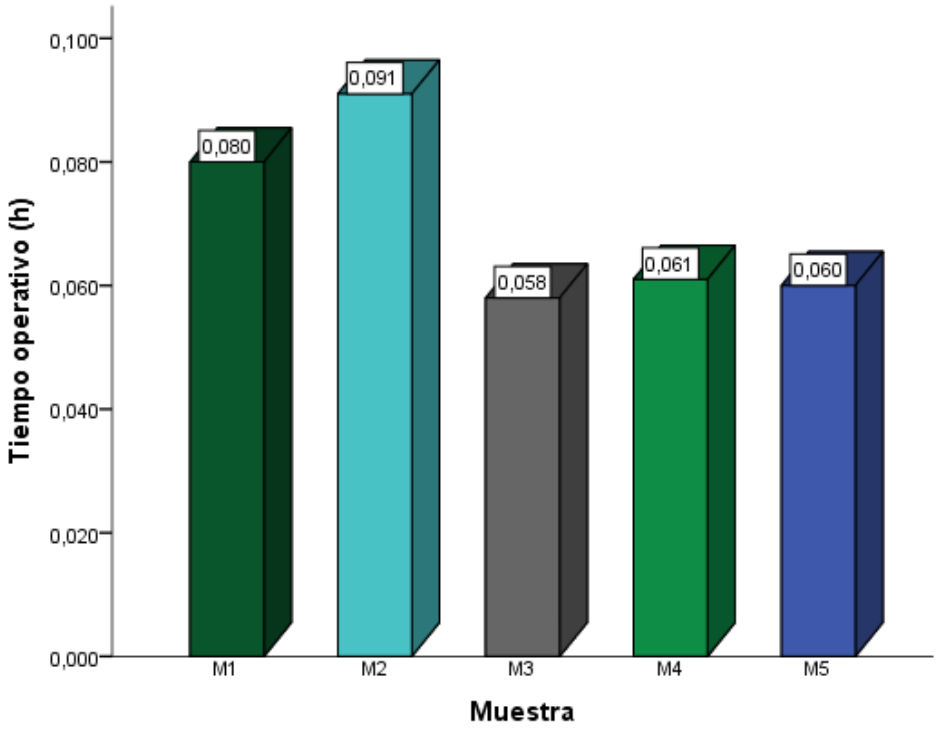
18	0,079	0,087	0,058	0,070	0,073
19	0,073	0,090	0,064	0,066	0,049
20	0,088	0,084	0,063	0,065	0,061
21	0,079	0,098	0,053	0,058	0,052
22	0,086	0,097	0,057	0,057	0,054
23	0,074	0,087	0,059	0,054	0,046
24	0,086	0,095	0,057	0,073	0,046
25	0,072	0,085	0,060	0,061	0,048
26	0,089	0,077	0,055	0,061	0,054
27	0,070	0,071	0,058	0,068	0,060
28	0,069	0,091	0,057	0,065	0,053
29	0,069	0,095	0,048	0,062	0,056
30	0,096	0,087	0,051	0,061	0,058
31	0,082	0,098	0,052	0,068	0,062
32	0,090	0,086	0,051	0,063	0,056
33	0,074	0,091	0,054	0,067	0,063
34	0,074	0,101	0,058	0,068	0,062
35	0,081	0,104	0,057	0,068	0,058
36	0,069	0,094	0,051	0,061	0,059
37	0,074	0,100	0,053	0,064	0,062
38	0,079	0,102	0,053	0,069	0,059
39	0,078	0,088	0,048	0,063	0,060
40	0,088	0,088	0,053	0,062	0,065
41	0,086	0,099	0,055	0,064	0,064
42	0,085	0,105	0,057	0,060	0,062
43	0,081	0,089	0,053	0,068	0,063
44	0,079	0,096	0,065	0,063	0,058
TOTAL	3,531	4,024	2,542	2,698	2,679

Tiempo operativo promedio

La figura 10 representa el tiempo operativo promedio de las 05 muestras estudiadas, conformadas por 44 cuartones cada una de la especie *Ceiba pentandra L*. Se define que la muestras 03 tiene el menor tiempo operativo promedio con 0,058 horas, mientras que la nuestra 02 tiene el mayor tiempo operativo promedio con 0,091 horas. En esta investigación se controló un tiempo operativo promedio total de 0,070 horas.

Figura 10

Tiempo operativo promedio (h) de cada muestra



Nota. M: muestra

3.2.2. Productividad

La productividad de los 220 cuartones de *Ceiba pentranda* que fueron estudiados se indican en la tabla 8, donde la menor productividad se calculó en el cuartón 28 de la muestra 02 con 0,876 m^3/h/h, de igual forma la mayor productividad se calculó en el cuartón 24 de la muestra 05 con 2,660 m^3/h/h. La productividad general encontrada en esta investigación fue de 1,472 m^3/h/h.

Tabla 8

Productividad

Nº de cuartón	Productividad (m^3/h/h) Muestra 1	Productividad (m^3/h/h) Muestra 2	Productividad (m^3/h/h) Muestra 3	Productividad (m^3/h/h) Muestra 4	Productividad (m^3/h/h) Muestra 5
1	1,483	1,076	1,270	1,560	2,250
2	1,364	1,243	1,463	1,390	2,253
3	1,520	1,178	1,616	1,645	2,018
4	1,478	1,203	1,413	1,544	1,992
5	1,310	1,132	1,643	1,820	2,003
6	1,378	1,082	1,842	1,283	1,723
7	1,589	1,124	1,476	1,794	1,910
8	1,399	1,144	1,430	1,986	1,760
9	1,453	1,350	1,497	1,878	1,650
10	1,425	1,046	1,030	1,538	1,597
11	1,397	0,992	1,806	1,609	1,634
12	1,356	1,245	1,634	1,385	1,609
13	1,301	1,114	1,219	1,727	1,358
14	1,498	1,029	1,361	1,657	1,492
15	1,412	1,083	1,567	1,628	2,004
16	1,304	1,298	1,909	1,427	2,249
17	1,398	1,124	1,781	1,788	2,266
18	1,322	1,123	1,688	1,388	1,658
19	1,330	1,106	1,460	1,320	2,505
20	1,389	1,175	1,361	1,479	1,953
21	1,492	1,196	1,562	1,555	2,312
22	1,352	1,222	1,783	1,720	2,280
23	1,308	1,143	1,579	1,638	2,619
24	1,340	1,029	1,733	1,117	2,660
25	1,725	1,177	1,480	1,415	2,611
26	1,354	1,291	1,639	1,336	2,280
27	1,160	1,368	1,539	1,196	2,025

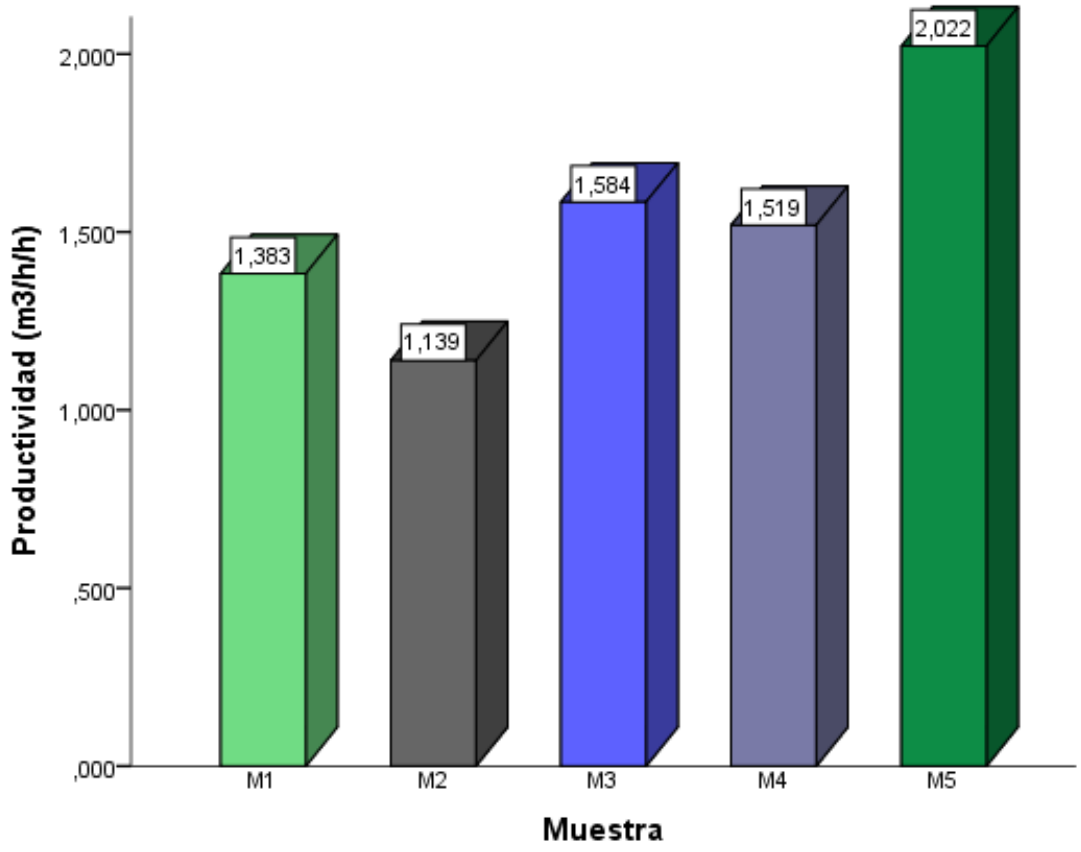
28	1,485	0,876	1,406	1,378	2,298
29	1,709	1,249	1,932	1,604	2,187
30	1,244	1,155	1,620	1,529	2,036
31	1,227	1,203	1,650	1,252	1,900
32	1,086	1,135	1,691	1,433	2,162
33	1,334	1,103	1,662	1,449	1,900
34	1,637	0,982	1,597	1,419	1,932
35	1,442	0,939	1,511	1,331	2,121
36	1,380	1,082	1,836	1,513	2,001
37	1,627	0,996	1,718	1,423	1,955
38	1,274	1,141	1,575	1,413	2,083
39	1,052	1,131	1,668	1,490	2,020
40	1,332	1,107	1,557	1,450	1,884
41	1,332	1,181	1,821	1,539	1,919
42	1,371	1,157	1,339	1,619	1,889
43	1,220	1,360	1,879	1,483	1,894
44	1,269	1,020	1,454	1,674	2,128
TOTAL	**1,379**	**1,135**	**1,570**	**1,504**	1,986

Productividad promedio por muestra.

En la figura 11 se puede evidenciar la productividad promedio de las 05 muestras estudiadas, conformadas por 44 cuartones cada una de la especie *Ceiba pentandra L.* lo que indica que la muestras 02 tiene la menor productividad promedio con 1,139 m^3/h/h, mientras que la nuestra 05 tiene la mayor productividad con 2,022 m^3/h/h. la productividad general promedio en esta investigación fue de 1, 486 m^3/h/h.

Figura 11

Productividad promedio (m^3/h/h) de cada muestra



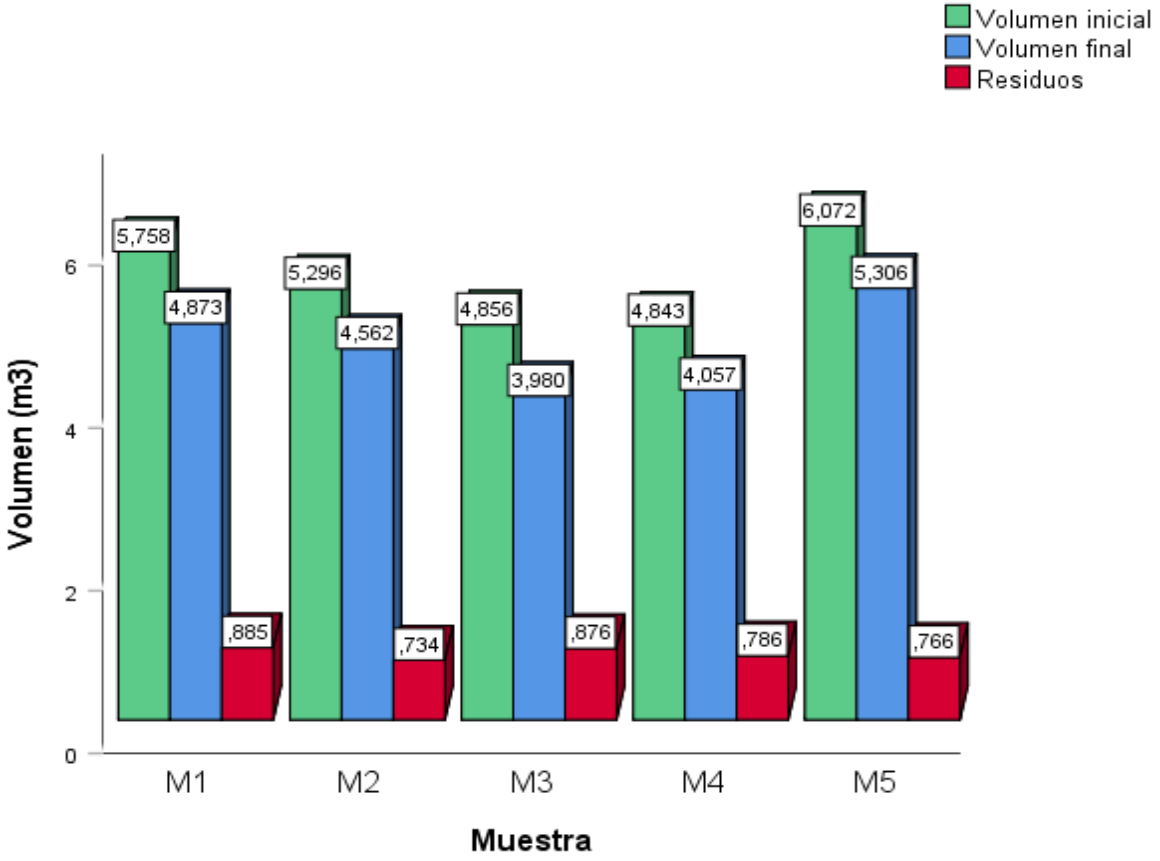
Nota. M: muestra

3.4. Análisis de residuos.

Los desechos que se producen en la etapa de transformación primaria consisten en aserrín y leña (pequeñas piezas con un espesor menor a una pulgada) de los cuartones aserrados. En la figura 12 se observa que la muestra 01 genero más residuos (0,885 m^3) de desechos, con un total de (4,873 m^3) de madera aprovechada y la muestra 02 genero menos residuos (0,734 m^3) con un total de (4,562 m^3) de madera aprovechada. Esta investigación tuvo en total (4,048 m^3) de residuos.

Figura 12

Residuos generados por cada muestra



Nota. M: muestra.

3.5. Estudio de regresión y correlación

Tabla 9

Valores para el análisis de regresión lineal del rendimiento

Variables	x	y
Promedio (x); (y)	0,122	0,104
Desviación estándar de la población (Sx); (Sy)	0,014	0,014
Suma de cuadrados ($\sum x^2$); ($\sum y^2$)	3,316	2,402
Suma total ($\sum x$); ($\sum y$)	26,825	22,777
Producto interior ($\sum xy$)	2,818	
Número de datos	220	

La ecuación de la recta es:

$$y = a + bx$$

El coeficiente de regresión “b” se obtiene:

$$b = \frac{220 * 2{,}818 - 26{,}825 * 22{,}777}{220 * 3{,}316 - (26{,}825)^2}$$

$$b = 0{,}902$$

El intercepto “a” se obtiene a través de:

$$a = \frac{22{,}777 - 0{,}902 * 26{,}825}{220}$$

$$a = -0{,}006$$

Ecuación obtenida

$$y = -0{,}006 + 0{,}902x$$

$$v_{final} = \ -0{,}006 + 0{,}902x \ (v_{inicial})$$

3,6,2, Cálculo del coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación (r) se obtiene:

$$r = \frac{(220 * 2{,}818 - \ 26{,}825 \ * \ 22{,}777)}{\sqrt{(\ 220 * 3{,}316 - (26{,}825)^2)(220 * 2{,}402 - \ (22{,}777)^2)}}$$

$$r = 0{,}919$$

R ajustado

$$r^2 = 0{,}844$$

En la figura 13 se muestra una dispersión de puntos que representa la relación entre el volumen inicial (eje X) y el volumen final (eje Y). Muestra que por cada unidad que aumenta el volumen inicial, el volumen final aumenta en promedio 0,902 unidades, lo que indica una fuerte relación lineal positiva entre el volumen inicial y final, pero no una clasificación perfecta.

Figura 13

Diagrama de dispersión lineal del rendimiento

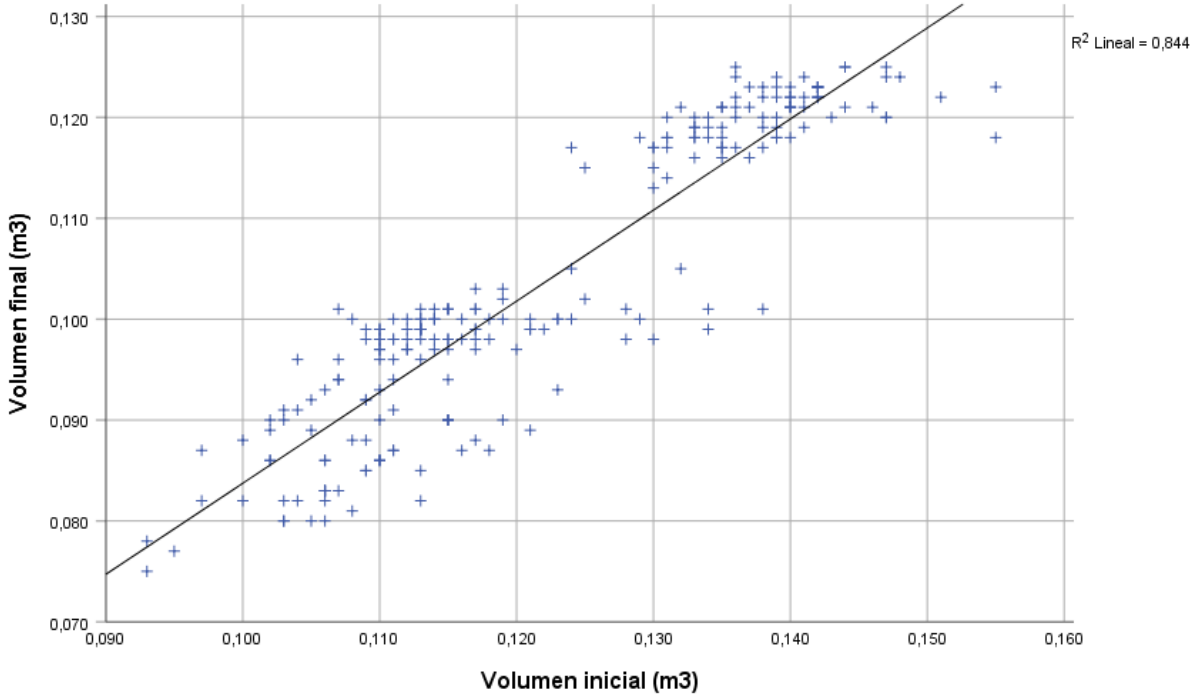


Tabla 10

Valores para el análisis de regresión lineal de la productividad

Variables	x	y
Promedio (x); (y)	0,104	0,070
Desviación estándar de la población (Sx); (Sy)	0,014	0,015
Suma de cuadrados (∑x2); (∑y2)	2,402	1,139
Suma total (∑x); (∑y)	22,777	15,474
Producto interior (∑xy)	1,614	
Número de datos	220	

La ecuación de la recta es:

$$y = a + bx$$

El coeficiente de regresión “b” se obtiene:

$$b = \frac{220 * 1{,}614 - 22{,}777 * 15{,}474}{220 * 2{,}402 - (22{,}777)^2}$$

$$b = 0{,}281$$

El intercepto “a” se obtiene a través de:

$$a = \frac{15{,}474 - 0{,}281 * 22{,}777}{220}$$

$$a = 0{,}041$$

Ecuación obtenida

$$y = 0{,}041 + 0{,}281x$$

$$Vmp = \ 0{,}041 + 0{,}281\ (T_{operativo})$$

3,6,2, Cálculo del coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación (r) se obtiene:

$$r = \frac{(220 * 1{,}614 - \ 22{,}777\ *\ 15{,}477)}{\sqrt{(\ 220 * 2{,}402 - (22{,}777)^2)(220 * 1{,}139 - \ (15{,}474)^2)}}$$

$$r = 0{,}260$$

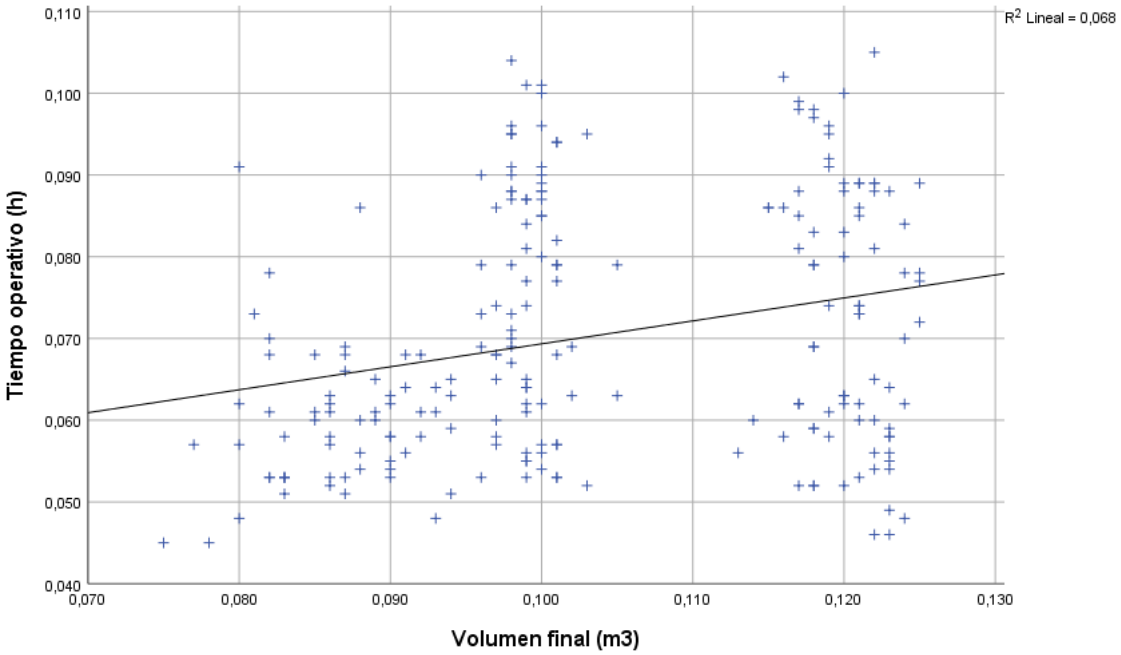
R ajustado

$$r^2 = 0{,}068$$

Para la figura 14 se observa una dispersión de puntos que representa la relación entre el volumen final (eje X) y el tiempo operativo (eje Y). La línea negra en la gráfica representa la línea de mejor ajuste (regresión lineal) para estos datos. La pendiente es muy ligera, lo que indica una débil relación positiva entre las variables. Se muestra solo un 6,8% de la variación explicada por el modelo. Esto sugiere que el tiempo operativo probablemente depende de otros factores no considerados.

Figura 14

Diagrama de dispersión lineal de la productividad



IV. DISCUSIONES

Como se muestra en el diagrama de flujo, en la maderera el parral, la madera aserrada se destina a la venta en el mercado. Esto sugiere que El Parral opera principalmente como proveedor de materia prima procesada, sin indicar procesamiento adicional in situ. En el presente estudio se muestran múltiples actividades que permiten la entrada de la materia prima (cuartones) y la salida del producto final, que para este caso son las tablas, soleras y listones. Según García et al. (2022), "los aserraderos que se enfocan en la producción de madera aserrada para el mercado deben estar particularmente atentos a las demandas y estándares de calidad del sector". Según Ríos (2024), el flujo de producción planificado nos permite el desplazamiento de una etapa a otra de manera fluida de la materia prima, durante todo el proceso de control, reduciendo tiempos de espera y evitando los tiempos muertos. En la maderera el parral, la distribución de los procesos en cada etapa sigue esta lógica, permitiendo un flujo ordenado desde el patio de acopio de los cuartones hasta la madera procesada.

Para los 3 tipos de productos obtenidos (tablas, listones y soleras) y tomando en cuenta a los cuartones como materia prima, la maderera “El Parral” obtuvo un rendimiento promedio de madera aserrada de 84,834 % de la especie *Ceiba pentranda*, estos resultados se muestran ligeramente superiores los datos obtenidos por *Leyva et al*., (2017) que estudió el rendimiento de la madera aserrada en los aserríos móviles LT 40 Yammar y Perkín, y el aserrío fijo marca Armentía de Cayo Güin, equivalente a un rendimiento medio de 70 % y 55,5 % respectivamente. Sin embargo, se puede ver una gran diferencia con relación al estudio realizado por Guallpa *et al*., (2019), donde el rendimiento en el proceso de transformación de madera en rollo a madera escuadrada de *Eucalyptus globulus* en dos aserraderos fue de 27,74 % para el aserradero A y de 48,84 % para el aserradero B. Estos resultados sugieren que, en madera de pequeñas dimensiones (cuartones), tal como la utilizada en el presente estudio, el rendimiento será mayor con respecto al rendimiento de madera rolliza, puesto que la materia prima es madera escuadrada teniendo cada uno de estas menos imperfecciones como torceduras, corteza, etc. Por lo tanto, se genera un menor porcentaje de desperdicio y mayor aprovechamiento de madera.

La alta tasa de aprovechamiento (84,834%) y la clasificación de residuos en la maderera “El Parral” sugieren un enfoque en la optimización de recursos. Aunque el rendimiento es alto, siempre hay espacio para la optimización. Rodríguez y Pérez (2021) sugiere que "la implementación de tecnologías de escaneo láser y corte computarizado puede incrementar el rendimiento en hasta un 3% adicional en aserraderos de escala similar".

El presente estudió indicó que para la productividad que corresponde al volumen en metros cúbicos de madera aserrada por hora se procesó en promedio 1,486 m^3/h/h. Este resultado es significativamente inferior a lo determinado por Magalhães *et al*., (2010) quien obtuvo una productividad resultante de 2,17 m^3/h/h en cortes de madera Pinus elliottii empleando también un aserradero portátil; igual a ello, Coronel *et al*., (2012) calculó una productividad de 2,32 m^3 /h. en el aserrado de Algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en Santiago del Estero, Argentina y el valor más elevado con una productividad de 7,57 m^3/h/h fue la calculada por Nájera et al., (2012) en Durango, México. Basado en lo ya mencionado, en un sentido estricto, la productividad obtenida en este estudio no guarda una relación estrecha con los datos antes citados, sin embargo, nos sirven para referencia al ser la información con resultados más semejantes, es por ello que se denota que “El parral” con una productividad de 1,525 m^3/h/h. es considerada deficiente, esto debido a que es un aserradero pequeño que cuenta como materia prima madera ya escuadrada (cuartón).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

La maderera el parral cuenta con un diseño de planta organizado y funcional, con suficientes espacios adecuados para realizar satisfactoriamente las labores del aserrío, por lo cual el flujo de producción no es afectado.

El rendimiento promedio general fue de 84,834% que fue obtenido de 220 cuartones distribuidos en 05 muestras, quiere decir que de los 26,825 m^3 solamente 15,166% son desperdicios. De este rendimiento aprovechado se obtuvo 1094 piezas, distribuidas en tres productos 797 tablas, 85soleras y 212 listones con volúmenes de 16,339 m^3, 2,558 m^3 y 3,931 m^3 respectivamente.

El tiempo operativo promedio fue de 0.070 horas y el volumen final promedio de 0.104 m^3 generando una productividad promedio general de la investigación fue de 1,486 m^3/h/h.

5.2. Recomendaciones.

Se recomienda al gerente del aserradero El Parral realizar la adquisición de una máquina de sierra cinta original, al mismo tiempo realizar la compra de sierra cinta de alta calidad, evitando fallas en la maquina de sierra cinta y muchos desgastes y roturas de la sierra cinta.

Se recomienda al gerente general la implementación de un sistema de gancho hidráulico para transportar los cuartones al carro porta troza, evitando tiempos muertos y algún tipo de accidente de los operarios en el momento de cargar los cuartones.

Se recomienda al aserradero El Parral realizar un mantenimiento completo trimestral a las máquinas de cierra cinta para evitar fallas continuas.

Se sugiere a los futuros colegas realizar estudios de rendimientos y productividad en los demás aserraderos de Jaén, con la misma especie por ser la mayor comercializada.

VI. REFERENCIAS BOBLIOGRAFICAS

Andrade, H., Beer, J., Ibrahim, M., Kent, Salgado, J., Schlonvoigt, A., Somariba, E., Zapata, P., Detlefsen, G., Scheelje, M., López, A., Quirós, D., y Venegas, G. (2012). Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de J., Ordoñez, Y., Orozco Vilchez, L., Pezo, D., Investigación y Enseñanza (CATIE). https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3512

Arzapalo, H. (2020). Diagnóstico socioeconómico y técnico de los aserraderos en la localidad de Jaén-Cajamarca 2018. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca. http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4127

Batista, D. C., Silva, J. G. M. D., y Corteletti, R. B. (2013). Performance of a sawmill based on efficiency and work delay ratio. Floresta e Ambiente, 20(2), 271-280. Scopus. https://doi.org/10.4322/floram.2013.005

Batista, D., Silva, J., Andrade, W., y Vidaurre, G. B. (2015). Operational performance of a small sawmill of the city of Alegre, Espirito Santo, Brazil, Floresta, 45(3), 487. https://doi.org/10.5380/rf.v45i3.34441

Camposeco, J. (2023). Estudio de Rendimiento de Transformación Primaria de Madera, en el Aserradero Americano S.A, Huehuetenango, Guatemala.

Chávez, A., y Guillen, A. (1997). Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío. Manual práctico. Documento técnico, 62.

Coronel R., Díaz, F., Cardona, G., y Ruiz, A. (2012). Tiempos, rendimientos y costos del aserrado de Algarrobo blanco (Prosopis alba) en Santiago del Estero, Argentina. Quebracho (Santiago del Estero), 20(1), 15-28.

García, J., Ramírez, C., y Gómez, L. (2022). Producción de madera aserrada para el mercado**.** *Revista de Estudios Forestales*. Enlace: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29659.

González, F., y Días, A. (2015). Eficiencia de la sierra principal en el proceso de aserrado. Quebracho (Santiago del Estero), 23(2), 92-93.

Guallpa, M., Suatunce, J., y Canchignia, H. (2019). Tiempos y rendimiento en el proceso de aserrado de Eucalyptus globulus Labill, con sierra circular y de cinta en el cantón Riobamba. Enfoque UTE, 10, 126-143. https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n2.477

Leyva, M., Álvarez L., Mundis, Y., Céspedes C y Segurado G. (2020). Rendimiento y calidad dimensional de la madera aserrada de Samanea saman Jacq. En el Aserradero de la Empresa Agroforestal Guantánamo. Revista Cubana de Ciencias Forestales, 8(3), 507-518.

Leyva, M., Rojas R., y Segurado G. (2017). Determinación del rendimiento y calidad dimensional de la madera aserrada en aserríos en la Provincia de Guantánamo. Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES, 5(3), 340-351.

Little, T. y Hills, F. (1990). Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura (2® ed.). Trillas.

Luna, J., Villanueva, G., González, J., Larreta, B., Cobos, F., y Hernández, F. (2012). Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México.

Magalhães, W., Ramírez, M., y Batista, D. (2010). Using a portable sawmill prototype. maderas Ciencia Y Tecnologia.

Meza, H. (2010). Determinación del rendimiento de la madera de Myroxylon balsamum (L.) Harms (estoraque) en la producción de tablas deck para pisos en la industria de maderas. Servicios Aguilar EIRL (IMSA)". Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Ucayali. Pucallpa. Perú. 34 p.

Mucha H., Chamorro M., Oseda L., y Alania C. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. Desafios, 12(1), Article 1. https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.253

Nájera, L., Adame, V., Méndez, G., Vargas, L., Cruz, C., Hernández, F., y Aguirre C. (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.

Nájera, L., Aguirre, C., Treviño, G., Jiménez, P., Jurado, Y., Corral, R., y Vargas, L. (2011). Tiempos y rendimientos del aserrío en la Región de El Salto, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente, XVII (2)*, 199-213. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.05.034

Ortiz, B., Martínez, S., Vázquez, R., y Juárez, W. (2016). Determinación del coeficiente y calidad de aserrío del género Pinus en La Región Sierra Sur, Oaxaca, México. Colombia Forestal, 19(1), 79. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016. 1.a06

Pérez, F. (2018). Caracterización y rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de pino (Pinus oocarpa Schiede) en seis aserraderos en Nueva Segovia y Estelí [Masters, Universidad Nacional Agraria]. https://repositorio.una.edu.ni/3720/

Portella, F. (2021). Rendimiento en aserrío de Couratari guianensis y Tabebuia serratifolia en la empresa Forestal Otorongo S.A.C., Madre de Dios. http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20. 500.12996/4950

Quirós, R., Chinchilla, O., y Gómez, M. (2005). Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. Agronomía Costarricense.

Rios, C. (2024). Optimización del proceso de control y gestión de stock de una empresa avícola para la toma estratégica de decisiones. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Córdoba. https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/551803

Rodas, P., Gil, R., Amari, L., Rojas, D., y Torres C. (2023). Tipos de mantenimiento en cuatro aserraderos en el proceso de trasformación primaria de madera aserrada. Manglar, 20(2), 139-148. https://doi.org/10.57188/manglar.2023.016

Rodríguez, D. & Pérez, A. (2021**).** Tecnologías de optimización en el aserrado de madera**.** *Innovación Industrial*. Enlace: https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/29659.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2019). Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2019**. https://repositorio.serfor.gob.pe/handle/SERFOR/894**

Tenssera, C. (2008). Aprovechamiento de desperdicios generados en el proceso de las actividades productivas forestales. Tesis de pregrado. Universidad Andina del Cusco. http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20. 500.12557/1220

Vasquez, A. (2023). Rendimiento y costo de producción en aserrío de madera rolliza a madera aserrada de la especie Mashonaste (Clarisia racemosa Ruiz y Pav.) en el aserradero forestal Landek SAC. Las Piedras, Madre de Dios. https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7864

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme la vida, la salud y poder culminar con éxito mi proyecto de investigación.

Segundo agradezco a mi Asesor de Tesis el M.Sc. Handry Martin Rodas Purizaga, por brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así también por su paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Tercero agradezco a la ing. Candy Ocaña Zuñiga por haberme orientado con todos sus conocimientos en los cursos de seminario de investigación I Y II.

James Mckeey Chamba Contreras

DEDICATORIA

Dedico este informe final de tesis, a mi madre Nony Contreras Moreto, a mis hermanos Yan, Yeri y Sandra, que a pesar de los obstáculos siempre me brindaron su apoyo incondicional, aconsejándome y guiándome siempre por el camino del bien para no darme por vencido hasta lograr mis sueños y metas.

James Mckeey Chamba Contreras

ANEXOS

Anexo 1

Formato de cubicación de troza

FORMATO Nº 01 CUBICACION DE MADERA ESCUADRADA (VOLUMEN INICIAL)

Nombre del aserradero: …… Especie: ……. Nº de muestra: …….

N° de cuartón	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen (m^3)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
. . . .				
42				
43				
44				
TOTAL				

Anexo 2

Formato de cubicación de troza

FORMATO Nº 02 IMFORMACION DE PIEZAS OBTENIDAS

Nombre del aserradero: …… Especie: ……. Nº de muestra: …….

N° de cuartón	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	N° de piezas	Volumen (m^3)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
. . . .					
42					
43					
44					
TOTAL					

FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Anexo 3

Patio de acopio.

Anexo 4

Pintado de cuartones.

Anexo 5

Cubicación de cuartones.

Anexo 6

Aserrado de los cuartones.

Anexo 7

Control de tiempos operativos.

Anexo 8

Cubicación de madera aserrada.

Anexo 9

Almacenamiento de madera aserrada (tablas).

Anexo 10

Almacenamiento de madera aserrada (listones).