

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aserradero

Según Bittencourt y Bonnemann, (1988), aserradero es un lugar donde se realiza la transformación mecánica de la madera los cuales se clasifican por su permanencia: en temporales y permanentes.

- a) **Temporales:** Son aquellos que aprovechan la madera que se encuentra en los alrededores; estos son transferidos de un lugar a otro utilizándose como fuerza motriz un locomóvil a diésel, posee una capacidad de 8 a 25 m³/día.
- b) **Permanentes:** Pueden responder a grandes producciones, en consecuencia, requieren una buena infraestructura con fácil acceso tanto para las troncas como para la fácil salida de los productos a patios, para apilar y secar.
- c) Los aserraderos en Bolivia la mayoría se encuentran en el departamento de Santa Cruz como es el aserradero “Monte de los Olivos” con registro en la ABT, SCZ-1631 que tiene un rendimiento de 54,17% de producción de madera aserrada, el aserradero “San Luís S.R.L.” que es uno de los más grandes del país tiene la capacidad de producir promedio de 21.000 m³ de madera aserrada por año.

2.2. Características principales de los aserraderos.

Según López, J. (1993), el tipo de aserradero más común es el de sierra de cinta para maderas finas, y el de sierra circular para maderas duras y de construcción en general, las maderas preciosas no están permitidas para ser aserradas, únicamente están destinadas para la obtención de chapas decorativas.

El mismo autor, indica que la mayoría de los aserraderos trabajan irregularmente durante todo el año. Solo una empresa cuyo abastecimiento de materia prima este bien organizada y localizada cerca del mercado tiene la posibilidad de trabajar continuamente durante todo el año. Además, otros factores, tales como la estacionalidad climática, el estado de los caminos y vías durante las épocas de lluvia, los cambios bruscos de la demanda y la falta de capital para el financiamiento de la

madera en troza y aserrada, se combinan para imponer el funcionamiento discontinuo mencionado.

2.3. Sierra de cinta Sin Fin

Goytia, L. (1986.), afirma que es una sierra en la cual la pieza principal es una sierra de cinta. Esta sierra consta de una cinta continua de acero, con dientes en una o en ambas orillas, montadas en dos volantes, una de las cuales está arriba y la otra abajo del campo de corte.

La fuerza se aplica a la rueda de abajo que es la más pesada, la cual actúa como volante, moviendo la sierra hacia abajo a través de la troza, a medida que esta es impulsada por el carro. Debido que ejecuta cortes más ligero y más exacto, esta sierra ha suplantado a la sierra circular como sierra principal en la mayoría de los aserraderos.

2.4. Aserrío de la madera

2.4.1. Definición.

Según Bittencourt de Moura y Bonnemann (1986), el acto de dividir en el aserradero una troza de madera en tablas o planchas, se denomina desdoblar. Estos investigadores definen como madera aserrada la que resulta directamente del desdoble de trozas, constituida de piezas cortadas longitudinalmente por medio de sierras circulares, sin fin, alternativas, etc.

Brown y Bethel (1994), la definen como el producto de la sierra y el cepillo, sin más proceso de elaboración que ser aserrada y cepillada longitudinalmente por una máquina estándar, cortada transversalmente para dar el tamaño y labrado adecuado.

Zamudio, E. (1986), menciona que la forma más fácil de industrializar la madera a partir de la troza, es el aserrado mediante gran variedad de máquinas y herramientas que pueden ser desde manual, hasta los aserraderos altamente automatizados, capaces de producir hasta 2,500 m³ de madera en un solo turno.

2.5. Fases del aserrado

De acuerdo a Claire (1989), las fases del aserrado son las siguientes:

- Descortezado
- Cortes principales
- Desorillado o canteado
- Despuntado

El espesor de la pieza debe ser uniforme en todo su largo y ancho; el ancho de los cortes paralelos y perpendiculares a las caras y los extremos perpendiculares al eje longitudinal.

2.6. Transformación primaria de la madera

Claire, H. (1989), menciona que el primer procesamiento al que se somete una troza luego de su extracción del bosque es el aserrado. Esta operación consiste en dar a la madera una escuadría determinada para obtener piezas aserradas de diferentes dimensiones.

2.7. Transformación secundaria de la madera

López, J. (1993), citado por Chávez, A. (1998), explica que las actividades empresariales para aumentar el valor agregado de la madera son múltiples, con este fin se emprenden un sin número de procesos o líneas de producción dentro de los aserraderos o empresas especializadas; frecuentemente producen: madera machimbrada, encofrados, parquet, cajas, carrocería, puertas, ventanas, cerchas, elementos prefabricados, muebles, partes y piezas de artesanía.

2.8. Tipos de corte de la troza

Claire, H. (1989), indica que los tipos de cortes son: Tangente a los anillos de crecimiento obteniéndose lo que se llama “Corte tangencial”; perpendicular a los anillos de crecimiento, es decir siguiendo la dirección de los radios obteniéndose

madera de “Corte radial” intermedio o “falso cuarto” el cual es aserrado de tal forma que los anillos anuales forman ángulo de 30° a 60° con la cara de la pieza.

2.9. Planos de Corte

JUNAC (1984), lo define como a las secciones o superficie que resultan al cortar una pieza de madera por un plano.

a) Corte longitudinal

Es toda aquella sección que resulta de cortar una madera en dirección paralela al eje del tronco, que a su vez puede estar orientada en la dirección radial o tangencial.

b) Corte radial

Es el resultado de un corte longitudinal paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.

c) Corte tangencial

Es el corte longitudinal tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios.

d) Corte transversal

Es toda aquella sección que resulta de cortar una pieza de madera en dirección perpendicular al eje del tronco.

2.10. Control de calidad

Romero, M. (1991), indica que el control de calidad se efectúa según el tipo de comercialización que se haga con el producto.

Si el destino es el Mercado Nacional; el control de calidad no es muy riguroso ni exigente, pudiendo realizarse por el mismo despachador encargado de la barraca. Los factores que tienen que ver con la clasificación de la madera, están relacionadas con la presencia de albura, manchas de hongos e insectos, longitud, espesor, nudos y ojos.

El mercado internacional es más exigente en cuanto a su calidad, no solamente exige dimensiones mínimas, sino homogeneidad de las mismas.

2.11. Definición de Rendimiento en aserrío

Bittencourt y Bonneman (1988), definen el rendimiento en aserrío como la relación entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en trozas expresada en porcentaje.

Según la Resolución Administrativa ABT N° 253/2012, existe una definición que indica que es la relación entre el volumen de madera aserrada obtenido por cada metro cúbico de madera en tronca (o en rollo). También se lo denomina Coeficiente de Aserrío (CA).

A continuación, se muestra la fórmula de medición para el presente estudio de rendimiento en el cual se mide la longitud de las trozas y sus diámetros en metros (incluyendo la corteza en los diámetros) en los extremos mayor y menor, para ello se debe utilizar cinta métrica. En cada extremo por lo menos se debe tener dos mediciones, y si el área es irregular se podrá medir más de dos veces, para posteriormente sacar un promedio de diámetro por extremo. (Según resolución administrativa ABT N° 253/2012).

Fórmula 1 (Smalian)

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 0.7854 * \frac{\text{DM}^2 + \text{dm}^2}{2} * \text{L}$$

Dónde:

- V : Volumen total de la Troza (m3)
- DM : Diámetro mayor promedio de la troza (metros)
- dm : Diámetro en el extremo menor de la troza (metros)
- L : Longitud de la troza (metros)

2.12. Medidas de rendimiento

Según Tuset y Duran (1979), existen dos formas de medir el rendimiento en aserrío: Una es la que se determina el llamado coeficiente de aserrío o coeficiente de aserrado, el que también se encuentra citado como factor de rendimiento o coeficiente de transformación; es la relación entre el volumen de madera aserrada que se obtuvo y el volumen de madera que se usó para producirla. Como lo muestra la fórmula.

Fórmula 2

$$\text{Coeficiente de aserrío} = \frac{\text{m}^3 \text{ de madera aserrada}}{\text{m}^3 \text{ de madera en rollo}} * 100$$

La unidad de medida es el pie tablar y se considera la siguiente relación: 1 m³ de madera aserrada equivale 423.84 pies tablares de madera aserrada.

López (1993), manifiesta que el desperdicio por aserrín aumentará según la cantidad de cortes que se realicen, pero existe una compensación por que se observan mayor cantidad de tablas de las dimensiones requeridas.

Según Bittencort de Moura y Bonnemann (1986), afirman que las coníferas presentan rendimientos medios entre 55% a 65% y las latifoliadas entre 45% a 55%.

Iwakiri, S. (1985), evaluó el rendimiento y condiciones de desdoble de 20 especies de maderas de la zona de Manaus – Brasil. Encontró un rendimiento medio de 41,9% a 61,6%.

Este mismo autor afirma que el diámetro medio, el grado de conicidad de las trozas y la densidad básica de las especies no tuvieron en conjunto, influencia directa sobre el rendimiento. Sin embargo, la densidad básica fue considerada como influencia importante sobre el grado de dificultad de corte.

Según SUDAN (1981), llegó a la conclusión que prácticamente todas las especies analizadas, presentan una determinada clase diametral que corresponde a un máximo de rendimiento total. La explicación más convincente sería atribuir este fenómeno a la caída de producción motivada por los defectos internos de la madera (pudriciones y huecos), que son más frecuentes en las clases diamétricas, más elevadas. Sin embargo, los defectos internos no explicarían totalmente la caída de la productividad con el aumento del diámetro de las trozas pues otras contribuciones pueden ser:

- a) El tiempo de permanencia de la madera en troza en el monte.
- b) El largo de las trozas.

2.13. Análisis estadísticos

a) Correlación y regresión

Son dos técnicas en el estudio de las relaciones entre variables:

Robles, A. (1968), le llama correlación a la interdependencia o interrelación que existe entre dos características de los individuos de una misma población o entre los valores de las variables de dos series. El estudio de la correlación tiene como objeto entonces, medir el grado o intensidad de la asociación entre tales características o variables. Dicha medida se efectúa mediante la obtención de un coeficiente numérico que recibe el nombre de coeficiente de correlación y su fórmula según Freese, F. (1969), es.

Fórmula 3

$$r = \frac{N \cdot \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2][N \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

La regresión se define como a la función matemática que, para un valor dado de una característica, o variable da el valor esperado de otra característica o variable correlacionada con la primera (Robles, A. 1968).

Según Toledo, G. (1985), citado por Reyes, C. (1999), ajuste de resultado se le llama al procedimiento que permite determinar la función matemática que describe la forma

más aproximada posible la relación que pueda existir entre los datos de dos variables en estudio, dada las características de tales datos.

c) **Coefficiente de determinación**

Macedo Silva (1988), citado por Rojas (1996), indica que este coeficiente señala la cantidad de la variación total observada en la variable dependiente que es explicada por el modelo utilizado.

Iwakiri, S. (1979), con el objeto de evaluar la relación existente entre los diversos parámetros (diámetro, volumen, grado de conicidad procedió a utilizar el test de correlación a través de la regresión lineal.

El rendimiento industrial de producción expresado en porcentaje está dado por la siguiente función, mencionado en el programa de abastecimiento de materia prima (Norma técnica 134/97).

Fórmula 4

$$V_{ms} = R * \frac{V_{ms}}{V_{mt}} * 100$$

Donde:

R = rendimiento en porcentaje

V_{ms} = volumen de madera aserrada en m³

V_{mt} = volumen de madera en troza en m³

Se puede obtener para cada especie una ecuación para la estimativa de volumen de producción de madera aserrada según la siguiente formula.

Fórmula 5

$$V_{ms} = R * \frac{V_{mt}}{100}$$

Donde:

V_{ms} = volumen de madera aserrada en m³

V_{mt} = volumen de madera en troza en m³

R = rendimiento en %

2.14. Madera Larga

Para realizar la clasificación de la madera aserrada se tomó las dimensiones longitudinales y se clasificó a la madera de un largo igual o mayor a 7 pies como madera larga, según el estudio de rendimiento del Cambara (2013).

2.15. Madera corta

Para realizar la clasificación de la madera corta se tomó como un tamaño mínimo que es de 2 pies a menos de 7 pies a esto se lo denomina madera corta por lo que se pueden comercializar estas piezas, según el estudio de rendimiento del Cambara (2013).

2.16. Madera Residual del Proceso de Aserrío

Son los orillones o también llamados cantoneros de las trozas, destapes, despuntes de tablas, despunte de las troncas o cortes para eliminar rajaduras, según el estudio de rendimiento del Cambara Macho (2015).

2.17. Madera de Recuperación Industrial

Se refiere a la madera que es proveniente de la madera residual del proceso de aserrío, generalmente es utilizado para la obtención de productos como chips, viruta, aserrín, parquet, etc. Según el estudio de rendimiento del Cambara (2013).

2.18. Muestra

Trozas de una misma especie que se utilizaron para realizar el estudio de rendimiento según la RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA ABT N° 253/2012.

2.19. Especies en estudio

Se optó por realizar el presente estudio con las especies vulgarmente denominadas Chiriguana y Cuta amarilla debido a su relativa abundancia y que desde hace algunos años atrás se las está explotando intensivamente tanto para el consumo interno como para la exportación, ya sea en estado primario (tablas) como en el caso, del chiriguana o bien previa transformación industrial (puertas, ventanas, etc.) como es el caso de la Cuta amarilla ya que se trata de una madera dura los nativos lo utilizan para la construcción de canoas, también se utiliza para la fabricación de cascos de barcos, muebles en general, puertas, ventanas, láminas de enchape, carrocerías, etc.

2.20. Descripción botánica y taxonómica de las especies

2.20.1. Descripción botánica y taxonómica de la especie Chiriguana

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales
Familia	Simaroubaceae
Genero	Simarouba
Especie	Simarouba amara
Nombre común	Chiriguana
Nombre científico	<i>Simarouba amara</i> - Aublet
Nombre comercial internacional	Marupa, Simarouba
Otros nombres	Aceituno (Am. Central), Chiriguaná (Bol), Marupá (Bra.), Simaruba (Col.), Cedro amargo (Ecu.), Marupa (Per), Cedro blanco (Ven.)

Según el libro descripción de árboles de Brasil (2002)

2.20.2. Características generales del árbol

Altura total hasta 35 m, copa redonda, presenta hojas alternas compuestas pinnadas, ovaladas, color gris claro, textura casi lisa a agrietada, con placas grandes fuste recto, ahusado, cilíndrico.

2.20.3. Distribución geográfica

Abarca desde Mesoamérica hasta la cuenca amazónica en la amazonia peruana, crece de manera natural, hasta 1000 m de altitud esta especie se encuentra en zonas altas en suelos arenosos bien drenados en las formaciones de bosque muy húmedo pre montano en transición a bosque húmedo tropical generalmente crece asociado con otras especies Esta especie se encuentra distribuida en el bosque húmedo de llanura y sabana húmeda, en los departamentos de Beni, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, según la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (2014).

2.20.4. Características organolépticas de la madera

Color albura	Blanco
Color duramen	Amarillo pálido
Olor	No distintivo
Sabor	Suavemente amargo en fresco
Brillo	Brillante
Grano	Recto
Veteado	Suave
Textura	Gruesa

2.20.5. Descripción anatómica

- Anillos de Crecimiento

Visibilidad	Visible a simple vista
Número Promedio	15 anillos en un radio de 10 cm.

- Poros

Visibilidad	Visible a simple vista
Porosidad	Difusa
Tipo	Solitarios y múltiples radiales
Forma	Redonda y ovalada

- Parénquima

Visibilidad	Visible con lupa de 10x
Cantidad	Regular
Tipo	Paratraqueal aliforme

- Radios

Visibilidad	Visible a simple vista
Contraste	Ausente
Estratificación	Ausente

2.20.6. Propiedades físicas

Contenido de humedad en verde	61 %
Densidad básica	0,36 g/cm³
Densidad al 12% de humedad	0,39 g/cm³

Corte radial	2,9 %
Contracción tangencial	6,7 %
Contracción volumétrica	9,4 %
Relación T/R	2,4

2.20.7. Propiedades mecánicas

Módulo de elasticidad	85 x 1000 Kg/cm ²
Módulo de rotura	534 Kg/cm ²
E.R. Compresión paralela	312 Kg/cm ²
Corte radial	67 Kg/cm ²
Dureza lateral	206 Kg
Tenacidad	1,31 Kg-m

2.20.8. Trabajabilidad: Esta especie es fácil de procesar mecánicamente, no se presentan tensiones.

2.20.9. Preservación: permeable.

2.20.10. Durabilidad: Susceptible al ataque de hongos cromógenos.

2.20.11. Secado: Muy rápida, presenta pequeña tendencia al torcido medio. Se recomienda un programa moderado de secado artificial.

2.20.12. Usos y aplicaciones

- ✓ Cajas, molduras, piezas para falso techo, contrachapados, etc.
- ✓ Fabricación de muebles ligeros que no soporte gran peso, paneles

- ✓ Tacos de zapatos, instrumentos musicales y piezas de revestimientos.

Según los estudios realizados por el aserradero SAN LUIS S.R.L. sus características y propiedades son las siguientes para la especie estudiada, chiriguana, (2014).

2.21. Descripción botánica y taxonómica de la especie *Cuta amarilla*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Apuleia
Especie	Apuleia leiocarpa
Nombre común	Cuta amarilla
Nombre científico	<i>Apuleia leiocarpa</i> (J. Vogel) J. F. Macbr.
Otros nombres	Garapeira, Grapiá, Muirajuba (Bra.), Cobre (Col.), Anacaspí (Per.), Gateado, Mapurite (Ven.)

Según descripción de árboles forestales de la selva peruana (2010).

2.21.1. Características generales del árbol

Altura total hasta 30 m, aparasolada, poco abierta, follaje poco denso, de color verde amarillento, con hojas compuestas imparipinnadas, alternas, corteza lisa a ligeramente granulosa, su diámetro entre 80 y 150 cm. Fuste cilíndrico, con aletones empinados y delgados.

2.21.2. Distribución geográfica

este de Brasil, norte de Argentina y Paraguay su distribución altitudinal varía desde los 20 a 800 m/s/n/m, con precipitaciones anuales de 1.000 a 2.000 mm. Y temperaturas promedio de 26 °C, especie característica de los bosques clímax, raramente encontrada en vegetación secundaria abierta. Esta especie se encuentra distribuida en los países de Venezuela, Perú, Bolivia, sur y

Bosques pre andinos y el bosque amazónico, es considerada como una especie principal en las regiones de Bajo Paraguá, Guarayos, Choré, según el laboratorio de manejo forestal (2011).

2.21.3. Características organolépticas de la madera

Color albura	Amarillo claro
Color duramen	Amarillo a amarillo amarronzado
Olor	Distintivo, parecido a almendras
Sabor	No distintivo
Brillo	Medio
Grano	Entrecruzado
Veteado	Suave, con arcos superpuestos
Textura	Fina a media

2.21.4. Descripción anatómica

- Anillos de Crecimiento

Visibilidad:	Visibles a simple vista
Número promedio	6 anillos en un radio de 2.5 cm

- Poros

Visibilidad:	Visibles con lupa de 10 x
Porosidad:	Difusa
Tipo:	Solitarios y múltiplos de 2 y 3
Forma:	Redonda

- **Parénquima**

Visibilidad:	Visible con lupa de 10 x
Tipo:	Paratraqueal aliforme lineal confluente.

- **Radios**

Visibilidad:	Visible con lupa de 10 x
Contraste:	Ausente
Estratificación:	Presente

2.21.5. Propiedades físicas

Densidad básica	0.75-0.95 g/cm ³
Densidad al 12% de humedad	0,95 g/cm ³

2.21.6. Trabajabilidad: Moderadamente difícil de procesar mecánicamente por la presencia de sílice, se recomienda el uso de sierras estilitadas.

2.21.7. Preservación: Impermeable.

2.21.8. Durabilidad: Durable, resistente al ataque de hongos e insectos.

2.21.9. Secado: Pre secado rápido, Se recomienda un programa suave de secado artificial, no se presentan defectos mayores si se opera con prudencia.

2.21.10. Usos finales

- ✓ Construcción de cascos para barcos
- ✓ Pisos
- ✓ Carrocerías
- ✓ Parquet
- ✓ Mueblería en general

Según los estudios realizados por el aserradero SAN LUIS S.R.L. sus características y propiedades son las siguientes para la especie estudiada, de la cuta amarilla (2014).

CAPÍTULO II

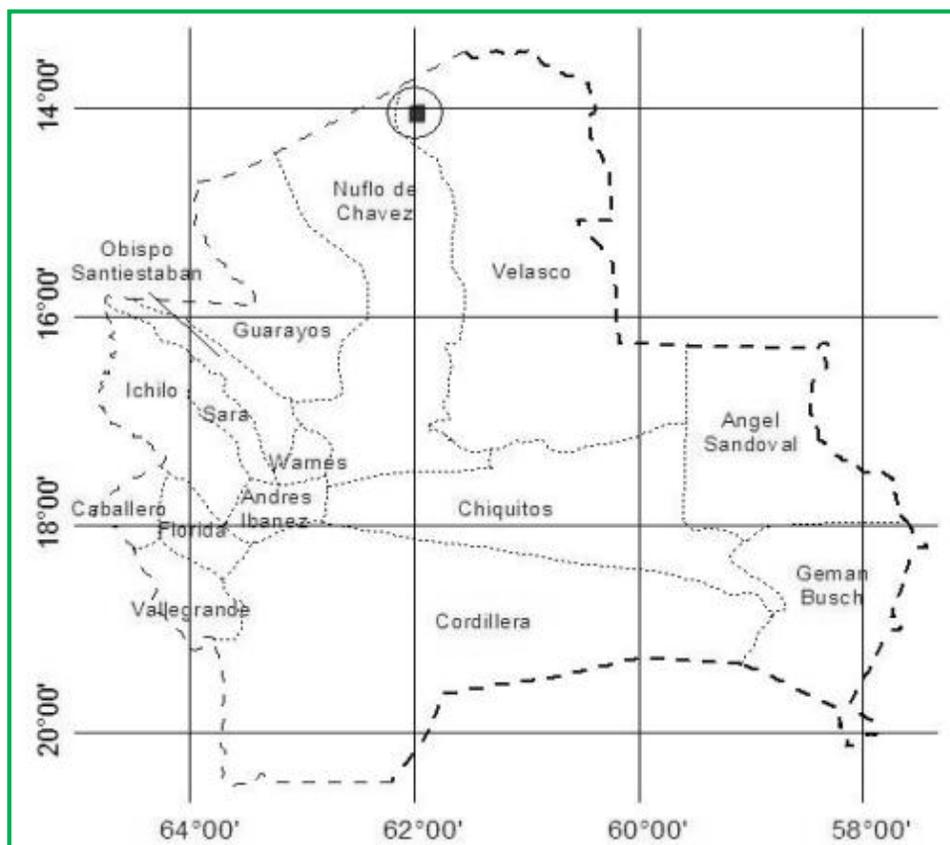
MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

El presente estudio que se realizó en el aserradero “SAN LUIS S.R.L.” ubicado dentro del área de la Autorización Transitoria Especial San Luis, Santa Cruz, zona del Bajo Paragua, en las siguientes coordenadas **X**: 608697 y **Y**: 8438200 UTM de la provincia Velasco del departamento de Santa Cruz, con 13,81 ha de superficie construida, patio de apilado y secado al aire libre, patio de almacenamiento de troncas, sanidad, infraestructura industrial y áreas sociales (viviendas, almacenes, campos deportivos y otros); la infraestructura, maquinaria y equipos (según el estudio realizado del cambara en el aserradero SAN LUIS S.R.L. (2013).

Figura N° 1. Ubicación del aserradero



Según el estudio de rendimiento del cambara realizado en el aserradero San Luis (2013)

Cuadro N° 3: Límites del aserradero

Al norte	Tierras fiscales
Al sur	Tierras fiscales
Al este	Tierras fiscales
Al oeste	Tierras fiscales

Según el estudio de rendimiento del cambara realizado en el aserradero San Luis (2013)

3.2.Aspectos biofísicos

3.2.1. Geología, y suelos

Geológicamente esta formación corresponde al complejo cristalino Chiquitano (Escudo Brasileiro), mayormente influenciada por colinas bajas, moderadamente disectadas, partes con sedimentos aluviales pantanosos, también existen valles de piso plano y amplios y áreas en llanuras aluviales recientes según Wigberto Rivero (2013).

3.2.2. Fisiografía

Esta zona es parte del Escudo Brasileño o Chiquitano, caracterizándose por su fuerte ondulamiento y la presencia de serranías con relieve pronunciado y también zonas con aspecto plano a relativamente poco ondulada.

3.2.3. Precipitación

Según la estación del SENAMHI (2016), registra un promedio de precipitaciones anuales de 1.800 mm, registrándose una máxima promedio de 2.000 mm en los meses de diciembre a febrero.

3.2.4. Temperatura

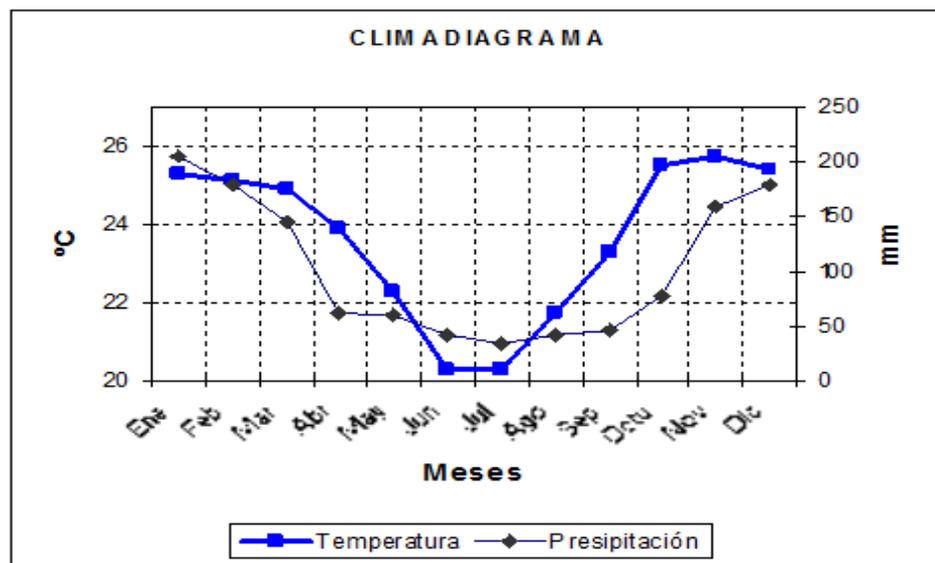
Las temperaturas marcan un promedio anual de 23,6 °C, alcanzando la máxima de 25,7 °C en el mes de noviembre y la mínima de 20,3 °C en el mes de junio, julio y vientos predominantes de sureste a noreste alternativamente.

Mayormente las actividades de aprovechamiento forestal son efectuadas en época seca, desde mayo a noviembre ya que es durante este periodo donde no hay precipitaciones.

3.2.5. La humedad relativa promedio

La humedad relativa promedio es de 81 %, presentando el área de estudio una marcada época de lluvia de 6 meses (noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril).

Figura N° 2 Climadiagrama del lugar de Bajo Paragua



Según el estudio de rendimiento del ocho realizado en el aserradero San Luis (2012)

Según la clasificación de Unzueta (Mapa ecológico de Bolivia) y del Dr. L. Holdridge, la zona está comprendida dentro de la zona de vida denominada Bosque húmedo subtropical (Bh-ST), con abundancia de especies forestales y vida silvestre (Unzueta, 1975).

3.2.6. Vegetación

La vegetación presenta diferentes estratos en zona del Municipio de San Ignacio y la localidad de Bajo Paragua, se percibe claramente un estrato dominante, compuesto generalmente por las especies de mayor interés comercial en la zona, existiendo bosques altos, medianos siempre verde, generalmente de hojas perennes, latífoliadas, árboles de copa ancha., presencia de ríos, arroyos lagunas y de algunas cañadas o quebradas que desembocan en las más grandes vías fluviales y a las zonas bajas que están formadas por bajuras inundables la mayor parte del año y curiches, como también a algunas lagunas.

Los bosques tropicales de la región del Bajo Paraguá son una transición entre el bosque seco chiquitano y el bosque amazónico. Esta región fue clasificada como una de las reservas forestales más importantes por la cantidad de especies maderables y no maderables existentes. Además, en la zona fue creado el Parque Nacional Noel Kempff Mercado para resguardar in situ la gran diversidad de flora y fauna del área.

También presenta zonas naturales con una diversidad de tipos de vegetales de bosque bajos de riberas y sabanas arboladas naturales, pampas, chaparrales, cuerpos de agua (Lagos y lagunas) y otras.

Dentro del estrato dominante las especies que caracterizan el mismo en su generalidad son denominadas comercialmente valiosa a poco valiosas, salvo excepciones correspondiente a las muy valiosas están las especies Roble (*Amburana cearensis*), Cedro (*Cederla fissilis*) y dentro de las primeras sobresalen: Ochoo (*Hura crepitans*) Bibosi (*Ficus sp.*), Blanquillos (*Ampelocce ruiizi*), Serebo (*Schyzolobium amazonicum*), Tajibo (*Tabebuia sp.*), Guayabochi (*Calicophyllum spruceanum*), Palo Maria (*Calophyllum brasiliense*), Mapajo (*Ceiba pentandra*), verdolago (*Terminalia amazonica*), Yesquero negro (*Cariniana estrellensis*), Murure (*Clarisia racemosa*), .Copaibo (*Copaifera sp*), Hoja de Yuca (*Ceiba sp.*) y otras.

3.2.6.1.Estrato dominante

Se trata del estrato superior, que para este caso está conformado por las especies emergentes de copa grande que se encuentran entre los 28 y 18 m de altura estas especies son: copaibo (*Copaifera reticulata*), itauba (*Mezilaurus itauba*), murure (*Clarisia racemosa*), paquí (*Hymenea courbaril*), aliso (*Myrsine sp.*), bibosi (*Ficus sp.*), almendrillo amarillo (*Apuleia leiocarpa*), guitarrero (*Didymopanax spruceanum*), piraquina, (*Xilopia sp.*), serebo (*Schyzolobium amazonicum*), sirari (*Copaifera chodatiana*), mapajo (*Ceiba samauma*), ajunao (*Pterogyne nitens Tul.*), amarillo (*Aspidosperma tambopatense*), ambaibo (*Cecropia concolor*), asai (*Euterpe precatória*), cedro (*Cedrela fissilis Vell.*), coloradillo (*Physocalimma scaraberrimun*), cuse (*Casearia gossypiosperma*), cusi (*Attalea speciosa*), lúcuma (*Pouteria macrophylla*), mora (*Maclura tinctoria*), sauco (*Zanthoxylum sp.*), tajibo (*Tabebuia sp.*), sumuque (*Syagrus sancona*), taruma (*Vitex cymosa Bert.*), yesquero colorado (*Cariniana domestica*) y yesquero negro (*Cariniana estrellensis*).

3.2.6.2.Estrato codominante

El estrato está formado por especies de fuste largo, pero de copa más pequeña, haciendo la diferencia con el estrato dominante, este estrato se caracteriza por tener especies que están entre los 17 y 12 m de altura son las siguientes especies: aguay (*Chrysophyllum gonocarpum*), amargo (*Rawolfia praecox schum.*), ambaibouva (*Pourouma cecropiifolia C.*), bibosi higuerón (*Ficus insipida*), canelon (*Vochysia sp.*), chocolatillo (*Theobroma speciosum*), chontilla (*Astrocaruym sp.*), coco (*Guazuma ulmiflora*), curupau (*Anadenanthera macrocarpa*), gabetillo (*Aspidosperma ramifolium*), gallito (*Erythrina falcata*), guapomo (*Salacia sp.*), maní (*Sterculia apetala*), negrilla (*Capparis capparis*), ochoò (*Hura crepitans*), sangre de toro (*Virola sebifera*), verdolago (*Terminalia sp.*), peroto (*Pseudobombax longiflorum*), sujo (*Sterculia apetala*), ocorocillo (*Spondias mombim*), palma (*Copernicia alba*), leche leche (*Sapium haematospermum*), jichituriqui (*Aspidosperma rigidiun*), yesquero blanco (*Cariniana ianeirensis*), entre otras.

3.2.6.3.Estrato suprimido

Está formado por especies con altura entre 11 y 7 metros, el ajo (*Gallesia integrifolia*), cabeza de mono (*Apeiba sp.*), cuchi (*Astronium urundeuva*), gargatea (*Jacaratia spinosa*), hoja de yuca (*Ceiba pentandra*), jacaranda (*Machaerium jacarandifolium*), manicillo (*Platypodium sp.*), ojoso (*Pseudolmedia sp.*), palma real (*Mauritia flexuosa*), penoco (*Pithecelobium jupunba*), saguinto (*Xilopia sp.*), entre otras. De acuerdo a Gonzales (2005) citado por Villegas *et al.* (2008).

3.2.6.4.Estrato arbustivo

Formado en su mayoría por las especies conocidas como pioneras con altura total que no sobrepasan los 7 metros, algodoncillo (*Cochlospermum vitifolium*), aliso (*Myrsine sp.*), ambaibo (*Cecropia concolor*), lúcuma (*Pouteria macrophylla*), uvilla (*Trema micrantha*), gabetillo (*Aspidosperma ramifolium*), cusi (*Attalea speciosa*), gargatea (*Jacaratia spinosa*), entre otras.

Este estrato también está compuesto por palmeras como ser: chonta (*Astrocaryom chonta M.*), cusi (*Attalea speciosa*), motacu (*Attalea phalerata*) y el asai (*Euterpe precatoria*).

3.2.6.5.Sotobosque

Es el área de un bosque que crece más cerca del suelo por debajo del dosel vegetal, la vegetación del sotobosque consiste en plántulas y árboles jóvenes. Los árboles jóvenes del dosel a menudo permanecen es ese estado durante décadas mientras esperan una apertura en la parte superior que permita su crecimiento, la chirimoya (*Annona sp.*), toco toco (*Enterolobium contortisiliquum*), chichapi (*Celtis pubescens*), blanquillo (*Terminalia argentea C.*), cabeza de mono (*Apeiba sp.*), gebio (*Albizia niopioides*), guabira (*Campomanesia aromatica*), hoja de yuca (*Ceiba pentandra*), jorori (*Swartzia sp.*), momoqui (*Caesalpinia pluviosa*), entre otras. De acuerdo a Gonzales (2005) citado por Villegas *et al.* (2008).

3.3. Tipos de actividad industrial

- a) **Aserrío de madera.** Con una capacidad instalada de 21.000 metros cúbicos/año de madera aserrada.
- b) **Comercialización.** La forma de comercialización de la empresa es 100% directa en los departamentos de La Paz, Santa Cruz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Tarija, Chuquisaca, y comercialización internacional.

Cuadro N° 4. Volumen de las especies más conocidas y su destino de elaboración.

Especie	Volumen en m³ /zafra	Clasificación
Serebó	7,206	Laminación
Cuta	342	Laminación
Amargo	213	Laminación
Hoja de yuca	4,090	Laminación, tabla
Mapajo	2,513	Laminación, tabla
Paquió	2,518	Piso, machimbre
Yesquero negro	3,574	Pisos
Tajibo	716	Pisos, tablas
Yesquero blanco	7,262	Puertas, marcos, tabla
Aliso	1,240	Puertas, marcos, tabla
Ochoó	26,736	Puertas, tabla
Bibosi	13,430	Puertas, tabla
Palo maria	2,119	Tabla
Jichituriqui	1,422	Tabla
Coquino	1,093	Tabla
Copaibo	988	Tabla
Guayabochi	938	Tabla
Total	76,401	

Según Fundación Puma Fondo Ambiental (2010)

3.4. Materiales

Para cumplir con los objetivos propuestos se utilizaron los siguientes materiales:

a) De campo

- Formularios de registro
- 2 Flexómetro de 5 m
- Crayones de colores
- Pilas alcalinas
- Pintura sprite
- Bolígrafos, lápices, borradores
- Una cámara digital
- GPS

b) De gabinete

- Computadora
- Calculadora
- Material bibliográfico
- Material de escritorio
- CD
- Fotocopias

Según el estudio de rendimiento del ochoo realizado en provincia Velasco Santa Cruz (2012).

3.5. Características de equipo y maquinaria

Las principales características que tiene el aserradero en cuanto a maquinarias, para el proceso del aserrío son las siguientes, según el estudio de rendimiento del cambara (2013).

- Sierra sin fin
- Carro porta troza
- Guinche hidráulico
- Desorilladora o canteadora
- Despuntadora (tipo pendular)
- Sala de afilado

3.6. Sierra principal sin fin o de cinta

Este tipo de sierra es vertical simple, el corte es en un solo sentido. El sistema de corte es el método de desdoble tangencial. Esta máquina tiene las siguientes características.

3.7. Guinche hidráulico

El guinche hidráulico es el sistema de transporte de trozas desde el muelle de alimentación hasta el carro porta troza y consiste en un cable con gancho al extremo de aproximadamente 20 m. de largo, accionado hidráulicamente.

3.8. Carro porta trozas

El carro es una de las maquinas más importantes del aserradero que es capaz de transportar la mayoría de las trozas para su corte longitudinal, se desliza sobre rieles con movimiento hacia la sierra o hacia adelante y hacia atrás (después del corte), accionado mediante cables de acero, el movimiento transversal de las trozas, se la realiza a través de las escuadras para tener el espesor adecuado, y es sujetado por grampas o también llamadas uñas de apriete.

3.9. Desorilladora

Llamada también canteadora, se utilizó para producir tablas o tablones con cantos paralelos. Eliminando lo que no sirve como ser: corteza, nudos, ralladuras, defectos y otros, posteriormente es transportada por medio de rieles mediante fuerza manual hasta la despuntadora.

Esta máquina es accionada interiormente por medios de dos sierras de disco en forma paralela, con un espesor de corte de 4 mm, y es manipulada por el operador de la misma.

3.10. Despuntadora (cabeceadora)

Llamada también cabeceadora, esta máquina es de tipo pendular y realizó los cortes transversal o perpendicular al eje de la tabla, cortando los extremos de las tablas o tablones de tal forma que estos tengan ángulos rectos en los extremos, eliminando de esta forma defectos que presente la tabla.

FAO (1982), indica que las despuntadoras deben cumplir las siguientes funciones:

- Cortar las puntas de las tablas, tablones y vigas a escuadra con el eje longitudinal
- Cortar las tablas, tablones y vigas con longitudes normalizadas de acuerdo con las demandas del mercado.
- Cortar y alinear los defectos, a fin de mejorar el valor en el mercado.

3.11. Pulguero hidráulico

Ejecuta automáticamente el espesor de la hoja de desdoble a ser aserrado, accionado por el pulgueador, pero por ser demasiado lento se lo desinstalo y se realizó manualmente.

3.12. Sala de afilado

Permitió aprovisionar en forma permanente sierras cintas o circulares debidamente acondicionadas para todas las actividades del aserrío y re aserrío. Consta de los siguientes elementos:

- Una afiladora automática
- Una aplanadora de sierra
- Una prensa para sostener la sierra y soldarla
- Trabadora
- y otros

En este ambiente se ejecutan los trabajos de:

- Amoldado
- Tensionado
- Aplanado
- Trabado
- Estelitado
- Etc.

También esta sala sirve como depósito de sierras, cintas y accesorios de los mismos.

3.13. Equipos auxiliares en el aserrío

El aserradero consta de lo siguiente:

- Utilizó una maquina cargadora para transportar las trozas desde la zona de almacenaje de trozas hasta el muelle de alimentación de trozas.
- Un muelle de alimentación de trozas para facilitar la carga de las trozas en el carro de la sierra principal.
- Un sistema de volteo de troza hidráulico, para girarlas colocándolas en el carro en la mejor posición para el aserrado.
- Un sistema de rodillos transportadores transversales para recibir las piezas aserradas por la sierra principal y transportarlas a la canteadora o desorilladora.

- Mesas de caballetes para recibir y mantener las piezas en espera de pasar a la desorilladora (canteadora).
- Bastidores de rodillos de salida que reciban las tablas procedentes de la desorilladora.

3.14. Descripción de la maquinaria utilizada

Para el procesamiento y transformación de la madera en trozas a madera aserrada, la empresa utilizó un aserradero marca Schiffer modelo D334 de 1,35cm diámetro de volante, 100 HP y un carro porta trozas de 5 m de largo. En el siguiente cuadro se detallan los equipos con los que cuenta el aserradero:

Cuadro 5. Equipo y maquinaria para procesamiento Transformación Industrial y mantenimiento.

Tipos de equipo y maquinaria	Marca	Modelo	Especificaciones técnicas	Año de compra
Aserradero	Shiffer	D334	1.35cm de diámetro del volante	1986
			100 hp	
			5 m largo del carro	
Equipo de afilación	Shiffer	4289		1986
Grupo generador	Catarpila Bambozi			1986
Desorilladora			Motor de 25 hp	1986
Despuntadora			Motor de 5 hp	1986
Despuntadora			Motor de 5 hp	1986
Múltiple			Motor de 25 hp	1986
Recuperadora			Motor de 15 hp	1986
Recuperadora			Motor de 15 hp	1986
Motosierras	Still	0.7		1986
Motosierra	Still	0.9		1986
Tanq. De al. Com.			Metalico de 20000	1986
Tanq. De al. Com			Metalico de 20000	1986
Tanq. De al. Com			Metalico de 20000	1986
Tanq. De al. Com			Metalico de 10000	1986
Tanq. De al. Com			Metalico de 5000	1986
Sierra sin fin	Shiffer	-----	-----	1986

Fuente propia de campo.

El espesor de los diferentes tipos de sierras de corte que se utilizaron es de 2 mm, de espesor y 8 pulgadas de ancho.

3.15. Personal

En cuanto al personal que trabaja en la planta de aserrío, para el presente estudio fue distribuido de la siguiente manera:

Cuadro N° 6. Número de personas por sección y función que desempeñan en el aserradero

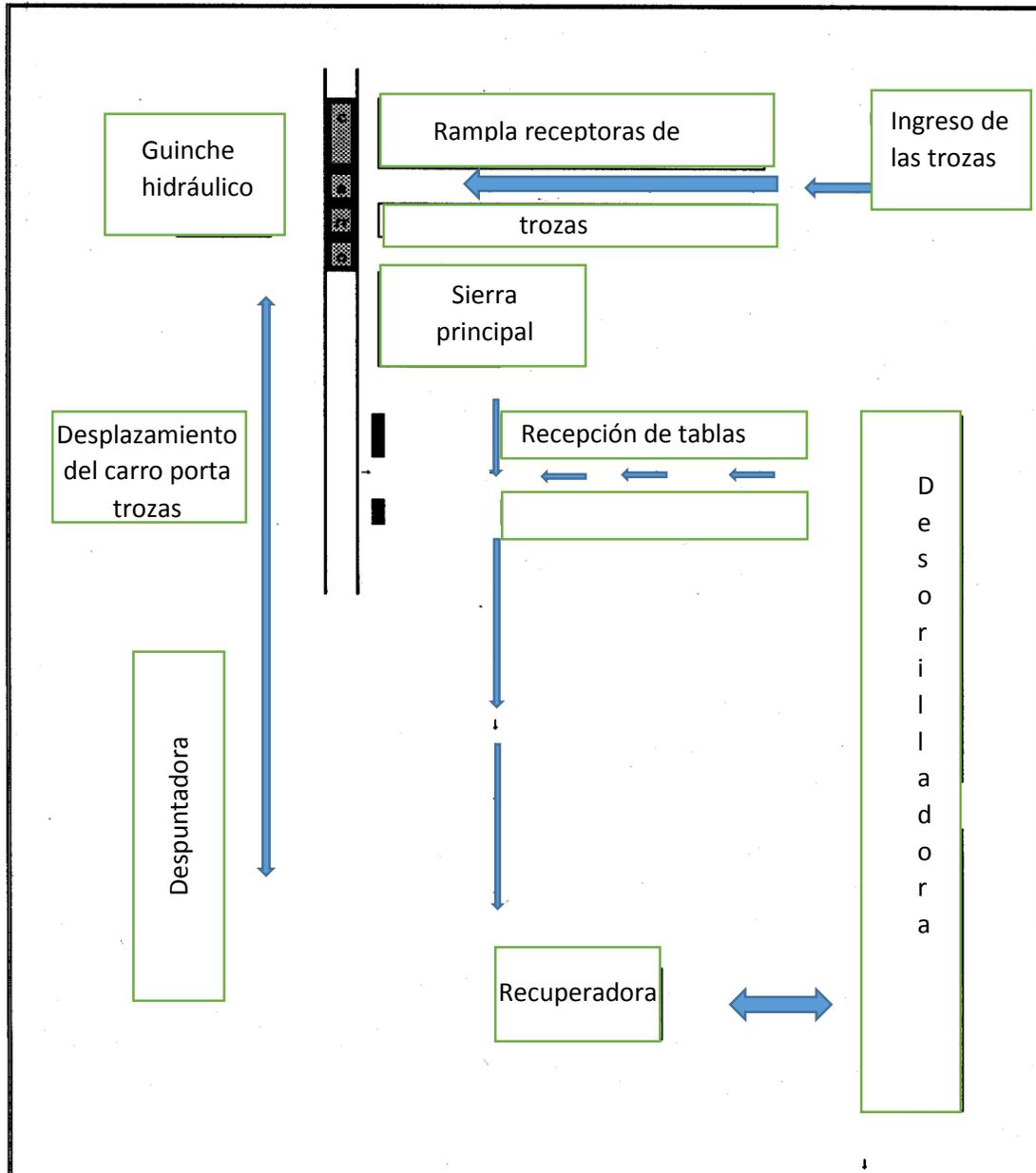
Sección	Numero	Función
Sierra principal	1	Palanquero o aserrador
	1	Pulgueador
	1	ayudante
Recepción de tablones	2	Recibidores
Desorilladora	1	Desorillador
	3	Ayudante
Despuntadoras	2	Despuntador
	3	Ayudante
Recuperadora	2	Recuperador
	3	Ayudante
Acomodadores	10	Acomodadores de madera acuerdo a su medida
Aserrinero	1	Recoger el aserrín que se acumula
Palero	1	Sacar el aserrín que se acumula en la sierra principal
Güincherero	1	Acomoda las trozas para subirlo al carro
Cubicación	2	Cubicador y motosierrista
encargado	1	Controlar que las actividades se desarrolle en forma normal

Total	35
--------------	-----------

Fuente propia de campo.

El aserradero trabaja en un solo turno de 8 horas, trabajando y 6 días a la semana y se realizaba el aserrado de las trozas de cuta amarilla 5 o 4 trozas por día dependiendo del diámetro y forma y de la especie Chiriguaná el aserrado por día estaba entre 6 o 7 trozas al día y para recabar todos los datos se requirió 20 días hábiles.

Figura N° 4. Distribución de la maquinaria La distribución de la maquinaria del aserradero se presenta en el siguiente flujo de la siguiente manera:



METODOLOGÍA

Paso 1.- Selección de la muestra y cantidad de trozas

Para iniciar los estudios de rendimiento de aserrío, los centros de transformación deberán tener un mínimo de 100 trozas almacenadas en su patio de acopio para las especies consideradas como abundantes, y 50 trozas para especies consideradas como poco abundantes.

En otro caso que no se pueda obtener el número de trozas requerida se trabajó con lo mínimo de trozas que conformará la muestra de especies consideradas como abundantes deberá ser de 50, y para las especies poco abundantes el mínimo de trozas por muestra deberá ser de 30 para este estudio se trabajó con 50 trozas para la especie Chiriguana, y 30 trozas para la especie Cuta amarilla.

Para determinar si una especie es abundante (≥ 1 ind/ha) o poco abundante (< 1 ind/ha), se deberá analizar los valores de densidad de cada una de las especies a estudiar a partir de la información proporcionada en los censos forestales.

La aleatorización de las trozas, se efectuó por el personal de la ABT y el representante o profesional encargado de la empresa o aserradero. Para este fin, el representante o profesional encargado de la empresa o aserradero, hizo llegar un detalle de la cantidad de trozas que se encontraban en el patio de acopio del aserradero con un mínimo de 15 días de anticipación a la fecha de inicio del estudio de rendimiento a la ABT o Dirección Departamental. Las trozas almacenadas en el patio de acopio, abarcaron las variabilidades dasométricas de Secciones (A, B, C,), y tuvieron que tener las clases diamétricas y Calidad (1, 2, 3).

Las trozas se clasificaron en primera, segunda y tercera calidad y los datos que se tomaron en cuenta para reconocer la calidad de las trozas en cuanto a la forma que presentan son los siguientes: (Según LABONAC, 1991):

a) Cilíndrica: Cuando la forma general se aproxima a la de un cilindro.

b) Semi – cilíndrica: Cuando la forma general no se aproxima a la de un cilindro.

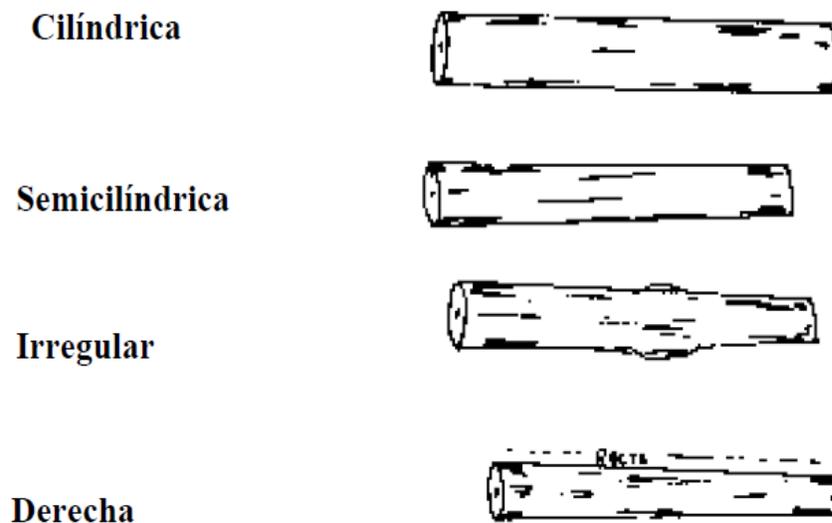
c) **Irregular:** Si el prisma formado tiene irregularidades.

También se tomaron en cuenta la rectitud de la troza de la siguiente manera:

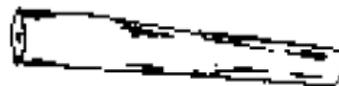
- 1) **Derecha:** Se la troza es recta en toda su longitud.
- 2) **Sinuosa:** Cuando en algún sector de la troza existe un alejamiento excesivo del eje longitudinal de la misma.
- 3) **Semi – sinuosa:** Si este alejamiento del eje longitudinal de la troza no es demasiado.
- 4) **Torcida:** Cuando presenta gran desviación longitudinal formando ángulo.

Además, se estimó el estado sanitario de las trozas visualmente por sus defectos, (rajadura, hongos, pudriciones, nudos, etc.).

Figura N° 5. Clasificación de las trozas



Semisinuosa



Sinuosa



Torcida



Según el Proyecto BOLFOR 1997.

Las trozas acopiadas en el patio de acopio no representaron a toda esta variabilidad dasométrica mencionada, y que generalmente se presentó en los compartimientos de la AAA, se realizó una nueva selección de las trozas.

Los aserraderos que no poseen áreas de aprovechamiento, y que se abastecen de diferentes derechos forestales, tienen que tener una variabilidad de trozas en el patio de acopio, que por lo general ingresa al aserradero.

En caso de que los aserraderos no puedan llegar a cumplir con el número mínimo de trozas exigidas en el presente documento debido a que no cuentan con áreas bajo manejo que le permita cumplir con el número mínimo de trozas, estos podrán realizar agrupaciones con otros centros de transformación que tengan las mismas características de maquinaria, y obtengan el mismo tipo de producto, y contengan trozas procedentes de una misma eco región, pudiendo finalmente así, conseguir el número de trozas requeridas para la realización del estudio de rendimiento.

Paso 2.- Separación de las trozas seleccionadas

Los estudios de rendimiento de aserrío deben realizarse de manera separada para cada una de las especies. Esto, con la finalidad de evitar confusión y de no mezclar los datos al momento de registrar la información en las planillas. Por lo tanto, primero se realizó la separación de las trozas seleccionadas de cada una de las especies en el patio de

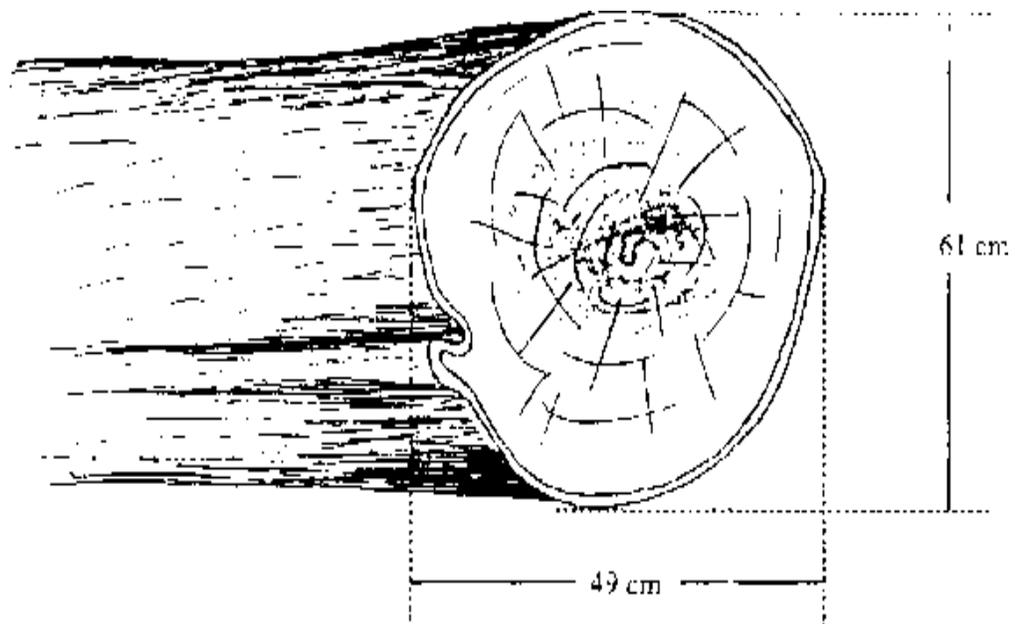
acopio del aserradero. Una vez separadas las trozas seleccionadas, se llevó a cabo el marcado y codificación de las trozas para su respectivo seguimiento.

Paso 3: Medición de las trozas

Una vez que fueron marcadas o codificadas las trozas, se han medido su longitud (en metros), así también como sus diámetros incluyendo la corteza (con cáscara) en los extremos mayor y menor (en metros), Para ello se utilizó una cinta diamétrica.

En cada extremo por lo menos se han tenido, y si el área es, irregular se podrá medir más de dos veces, para posteriormente sacar un promedio del diámetro. A continuación, se muestra una gráfica con dos mediciones de diámetro en cada extremo de la troza según la Resolución Administrativa y la Directriz Técnica ABT N° 004/2012.

Figura N° 6. Medición del diámetro



Según el estudio de rendimiento del Cambara Macho (2015).

$$\text{volumen m}^3 = 0.7854 * \frac{dM^2 + dm^2}{2} * L$$

Donde:

dM = diámetro promedio mayor (m)

dm = diámetro promedio menor (m)

L = longitud (m)

También, se debe corroborar el volumen de la troza que fue reportado en los CFO's que se utilizaron para el transporte de las trozas seleccionadas hasta el patio de acopio del centro de transformación, con el volumen de la troza determinado en el patio de acopio previa a la realización del estudio de rendimiento según el Proyecto BOLFOR 1997.

Paso 4: Proceso de aserrío

El proceso de aserrío consta de una serie de operaciones que van desde que las trozas son colocadas sobre la sierra, hasta que son convertidas en madera aserrada como tablas, tablones, vigas, etc.

Las trozas que fueron seleccionadas para la obtención del rendimiento, normalmente se trasladado mediante un guinche al carro porta troza, donde por medio del mismo se ejecutó el corte en la sierra cinta o sierra principal, saliendo de allí convertidos en tablones que posteriormente son recibidos en la plataforma receptora. Durante el proceso de aserrío se tomó en cuenta el marcado de tablas, la medición y cuantificación de las tablas, y la cuantificación del volumen recuperado.

Figura N° 7: Proceso de aserrado de las trozas con sus respectivos volteos

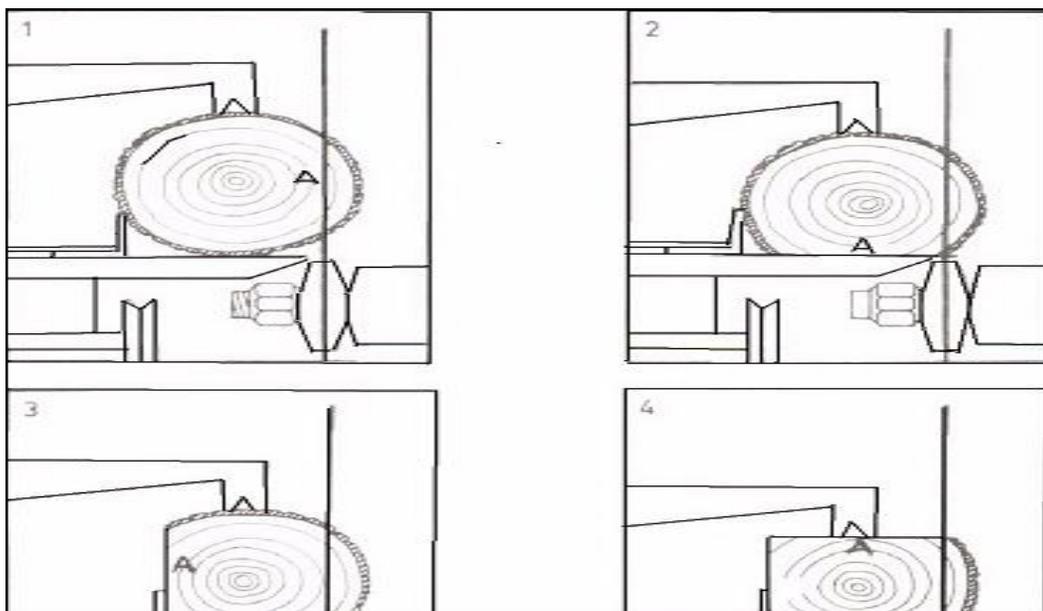
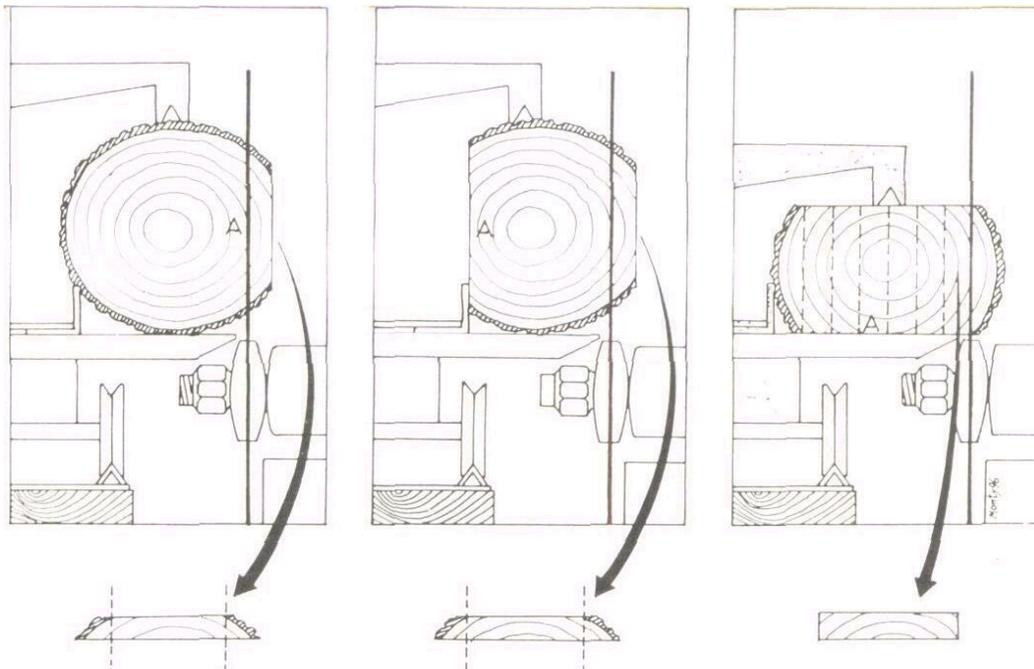


Figura N° 8: Aserrado de trozas con cortes tangenciales, radiales y longitudinales



Según el estudio de rendimiento del Cambara Macho (2015).

- **Marcado de tablas**

Las tablas resultantes del aserrío, se marcaron en su superficie o reduciendo en paralelo las puntas de cada tabla con algún tipo de marcador semipermanente (ejemplo: crayones). Según iban saliendo las tablas, estas se acopiaron en un área preparada para su efecto.

- **Medición y clasificación de tablas**

Una vez desorillada y despuntada todas las tablas, inmediatamente y por efectos prácticos, se procedió a tomar las medidas correspondientes a cada pieza producto del aserrío como el ancho y espesor (en pulgadas) y largo (en pies). Los resultados de las mediciones de ancho son registrados en valores enteros (sin decimales), los mismos que son obtenidos según el siguiente criterio:

Cuadro N° 7: Valor obtenido en la medición

Valor obtenido en la medición	Valor considerado en la toma de datos
$6^{1/4}$	6
$6^{1/2}$	6
$6^{3/4}$	7

Según el estudio de rendimiento del Cambara Macho (2015).

La clasificación de las tablas por calidad, se realizó bajo los siguientes criterios expresados por las normas NHLA. También se clasificó por su largo en: madera corta (menor a 7 pies) y madera larga (mayor o igual a 7 pies).

- **Cuantificación del volumen de la madera residual del proceso de aserrío**

Este producto se cuantificó ya que es un residuo que es parte de la troza y muchas veces es comercializado para ser utilizada como leña, fabricación de palos de escoba, cajas, etc. Este volumen se cuantificó midiendo las piezas en

ancho, largo y espesor en pies tablares, pero el método más conveniente es el que propuso BOLFOR.

Paso 5: Cubicación de la madera aserrada

- **Cubicación de la Madera Aserrada (tablas)**

Se determinó el volumen en tablas y se aplicó la siguiente fórmula:

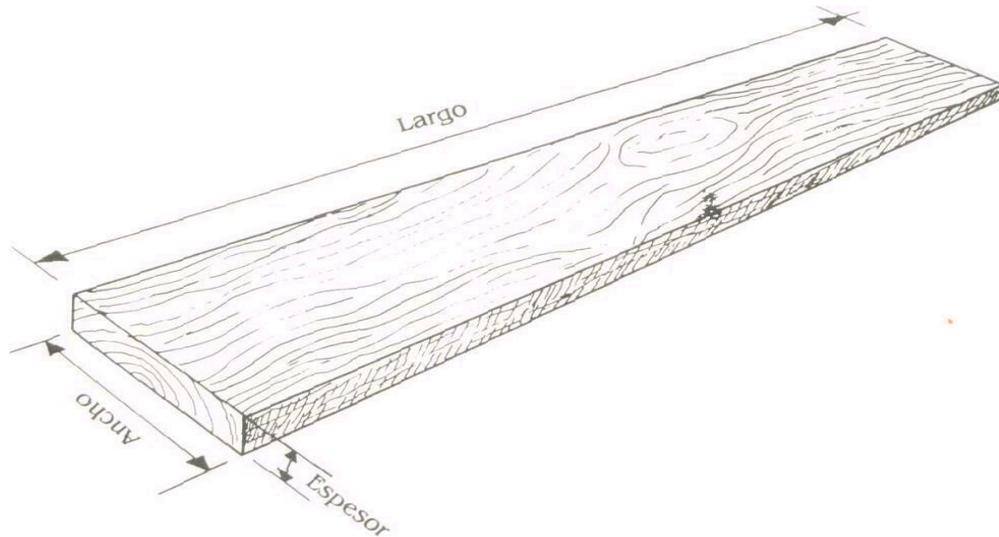
$$\text{Volumen} = \frac{L * A * E}{12}$$

L = longitud de la tabla en (pies)

A = ancho de la tabla en (pulgadas)

E = espesor de la tabla en (pulgadas)

Figura N° 9: Medición de madera aserrada



Según el estudio de rendimiento del Cambara Macho (2015).

Para fines se realizó los cálculos de rendimiento de aserrío, el volumen en pies tablares se transformó en metros cúbicos (m³). Para esto se consideró que un metro cúbico tiene 423,84 pies tablares.

Paso 6.- Determinación del volumen de desperdicios

El volumen de desperdicios se calculó de la diferencia del volumen de madera en rollo menos el volumen de madera aserrada.

Volumen de desperdicios = volumen de la troza – volumen de madera aserrada

Cubicación de la Madera Residual del Proceso de Aserrío

Como muchas veces los productos residuales tienen formas irregulares, estos se expresaron en volúmenes estimados a partir de su medición de sus partes más regulares.

Paso 7.- Determinación del rendimiento de aserrío

Se obtuvo el rendimiento en porcentajes se aplicó la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\text{volumen en tablas (m}^3\text{s)}}{\text{volumen en troza (m}^3\text{ r)}} * 100$$

El cálculo de rendimiento de aserrío de madera se realizó para cada una de las trozas, de tal manera que posteriormente se ha obtenido un promedio del rendimiento de aserrío, así también su desviación estándar, error estándar, intervalo de confianza y coeficiente de variación.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos como producto de la realización del trabajo se presentan a continuación.

4.1. Cubicación de las trozas de la especie Chiriguana

La cubicación de las trozas se realizó de acuerdo a la metodología descrita en el paso 3, Se realizó la cubicación de 50 trozas las cuales fueron seleccionadas de la especie Chiriguana (*Simarouba amara Aublet*), obteniendo un volumen total de madera en troza de **65,20 m³t**. La cual se demuestra en el cuadro N° 8:

Cuadro N° 8: Cubicación de las trozas muestreadas de la especie Chiriguana.

ID	ESPECIE	DM	dm	LARGO (m)	VOLUMEN m ³
1	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,58	0,50	5,60	1,28
2	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,48	0,46	3,37	0,58
3	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,69	0,67	3,45	1,25
4	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,52	0,44	5,47	0,99
5	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,55	0,53	3,06	0,70
6	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,54	0,44	3,32	0,63
7	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,59	0,58	3,04	0,82
8	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,48	0,46	4,89	0,85
9	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,49	0,44	6,45	1,10
10	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,99	0,72	5,54	3,18
11	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,64	0,54	6,25	1,71
12	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,44	0,43	2,67	0,40
13	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,65	0,58	4,56	1,35
14	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,60	0,60	3,85	1,09
15	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,53	0,53	5,40	1,19
16	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,51	0,50	3,25	0,65
17	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,50	0,45	3,66	0,65
18	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,78	0,68	4,00	1,67
19	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,68	0,66	5,71	2,01
20	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,49	0,48	5,96	1,10
21	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,75	0,65	5,45	2,10
22	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,65	0,65	6,45	2,14
23	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,53	0,51	3,90	0,83
24	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,51	0,47	4,32	0,81
25	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,43	0,42	3,19	0,45
26	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,64	0,56	5,96	1,69
27	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,56	0,55	5,92	1,43
28	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,55	0,48	4,97	1,04
29	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,61	0,52	5,98	1,50
30	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,52	0,50	3,97	0,81
31	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,50	0,46	2,78	0,50
32	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,67	0,65	5,40	1,85
33	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,63	0,63	4,01	1,25
34	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,63	0,58	4,33	1,24
35	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,74	0,63	4,97	1,83
36	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,84	0,69	6,06	2,79
37	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,63	0,50	6,24	1,56
38	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,88	0,71	5,98	2,97
39	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,64	0,57	4,92	1,41
40	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,82	0,66	3,95	1,70
41	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,66	0,64	3,83	1,27
42	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,55	0,50	2,96	0,64
43	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,45	0,40	4,00	0,57
44	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,75	0,69	5,57	2,27
45	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,75	0,66	4,98	1,94
46	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,48	0,42	5,40	0,86
47	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,55	0,54	4,15	0,97
48	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,69	0,51	5,46	1,54
49	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,51	0,45	4,30	0,78
50	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)	0,62	0,59	4,35	1,25
					65,20

Elaboración propia

4.2. Volumen madera en troza vs madera aserrada

El rendimiento de aserrío promedio obtenido para 50 trozas que fueron evaluadas son las siguientes: para la especie Chiriguana (*Simarouba amara Aublet*), es de 46,26 %. Este rendimiento se obtuvo en base al resultado final de la madera aserrada en metros cúbicos. Donde se consideró que la madera corta es desde 2 pies hasta 6 pies de largo y la madera larga que es desde 7 pies hacia arriba de largo.

Cuadro N° 9: Rendimiento en Porcentaje

ID	Vol. m ³ r	Vol. m ³ s	rend. Pt	% rend. Total
1	1,28	0,60	255,17	46,92
2	0,58	0,21	87,83	35,43
3	1,25	0,67	284,29	53,51
4	0,99	0,41	175,88	41,91
5	0,70	0,24	102,50	34,50
6	0,63	0,29	127,92	45,93
7	0,82	0,34	142,33	41,08
8	0,85	0,53	225,17	62,60
9	1,10	0,50	211,67	45,58
10	3,18	1,31	557,17	41,31
11	1,71	0,78	332,38	45,88
12	0,40	0,18	77,63	46,14
13	1,35	0,51	216,79	37,75
14	1,09	0,54	227,54	49,30
15	1,19	0,52	219,58	43,47
16	0,65	0,30	128,42	46,53
17	0,66	0,31	129,79	46,22
18	1,67	0,68	289,08	40,72
19	2,01	0,94	398,42	46,68
20	1,10	0,49	207,75	44,50
21	2,10	1,13	479,13	53,88
22	2,14	1,03	435,13	47,95
23	0,83	0,37	156,67	44,61
24	0,81	0,36	151,29	43,80
25	0,45	0,17	72,33	37,70
26	1,69	0,85	361,67	50,62
27	1,43	0,65	274,29	45,17
28	1,04	0,46	193,71	44,13
29	1,50	0,68	287,79	45,27
30	0,81	0,32	136,25	39,62
31	0,50	0,17	70,17	32,90
32	1,85	1,13	480,67	61,36
33	1,25	0,88	372,50	70,28
34	1,24	0,63	265,08	50,23
35	1,83	0,78	328,75	42,33
36	2,79	1,19	504,75	42,74
37	1,56	0,79	333,83	50,33
38	2,97	1,37	580,96	46,16
39	1,41	0,64	272,46	45,43
40	1,70	0,84	357,50	49,63
41	1,25	0,54	229,71	43,29
42	0,64	0,24	100,29	36,91
43	0,57	0,22	94,58	39,31
44	2,27	1,12	473,04	49,20
45	1,94	0,83	353,67	42,91
46	0,86	0,41	173,54	47,66
47	0,97	0,37	158,79	38,68
48	1,54	0,57	243,00	37,12
49	0,78	0,38	161,33	48,90
50	1,25	0,69	294,58	55,56
Total	65,20	30,16	12794,75	2279,62
Promedio	1,30	0,60	255,90	46,26

Elaboración propia

Cuadro N° 10: Ejemplo del cálculo de volumen de madera aserrada (troza 1)

ID	ESPECIE			DM	dm	LARGO (m)	VOLUMEN m³		
1	CHIRIGUANA (Simarouba amara Aublet)			0,58	0,50	5,60	1,28		

MADERA ASERRADA				ESPECIE: CHIRIGUANA					
ID	N° HOJA	N° GUIA REND.	N° TABLA	LARGO (pie)	ANCHO (pulgadas)	ESPESOR (pulgadas)	TIPO DE PRODUCTO (mad. Larga, Corta, mad. Recuperacion)	VOLUMEN (pie)	VOLUMEN (m3s)
1	1	C 4	1	17	7	1	Chiriguana Largo	9,92	0,023
2	1	C 4	1	16	8	2	Chiriguana Largo	21,33	0,050
3	1	C 4	1	16	8	1,5	Chiriguana Largo	16,00	0,038
4	1	C 4	1	16	8	1	Chiriguana Largo	10,67	0,025
5	1	C 4	1	16	6	1	Chiriguana Largo	8,00	0,019
6	1	C 4	1	15	10	1	Chiriguana Largo	12,50	0,029
7	1	C 4	1	14	8	2	Chiriguana Largo	18,67	0,044
8	1	C 4	1	13	11	2	Chiriguana Largo	23,83	0,056
9	1	C 4	1	13	8	1,5	Chiriguana Largo	13,00	0,031
10	1	C 4	1	13	7	1	Chiriguana Largo	7,58	0,018
11	1	C 4	1	13	8	1	Chiriguana Largo	8,67	0,020
12	1	C 4	1	12	8	2	Chiriguana Largo	16,00	0,038
13	1	C 4	1	11	4	1	Chiriguana Largo	3,67	0,009
14	1	C 4	1	10	6	1	Chiriguana Largo	5,00	0,012
15	1	C 4	1	9	2	2	Chiriguana Largo	3,00	0,007
16	1	C 4	1	8	3	2	Chiriguana Largo	4,00	0,009
17	1	C 4	1	8	6	1,5	Chiriguana Largo	6,00	0,014
18	1	C 4	1	8	6	1,5	Chiriguana Largo	6,00	0,014
19	1	C 4	1	8	6	1	Chiriguana Largo	4,00	0,009
20	1	C 4	1	7	7	1,5	Chiriguana Largo	6,13	0,014
21	1	C 4	1	7	5	1,5	Chiriguana Largo	4,38	0,010
22	1	C 4	1	7	3	1,5	Chiriguana Largo	2,63	0,006
23	1	C 4	1	7	3	1,5	Chiriguana Largo	2,63	0,006
24	1	C 4	1	6	8	1,5	Chiriguana Corto	6,00	0,014
25	1	C 4	1	6	5	1	Chiriguana Corto	2,50	0,006
26	2	C 4	1	5	2	1	Chiriguana Corto	0,83	0,002
27	2	C 4	1	5	2	1	Chiriguana Corto	0,83	0,002
28	2	C 4	1	5	3	1	Chiriguana Corto	1,25	0,003
29	2	C 4	1	4	3	1,5	Chiriguana Corto	1,50	0,004
30	2	C 4	1	4	3	1,5	Chiriguana Corto	1,50	0,004
31	2	C 4	1	4	5	1	Chiriguana Corto	1,67	0,004
32	2	C 4	1	4	3	1	Chiriguana Corto	1,00	0,002
33	2	C 4	1	4	4	1	Chiriguana Corto	1,33	0,003
34	2	C 4	1	4	3	1	Chiriguana Corto	1,00	0,002
35	2	C 4	1	4	8	1	Chiriguana Corto	2,67	0,006
36	2	C 4	1	3	4	2	Chiriguana Corto	2,00	0,005
37	2	C 4	1	3	2	2	Chiriguana Corto	1,00	0,002
38	2	C 4	1	3	2	1,5	Chiriguana Corto	0,75	0,002
39	2	C 4	1	3	6	1,5	Chiriguana Corto	2,25	0,005
40	2	C 4	1	3	6	1	Chiriguana Corto	1,50	0,004
41	2	C 4	1	3	6	1	Chiriguana Corto	1,50	0,004
42	2	C 4	1	3	3	1	Chiriguana Corto	0,75	0,002
43	2	C 4	1	2	8	2	Chiriguana Corto	2,67	0,006
44	2	C 4	1	2	4	2	Chiriguana Corto	1,33	0,003
45	2	C 4	1	2	3	1,5	Chiriguana Corto	0,75	0,002
46	2	C 4	1	2	4	1,5	Chiriguana Corto	1,00	0,002
47	2	C 4	1	2	5	1	Chiriguana Corto	0,83	0,002
48	2	C 4	1	2	5	1	Chiriguana Corto	0,83	0,002
49	2	C 4	1	2	4	1	Chiriguana Corto	0,67	0,002
50	2	C 4	1	2	4	1	Chiriguana Corto	0,67	0,002
51	3	C 4	1	2	3	1	Chiriguana Corto	0,50	0,001
52	3	C 4	1	2	3	1	Chiriguana Corto	0,50	0,001
								0,60	

4.3. Producción del aserradero por largo

La producción del volumen promedio aserrado obtenido para 50 trozas evaluadas son 19,56 % de producción de madera corta y 80,44 % producción de madera larga este rendimiento se obtuvo en base al resultado final de la madera aserrada en pies tablares que se obtuvo durante el proceso de aserrío de las trozas seleccionadas.

Cuadro N° 11: Producción y Rendimiento de madera larga y madera corta.

ESPECIE	ESPEORES			TOTAL	VOL. M3	VOL. M3	RENDIMIENTO
	1"	1,5"	2"	PIE TABLAR	MADERA AS.	TROZA	%
CHIRIGUANA LARGO	3.622	1.991	4.673	10.286	24,259		80,44%
CHIRIGUANA CORTO	1.090	578	833	2.501	5,899		19,56%
TOTAL =====>	4.712	2.569	5.506	12.787	30,158	65,20	46,26

Elaboración propia

4.4. Estadísticas del rendimiento volumen Troza Vs. Tabla

El coeficiente de determinación encontrado es $R^2 = 0,921$ de la especie Chiriguana, como este resultado está próximo a 1, nos indica que existe una alta intensidad de correlación entre los resultados de rendimiento de madera aserrada producido y el volumen de madera en troza.

Ecuación de regresión: Mediante la ecuación de regresión se puede ver el valor de CORRELACION que hay entre el volumen troza y volumen en tabla.

Cuadro N° 12: Análisis de la regresión

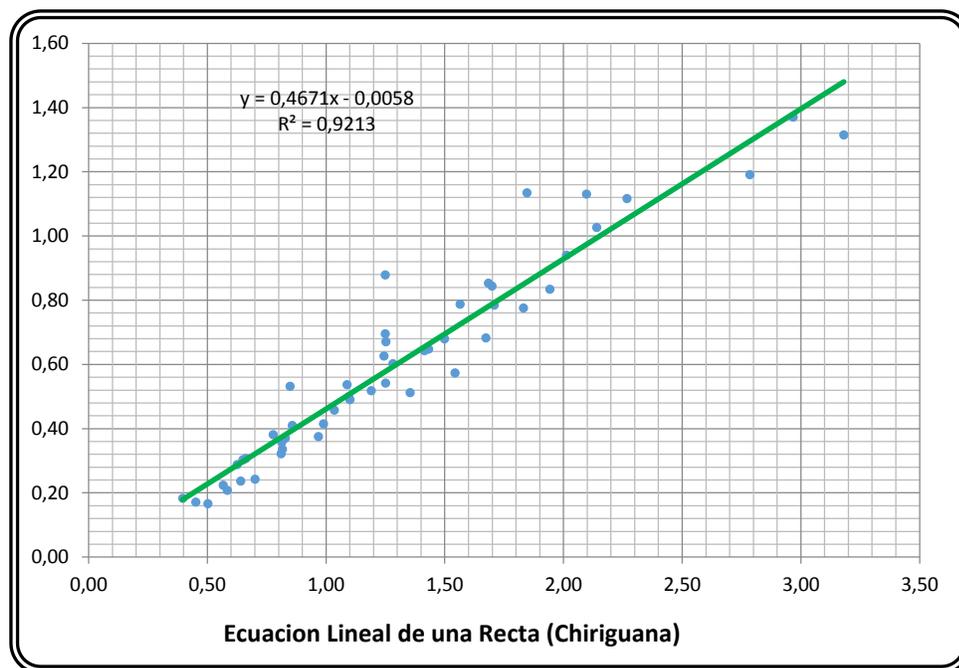
Troncas	Vol. Troz.	Vol. Aserrado	X*	Y*	XY
	X	Y			
1	1,28	0,60	1,64	0,36	0,77
2	0,58	0,21	0,34	0,04	0,12
3	1,25	0,67	1,57	0,45	0,84
4	0,99	0,41	0,98	0,17	0,41
5	0,70	0,24	0,49	0,06	0,17
6	0,63	0,29	0,39	0,08	0,18
7	0,82	0,34	0,67	0,11	0,27
8	0,85	0,53	0,72	0,28	0,45
9	1,10	0,50	1,20	0,25	0,55
10	3,18	1,31	10,12	1,73	4,18
11	1,71	0,78	2,92	0,61	1,34
12	0,40	0,18	0,16	0,03	0,07
13	1,35	0,51	1,83	0,26	0,69
14	1,09	0,54	1,18	0,29	0,58
15	1,19	0,52	1,42	0,27	0,62
16	0,65	0,30	0,42	0,09	0,20
17	0,66	0,31	0,44	0,09	0,20
18	1,67	0,68	2,80	0,46	1,14
19	2,01	0,94	4,05	0,88	1,89
20	1,10	0,49	1,21	0,24	0,54
21	2,10	1,13	4,40	1,28	2,37
22	2,14	1,03	4,58	1,05	2,20
23	0,83	0,37	0,69	0,14	0,31
24	0,81	0,36	0,66	0,13	0,29
25	0,45	0,17	0,20	0,03	0,08
26	1,69	0,85	2,84	0,73	1,44
27	1,43	0,65	2,05	0,42	0,93
28	1,04	0,46	1,07	0,21	0,47
29	1,50	0,68	2,25	0,46	1,02
30	0,81	0,32	0,66	0,10	0,26
31	0,50	0,17	0,25	0,03	0,08
32	1,85	1,13	3,41	1,29	2,09
33	1,25	0,88	1,56	0,77	1,10
34	1,24	0,63	1,55	0,39	0,78
35	1,83	0,78	3,35	0,60	1,42
36	2,79	1,19	7,76	1,42	3,32
37	1,56	0,79	2,45	0,62	1,23
38	2,97	1,37	8,81	1,88	4,07
39	1,41	0,64	2,00	0,41	0,91
40	1,70	0,84	2,89	0,71	1,43
41	1,25	0,54	1,57	0,29	0,68
42	0,64	0,24	0,41	0,06	0,15
43	0,57	0,22	0,32	0,05	0,13
44	2,27	1,12	5,14	1,24	2,53
45	1,94	0,83	3,78	0,70	1,62
46	0,86	0,41	0,74	0,17	0,35
47	0,97	0,37	0,94	0,14	0,36
48	1,54	0,57	2,38	0,33	0,88
49	0,78	0,38	0,61	0,14	0,30
50	1,25	0,69	1,56	0,48	0,87
TOTAL	65,20	30,16	105,46	23,04	48,88
PROMEDIO	1,30	0,60			

Elaboración propia

Ejemplo

Troza	Vol. Troza	Vol. M. A.	X^2	Y^2	XY
	X	Y			
1	1.28	0.60	1.64	0.36	0.77

Figura N° 10: Correlación de volumen en tabla y volumen en troza (Chiriguana)



4.5. Modelo Matemático

Realizado, los cálculos estadísticos, se llegó al siguiente modelo matemático, de regresión lineal (ecuación de la recta).

$$y = ax + b$$

$$y = (0,46x) - (0,005)$$

4.6. Análisis Estadístico

Los resultados estadísticos obtenidos para el análisis de las medidas de tendencia central del comportamiento de la población muestral se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 13: Resultados estadísticos expresados en porcentajes (%)

Especie	Parámetros	Promedio	Desviación Estandar	Error Estándar	Coefficiente de variación
Chiriguana (Simarouba amara Aublet)	% rendimiento general	46,26	7,02	0,99	0,15
	% rendimiento madera Corta	9,05	6,01	0,85	0,66
	% rendimiento madera Larga	37,21	9,78	1,38	0,26

Los límites de confianza para la especie Chiriguana son los siguientes:

$$46.26 - 2(0.99) = \mathbf{44.28 \%}$$

$$46.26 + 2(0.99) = \mathbf{48.24\%}$$

El Rendimiento general se encuentran entre estos límites de confianza que son desde 48,24 % y 44,28 %. El error estándar está por debajo del 5% de la probabilidad del error esperado.

4.7. Madera residual

Como muchas veces los productos residuales poseen formas irregulares, y por estas condiciones no se pueden realizar mediciones de manera directa y estos pueden ser expresados en volúmenes estimados y el volumen del material residual es de **35,04 m³** lo que representa un porcentaje promedio muy alto de desperdicios que es de 53,74 %.

Volumen de desperdicios = volumen de la troza – volumen de madera aserrada

Cuadro N° 14: Cubicación de trozas muestreadas (Cuta amarilla)

ID	ESPECIE	DM	dm	LARGO (M)	VOLUMEN (M3)
1	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,60	0,57	3,28	0,88
2	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,57	0,57	2,53	0,65
3	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,64	0,64	5,97	1,92
4	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,64	0,64	5,00	1,61
5	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,64	0,61	2,61	0,80
6	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,64	0,60	5,00	1,51
7	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,63	0,60	4,44	1,32
8	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,69	0,67	4,07	1,48
9	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,67	0,60	3,51	1,11
10	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,60	0,59	3,11	0,87
11	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,98	0,94	3,75	2,71
12	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,67	0,66	4,02	1,40
13	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,60	0,60	3,27	0,92
14	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,60	0,59	4,98	1,38
15	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,70	0,58	5,25	1,69
16	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,58	0,53	4,78	1,16
17	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,76	0,74	3,93	1,74
18	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,70	0,70	3,03	1,17
19	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,82	0,76	5,65	2,77
20	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,70	0,70	3,52	1,35
21	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,65	0,59	6,40	1,93
22	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,85	0,80	6,23	3,33
23	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,55	0,50	3,96	0,86
24	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,76	0,71	3,74	1,59
25	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,70	0,59	6,08	1,99
26	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,59	0,56	5,45	1,42
27	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,73	0,61	4,63	1,63
28	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,75	0,64	3,59	1,36
29	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,80	0,75	3,56	1,68
30	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,89	0,78	3,06	1,68
				Total	45,89

Elaboración propia.

4.9.Volumen madera en troza Vs madera aserrada

El rendimiento de aserrío promedio obtenido para 30 trozas evaluadas de la especie cuta amarilla (*Apuleia leiocarpa* (*J. Vogel*) *J. F. Macbr.*), es de 49,86 %. Este rendimiento se obtuvo en base al resultado final de la madera aserrada en metros cúbicos. Donde se consideró la madera corta que es desde 2 pies hasta 6 pies de largo y la madera larga desde 7 pie hacia arriba de largo.

Cuadro N° 15: Rendimiento en porcentaje

ID	Vol. m ³ r	Vol. Pt.	Vol. m ³ s	Rend.%
1	0,88	191,67	0,45	51,27
2	0,65	128,83	0,30	47,05
3	1,92	492,50	1,16	60,49
4	1,61	341,33	0,81	50,08
5	0,80	171,92	0,41	50,64
6	1,51	342,58	0,81	53,53
7	1,32	258,08	0,61	46,17
8	1,48	321,75	0,76	51,36
9	1,11	225,08	0,53	47,76
10	0,87	165,92	0,39	45,26
11	2,71	672,58	1,59	58,56
12	1,40	293,08	0,69	49,39
13	0,92	185,92	0,44	47,68
14	1,38	308,25	0,73	52,70
15	1,69	343,50	0,81	47,96
16	1,16	248,08	0,59	50,46
17	1,74	397,50	0,94	53,90
18	1,17	234,67	0,55	47,32
19	2,77	642,67	1,52	54,74
20	1,35	195,67	0,46	34,20
21	1,93	394,83	0,93	48,27
22	3,33	664,92	1,57	47,11
23	0,86	177,58	0,42	48,89
24	1,59	334,33	0,79	49,71
25	1,99	395,75	0,93	46,99
26	1,42	297,75	0,70	49,65
27	1,63	336,50	0,79	48,71
28	1,36	329,50	0,78	57,16
29	1,68	347,67	0,82	48,83
30	1,68	355,67	0,84	49,95
Total	45,89	9.796	23,11	1.495,76
Promedio	1,53	326,54	0,77	49,86

Elaboración propia.

Cuadro N° 16: Ejemplo del cálculo de volumen de madera aserrada (troza 1)

ID	ESPECIE	DM	dm	LARGO (M)	VOLUMEN (M3)
1	CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	0,60	0,57	3,28	0,88

MADERA ASERRADA				ESPECIE: CUTA AMARILLA					
ID	N° HOJA	N° GUIA REND.	N° TABLA	LARGO (pie)	ANCHO (pulgadas)	ESPESOR (pulgadas)	TIPO DE PRODUCTO (mad. Larga, Corta, mad. Recuperacion)	VOLUMEN (pie)	VOLUMEN (m3s)
842	32	C1	1	10	10	2	Cuta Amarilla Largo	16,67	0,039
843	32	C1	1	10	13	2	Cuta Amarilla Largo	21,67	0,051
844	32	C1	1	10	10	2	Cuta Amarilla Largo	16,67	0,039
845	32	C1	1	10	11	2	Cuta Amarilla Largo	18,33	0,043
846	32	C1	1	10	9	2	Cuta Amarilla Largo	15,00	0,035
847	32	C1	1	10	6	2	Cuta Amarilla Largo	10,00	0,024
848	32	C1	1	10	9	2	Cuta Amarilla Largo	15,00	0,035
849	32	C1	1	10	9	2	Cuta Amarilla Largo	15,00	0,035
850	32	C1	1	10	9	2	Cuta Amarilla Largo	15,00	0,035
851	32	C1	1	10	10	2	Cuta Amarilla Largo	16,67	0,039
852	32	C1	1	10	5	1	Cuta Amarilla Largo	4,17	0,010
853	32	C1	1	10	5	1	Cuta Amarilla Largo	4,17	0,010
854	32	C1	1	10	9	1	Cuta Amarilla Largo	7,50	0,018
855	32	C1	1	8	7	1	Cuta Amarilla Largo	4,67	0,011
856	32	C1	1	6	2	2	Cuta Amarilla Corto	2,00	0,005
857	32	C1	1	5	6	1	Cuta Amarilla Corto	2,50	0,006
858	32	C1	1	5	5	1	Cuta Amarilla Corto	2,08	0,005
859	32	C1	1	5	3	1	Cuta Amarilla Corto	1,25	0,003
860	32	C1	1	4	5	1	Cuta Amarilla Corto	1,67	0,004
861	32	C1	1	4	2	1	Cuta Amarilla Corto	0,67	0,002
862	32	C1	1	4	3	1	Cuta Amarilla Corto	1,00	0,002
									0,45

4.10. Producción del aserradero por largo

La producción del volumen promedio aserrado obtenido para 30 trozas evaluadas son 9,97 % de madera corta y 90,07 % de madera larga este rendimiento se obtuvo en base al resultado final de la madera aserrada en pies tablares.

Cuadro N° 17: Producción y Rendimiento de madera larga y madera corta.

ESPECIE	ESPEORES			TOTAL	VOL. M3	VOL. M3	TROZAS	RENDIMIENTO
	1"	1,5"	2"	PIETABLAR	PRODUCIDO	TROZA	ASERRADAS	%
CUTA AMARILLA LARGO	742	26	8.052	8.820	20,809			90,07%
CUTA AMARILLA CORTO	214	0	763	977	2,304			9,97%
TOTAL =====>	956	26	8.814	9.796	23,104	45,89	30	50,35

4.11. Estadísticas del rendimiento volumen Troza Vs. Tabla

El coeficiente de determinación encontrado es $R^2 = 0,9432$ y su coeficiente de correlación $r = 0,9711$, de la especie Cuta amarilla, como este resultado está próximo a 1, nos indica que existe una alta intensidad de correlación entre los resultados de rendimiento de madera aserrada producido y el volumen de madera en tronca consumida.

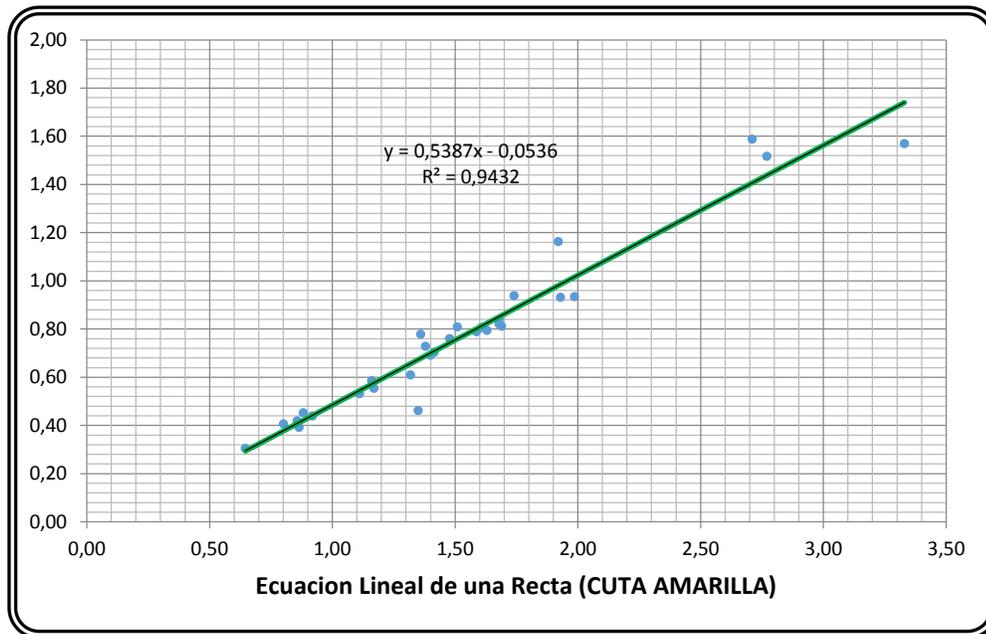
Ecuación de regresión: Mediante la ecuación de regresión se puede ver el valor de CORRELACION que hay entre el volumen troza y volumen tabla.

Cuadro N° 18: análisis de la regresión

Troncas	Vol. Troza	Vol. Aserrado	X*	Y*	XY
	X	Y			
1	0,88	0,45	0,78	0,20	0,40
2	0,65	0,30	0,42	0,09	0,20
3	1,92	1,16	3,69	1,35	2,23
4	1,61	0,81	2,59	0,65	1,29
5	0,80	0,41	0,64	0,16	0,32
6	1,51	0,81	2,28	0,65	1,22
7	1,32	0,61	1,74	0,37	0,80
8	1,48	0,76	2,18	0,58	1,12
9	1,11	0,53	1,24	0,28	0,59
10	0,87	0,39	0,75	0,15	0,34
11	2,71	1,59	7,34	2,52	4,30
12	1,40	0,69	1,96	0,48	0,97
13	0,92	0,44	0,85	0,19	0,40
14	1,38	0,73	1,90	0,53	1,00
15	1,69	0,81	2,86	0,66	1,37
16	1,16	0,59	1,35	0,34	0,68
17	1,74	0,94	3,03	0,88	1,63
18	1,17	0,55	1,37	0,31	0,65
19	2,77	1,52	7,67	2,30	4,20
20	1,35	0,46	1,82	0,21	0,62
21	1,93	0,93	3,72	0,87	1,80
22	3,33	1,57	11,09	2,46	5,22
23	0,86	0,42	0,73	0,18	0,36
24	1,59	0,79	2,52	0,62	1,25
25	1,99	0,93	3,95	0,87	1,86
26	1,42	0,70	2,00	0,49	0,99
27	1,63	0,79	2,66	0,63	1,29
28	1,36	0,78	1,85	0,60	1,06
29	1,68	0,82	2,82	0,67	1,38
30	1,68	0,84	2,82	0,70	1,41
Total	45,89	23,11	80,62	21,02	40,97
Promedio	0,92	0,77			

Elaboración propia.

Cuadro N° 11: Correlación de volumen en tabla y volumen en troza (Cuta amarilla)



4.12. Modelo Matemático

Realizado, los cálculos estadísticos, llego al siguiente modelo matemático, de regresión lineal (ecuación de la recta).

$$y = ax + b$$

$$y = (0,5387x) - (0,0536)$$

4.13. Análisis Estadístico

Los resultados estadísticos obtenidos para el análisis de las medidas de tendencia central del comportamiento de la población muestral se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 19: Resultados estadísticos expresados en porcentajes (%)

Especie	Parámetros	Promedio	Desviación Estandar	Error Estándar	Coefficiente de variación
CUTA AMARILLA (Apuleia leiocarpa (J. Vogel) J. F. Macbr.)	% rendimiento general	50,37	4,69	0,66	0,09
	% rendimiento madera Corta	5,02	3,79	0,54	0,76
	% rendimiento madera Larga	45,33	6,48	0,92	0,14

Elaboración propia.

Los límites de confianza para la especie cuta amarilla son los siguientes:

$$50.37 - 2(0.66) = \mathbf{49.05 \%}$$

$$50.37 + 2(0.66) = \mathbf{51.69 \%}$$

El Rendimiento general encontrado para la especie de Cuta amarilla es de 49.86 %, entre los rangos o límites de confianza que es de 51,69 % y el 49,05 %. El error estándar está por debajo del 5% de la probabilidad del error esperado.

4.14. Madera residual

Como muchas veces los productos residuales poseen formas irregulares, estos pueden ser expresados en volúmenes estimados y el volumen del material residual es de **22,78 m³** lo que representa un porcentaje promedio muy alto de desperdicios de 49.64 %.

Volumen de desperdicios = volumen de la troza – volumen de madera aserrada

$$\mathbf{Vd = Vm^3t - Vm^3s}$$

$$Vd = 45,89 \text{ m}^3 - 23,11 \text{ m}^3 = \mathbf{22,78 \text{ m}^3}$$

$$45.89 \text{ ————— } \mathbf{100 \%}$$

$$22.78 \text{ ————— } \mathbf{X}$$

$$\mathbf{X = 49.64 \%}$$

Porque $49.64 \% + 49.86 \% = 100$ total del rendimiento.

Resumen de los resultados obtenidos en el estudio.

Cuadro N° 20: Resultados de la especie Chiriguana

Especie	Resultados del estudio		
CHIRIGUANA		Volumén (m3)	Promedio
	Volumen en troza (m3)	65,2	1,3
	Volumen de madera aserrada (m3)	30.16	0,6
	Rendimiento en pies tablares (pt)	12.794,75	255,9
	Rendimiento total en %	2.279,62	46,26
	Rendimiento de la madera por su longitud		
		Volumén (m3)	Rendimiento en %
	Madera larga	24,259	80,44%
	Madera corta	5,899	19,56%
	Total	30,158	46,25%
	Volumen de desperdicios		
		Volumén (m3)	Rendimiento en %
	Desperdicios	35,04	57,74%

Cuadro N° 21: Resultados de la especie Cuta amarilla.

Especie	Resultados del estudio		
CUTA AMARILLA		Volumén (m3)	Promedio
	Volumen en troza (m3)	45,89	1,53
	Volumen de madera aserrada (m3)	23,11	0,77
	Rendimiento en pies tablares (pt)	9.796	326,53
	Rendimiento total en %	1.495,76	49,86
	Rendimiento de la madera por su longitud		
		Volumén (m3)	Rendimiento en %
	Madera larga	20,809	90,04%
	Madera corta	2,304	9,97%
	Total	23,11	49,86%
	Volumen de desperdicios		
		Volumén (m3)	Rendimiento en %
	Desperdicios	22,78	49,64%

4.15. Análisis de los resultados

Observando el cuadro N° 9 vemos que el resultado promedio general que se pudo obtener de las 50 trozas de la especie Chiriguana es de 46.26 %.

El rendimiento de la madera larga con relación a la madera corta generalmente predomina y también hay mayor interés en obtener la primera (madera larga) en el presente trabajo de las 50 trozas de chiriguana, que se realizó el estudio se obtuvo un promedio general de madera larga de 80.44 % y de la madera corta de 19.56 % del cien por ciento de la madera aserrada.

Observando el cuadro N° 14 vemos que el resultado promedio en general que se obtuvo de las 30 trozas muestreadas para la especie Cuta amarilla su resultado es de 50.35 %.

El rendimiento de la madera larga con relación a la madera corta generalmente en el aserrío la mayor prioridad se da a obtener la madera de mayores dimensiones y en este estudio se obtuvo un rendimiento promedio de 90.07 % de madera larga y un 9.97 % de madera corta con relación al cien por ciento de la madera aserrada.

La calidad de las trozas influye demasiado en la producción y rendimiento de la madera aserrada a mejor calidad de las trozas mayor será el rendimiento y mejor producción y la calidad de la madera que se va a obtener y por lo contrario menor la calidad de la

troza menor será el rendimiento y la producción será menor y disminuirá la calidad del producto que se quiere obtener.

Durante el proceso de clasificación de la madera por su longitud en madera larga y madera corta se pudo obtener un mayor porcentaje en las dos especies estudiadas la mayor demanda que existe en el mercado nacional e internacional se requiere la madera larga y de primera calidad.

La madera residual que se obtuvo durante el proceso de aserrío de estas dos especies de las cuales se realizó el estudio para la especie de Chiriguana se obtuvo un valor muy elevado ya que se aserraron 50 trozas y se pudo obtener un volumen de 35.04 m^3 lo que significa que está en un 53.74 % lo que es un porcentaje muy alto. Y para la especie de la Cuta amarilla de la cual se aserraron 30 trozas el volumen total de residuos es de 22.78 m^3 lo que significa un porcentaje de 49.65 % de pérdida que se produjo en el proceso de aserrío de esta especie y sumando los dos volúmenes de desperdicios de las dos especies que se realizó el estudio se llegó a un volumen para las 80 trozas aserradas de 57.82 m^3 de madera residual.

Los valores obtenidos en este estudio realizado no se pueden comparar con resultados obtenidos por otros autores ya que se trata del estudio de especies de las cuales no existe ningún estudio de rendimiento de aserrío de madera en troza ya que las especies pueden variar de un lugar a otro o también el nombre puede ser diferente de esta manera es que se desarrolló este estudio los datos obtenidos son de total confianza ya que sirven de base para futuras investigaciones.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

5.1.1 Especie Chiriguana

De acuerdo a los resultados obtenidos, y el estudio realizado, con relación a los rendimientos alcanzados en el aserrío de madera de la especie Chiriguana (*Simarouba amara Aublet*), en el aserradero “SAN LUIS”, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- ✓ En el presente estudio se aprovechó la madera desde 2 pies hacia adelante buscando el mejor aprovechamiento de la tronca, y así evitar una mayor cantidad de desperdicios y que se pueda realizar un aprovechamiento óptimo, la madera corta se tomó en cuenta según el requerimiento del mercado de la empresa que es a partir de los 2 pies de largo ya que menor a esas dimensiones no existe mucha demanda.
- ✓ De un m³ de madera en rola de la especie Chiriguana (*Simarouba amara Aublet*), se ha obtenido un rendimiento de 46,26 % es decir que de cada troza solo se aprovecha el 46.26 % y lo demás se pierde en la fase de aserrío, como son los destapes, despuntes, desorillado, y aserrín, esto significa 196,09 pt/1m³ este rendimiento está expresado en pt, realizado en base a la metodología que propuso la Autoridad de Control de Bosques y Tierras ABT y es un rendimiento muy bueno de la especie aserrada que está considerada como valiosa.
- ✓ El rendimiento del volumen promedio aserrado de madera corta es de 19.56 % y de madera larga 80.44 % expresados en el cuadro N° 9 de producción y rendimiento de madera larga y madera corta este rendimiento fue obtenido en base al resultado final cuando se finalizó con el aserrado de las trozas que fueron seleccionadas para realizar este estudio y luego se realizó la cubicación y la determinación del rendimiento.
- ✓ El coeficiente de determinación resultante, que se obtuvo durante este estudio nos indica que existe una buena correlación ($R^2 = 0,92$) entre las variables utilizadas (volumen troza vs. Madera aserrada) estando muy cerca de 1 por que R^2 solo es el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson.

- ✓ La correlación estadística de los datos presenta un valor significativo, equivalente a una recta y la distribución de los puntos alrededor de la recta están en una confiabilidad del 0,96 % por lo tanto los resultados obtenidos durante el estudio realizado para la especie forestal Chiriguana son de mucha importancia y confiables.
- ✓ Los residuos obtenidos durante la transformación primaria de la madera para este estudio de la especie Chiriguana es de **35,04 m³** lo que significa un **53.74 %** este resultado fue obtenido de la resta del volumen en trozas menos el volumen de madera aserrada y expresada en porcentaje esta fórmula fue extraída del libro que elaboro BOLFOR ya que la metodología que propuso la ABT dice tomar las dimensiones de las partes medibles de los desperdicios y ya que estos poseen formas irregulares para luego realizar la cubicación y por ser más práctica se tomó la fórmula que propuso BOLFOR.

5.1.2 Conclusiones para la especie cuta amarilla

De acuerdo a los resultados obtenidos, con relación a los rendimientos alcanzados en el aserrío de madera de la especie Cuta amarilla (*Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr.) en el aserradero “SAN LUIS”, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- ✓ En el presente estudio se realizó el aprovechamiento de la madera desde una longitud de 2 pies hacia adelante, buscando el mayor aprovechamiento de la troza, la madera corta se tomó en cuenta según el requerimiento del mercado que tiene la empresa, que es a partir de los 2 pies de largo.
- ✓ De un m³ de madera en rola de la especie Cuta amarilla (*Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr.), se ha obtenido un rendimiento de 49.86 % es decir que de cada troza solo se aprovecha el 49.86 % y el restante se pierde durante el proceso de aserrío como el despunte, destape, desorillado, 213,48 pt/1m³, este resultado es expresado en pt, y se obtuvo siguiendo paso a paso la metodología que fue propuesta por la Autoridad de Fiscalización y Control de Bosques y Tierras ABT,

lo cual nos muestra que es un rendimiento muy bueno para esta especie de la cual se realizó el estudio.

- ✓ La producción del volumen promedio aserrado de madera corta es de 9.97 % y madera larga 90.07 %, estos datos son los que se muestran en la tabla o cuadro N° 14 que es la producción y rendimiento de la madera larga y madera corta este resultado se obtuvo en base al resultado final de la madera aserrada en pies tablares ya que con estos resultados podemos notar que la mayor producción se centra en obtener madera de tamaño largo o sea de mayor o igual a 7 pies de longitud ya que la demanda que existe en el mercado una mayor demanda de madera de estas dimensiones.
- ✓ El cual nos dio un coeficiente de determinación resultante, que indica que existe una buena correlación ($R^2 = 0,94$) entre las variables utilizadas (volumen troza vs. Madera aserrada) estando muy cerca de la raya que R^2 solo es cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson.
- ✓ La correlación estadística de los datos presenta un valor significativo, equivalente a una recta y la distribución de los puntos alrededor de la recta están en una confiabilidad del 97,11 % en este caso los resultados obtenidos para la cuta amarilla son confiables y de un valor muy importante para los aserraderos y facilitar el seguimiento y control de la autoridad competente que es la ABT.
- ✓ El volumen de desperdicios que se pudo obtener en este estudio es de 22.78 m³ lo que representa un **49.64 %** ya que es un volumen muy alto de madera residual que se pierde durante el proceso de transformación primaria de la madera que es el proceso de aserrío este resultado fue obtenido en base a la fórmula que propuso BOLFORD que se calculó para las dos especies que fueron estudiadas.
- ✓ El régimen forestal actual, según la Directriz Técnica ABT N° 004/2012, considera que el rendimiento de madera en rola a madera aserrada es de 40 %, comparando con el rendimiento obtenido se llega a demostrar que no existe diferencia significativa con las disposiciones legales, a consecuencia de que el rendimiento de

la normativa es el promedio indicador para todas las especies forestales aprovechadas en Bolivia.

5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados y conclusiones que se llegó durante el presente estudio de rendimiento que se ha llevado a cabo en el aserradero San Luis **S.R.L.** en Bajo Paragua provincia Velasco en el departamento de Santa Cruz se recomienda lo siguiente:

- Capacitar al personal que trabaja en las máquinas de aserrío dando especial énfasis al palanquero, desorillador y despuntador sobre las normas y métodos de aserrado y control de calidad de la madera aserrada, también es recomendable realizar un control periódico a la alineación de las escuadras del carro porta troza para que al momento de aserrío el corte no sea de forma desigual en la madera y así evitar la pérdida de madera durante los procesos de aserrado.
- Es necesario dotar a los obreros que trabajan en la planta de aserrío, equipos y vestimentas de seguridad para su protección personal como ser: guantes, botas de seguridad con punta de hierro, protectores de ojos como son las gafas de seguridad, nariz, oído, especialmente para aquellas personas que trabajan con las maquinas o lugares de mayor riesgo.
- La asistencia técnica de un profesional forestal en la planta de aserrío permanente es de mucha importancia e indispensable para mejorar y orientar el proceso del aserrado de la madera.
- La empresa debe procurar aserrar las trozas lo más pronto posible después del derribe del árbol y no dejar las trozas almacenadas en el monte en los rodeos y patios de stock mucho tiempo, para evitar incidencias muy severas de defectos internos de las trozas que disminuye el rendimiento y provocar la pérdida de sus propiedades físicas y mecánicas de la madera durante el proceso de aserrio.
- Se recomienda a la empresa adquirir una máquina de usos múltiples para poder utilizar o recuperar la mayor parte de los residuos que son retirados del aserrado de

las trozas ya que durante este proceso se pierde una cantidad muy alta ya que las dos especies que fueron estudiadas se obtuvieron para la especie Chiriguana fue de **35.04 m³** lo que significa un **53.74 %** y para la especie Cuta amarilla fue de **22.78 m³** lo que es **49.64 %** de residuos.

- Se recomienda profundizar estudios de rendimiento y el tiempo que se requieren para llevar cabo el aserrío de las trozas los cuales deben de estar enfocados a poder determinar los mejores métodos de procesamiento en el aserrío y evitar las pérdidas mayores y dar un uso mayor a la madera aserrada y también disminuir los desechos siempre tomando en cuenta lo siguiente:
- Los estudios de rendimiento de aserrío deberán realizarse de manera separada para cada una de las especies. Esto, con la finalidad de evitar confusión y de no mezclar los datos al momento de registrar la información en las planillas. Por lo tanto, primero se deberá separar las trozas seleccionadas de cada una de las especies en el patio de acopio del aserradero. Una vez separadas las trozas seleccionadas, se deberá marcar o codificar para su respectivo seguimiento.