

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS EN LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**



**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RENDIMIENTO EN EL
ASERRIO DE MADERA PARA LA ESPECIE LECHE CASPI
(*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg) VILLA RICA, PERÚ**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MENCIÓN FORESTAL

CANCHANYA QUISPE, Josseph Joel

Promoción: 2009 - II

Tingo Maria - Perú

2011



K50

C23

Canchanya Quispe, Josseph J.

Determinación del Coeficiente de Rendimiento en el Aserrio de Madera para la Especie Leche Caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg) Villa Rica, Perú. Tingo María, 2011

73 h.; 30 cuadros; 31 fgrs.; ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

BROSIMUM UTILE DUCKE / COEFICIENTE-ASERRIO / RENDIMIENTO
/ MADERA ROLLIZA / PRESERVACION / CLASIFICACION / SECADO /
TINGO MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 28 de Diciembre de 2010, a horas 10:15 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la tesis titulada:

“DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE RENDIMIENTO EN EL ASERRIO DE MADERA PARA LA ESPECIE *Brosimum utile* ssp. *Ovatifolium* (Ducke) C.C. Berg (LECHE CASPI) VILLA RICA-PERÚ.

Presentado por el Bachiller: **JOSSEPH JOEL CANCHANYA QUISPE**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “**BUENO**”.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES, MENCIÓN FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título de conformidad con lo establecido en el Art. 82° inc. i) del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 28 de diciembre de 2010

Ing. Mg.Sc. RICARDO OCHOA CUYA
Presidente



Ing. MSc. LUIS A. VALDIVIA ESPINOZA
Vocal

(JUSTIFICÓ SU AUSENCIA)

Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO
Vocal

Ing. MANUEL BRAVO MORALES
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la fuerza y el valor necesario para seguir adelante y cumplir con una de mis metas más deseadas en la vida.

A mis amados padres: Tito E. y Celia B., por su eterno amor, confianza e invaluable dedicación en mi educación.

A mis queridos hermanos Kristhian, Diego, Juan y Massiel por su apoyo, confianza y gran amor fraternal.

A mi abuelo Juan, mi hermana Meliza Kíara y mi primo Roberto Carlos por los momentos maravillosos y que Dios los tenga en su gloria.

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres, por el amor fraternal, apoyo moral y económico, con ese gran ejemplo de salir adelante.
- A mi alma mater, Universidad Nacional Agraria de la Selva por la formación académica impartida y por acogerme como educando.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales quienes me han formado con sus enseñanzas a lo largo de mi carrera universitaria.
- Al Ing. Manuel Bravo Morales, gracias a su infaltable ayuda como patrocinador y amigo de este trabajo pionero de la investigación.
- Al Ing. Ronald H. Puerta Tuesta por ser un ejemplo a seguir y su apoyo incondicional en mi aprendizaje.
- A Rosario Salazar Minaya, por la confianza y apoyo en la culminación de la tesis y mi carrera.
- Al Lic. León Osmar Quispe Arauco por el apoyo y ser un ejemplo de superación e iniciativa.
- Al Lic. Natividad Quispe Arauco por el apoyo incondicional en todo, y ser un ejemplo de persona.
- Al Ing. Raúl Olivera Barrientos y Zaida Quispe Arauco por su apoyo moral y gran ejemplo de profesionalismo a seguir.
- A mis amigos Kenny Barrial, Luis Quiquia, Omar Albengrin, Henry La Torre, Lindom Moscoso, Edinson Asnabar, Baldomero Nuñez, Enmanuel Panduro, Edwin Allcahuaman, José Daniel, Luis Peña, Ebert Pacco, Weny Soto y todos aquellos por la ayuda prestada y la grandiosa amistad que mantenemos.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Aserrío.....	4
2.1.1. Corte de la madera	5
2.1.2. Factores que afectan la resistencia de la madera al corte	6
2.1.2.1. Factores inherentes a la madera	6
2.1.2.2. Factores inherentes a las condiciones de corte	6
2.1.2.3. Factores inherentes a la herramienta	6
2.2. Rendimiento de aserrío	7
2.2.1. Rendimiento volumétrico total	8
2.2.2. Coeficiente de aserrío	9
2.2.3. Eficiencia del proceso de aserrado	11
2.2.3.1. Los indicadores relacionados con la eficiencia de conversión en volumen.....	11
2.2.3.2. Los indicadores de la eficiencia de conversión en valor también denominados indicadores del rendimiento en valor	11
2.2.4. Abastecimiento de madera rolliza (trozas)	11
2.2.4.1. Extracción propia.....	12
2.2.4.2. Compra a terceros.....	13
2.2.5. Calidad de la troza	14
2.3. Sistematización en el aserrío	17
2.3.1. Planificación de la producción.....	17
2.3.2. Proceso de aserrío.....	17

2.3.2.1. Diagrama de corte.....	17
2.3.2.2. Métodos de aserrío.....	18
1. Cortes cónicos.....	18
2. Sistema de asierre tangencial.....	19
3. Sistema de asierre radial o en cuartos	19
2.4. La sierra cinta.....	21
2.4.1. Ventajas y desventajas de la sierra cinta	21
2.4.1.1. Ventajas.....	21
2.4.1.2. Desventajas.....	21
2.4.2. Sierra de cinta vertical.....	22
2.4.2.1. Sierras de cinta con carro de escuadras.....	22
2.4.2.2. El acero de las sierras	23
2.4.2.3. Consideraciones sobre los aceros	23
2.4.3. Características de la sierra cinta	23
2.4.3.1. Ángulo de ataque o corte.....	24
2.4.3.2. Angulo de diente.....	25
2.4.3.3. Angulo de alivio.....	25
2.4.3.4. Paso de diente.....	26
2.4.3.5. Garganta.....	26
2.4.3.6. Ancho de corte.....	27
2.4.3.7. Velocidad de alimentación	27
2.4.3.8. Velocidad de corte.....	27
2.5. Canteado.....	28
2.6. Despuntado	28
2.7. Características de la especie	29
2.7.1. Distribución geográfica.....	29
2.7.2. Características sobresalientes del árbol.....	29
2.7.3. Propiedades físicas y mecánicas de la especie	30

2.7.3.1. Características de la madera	30
2.7.3.2. Características tecnológicas	30
1. Secado.....	30
2. Preservación.....	31
3. Durabilidad natural.....	31
4. Trabajabilidad.....	31
5. Usos actuales.....	31
6. Usos potenciales.....	32
2.7.3.3. Propiedades físicas.....	32
2.7.3.4. Propiedades mecánicas.....	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. Lugar de ejecución	33
3.1.1. Clima.....	33
3.1.2. Límites.....	33
3.1.3. Ecología y relieve	34
3.2. Materiales.....	34
3.2.1. Materiales de campo	34
3.2.2. Materiales de gabinete.....	34
3.3. Metodología.....	35
3.3.1. Fase de campo	35
3.3.1.1. De la empresa.....	35
1. Ubicación del estudio.....	35
2. Maquinaria y herramientas.....	35
3.3.1.2. De las trozas.....	35
1. Selección de las trozas.....	35
2. Determinación del tamaño de muestra.....	36
3. Definición de la especie.....	37
4. Recolección de datos.....	37

5. Marcado y codificación de las trozas.....	37
6. Medición de la troza.....	38
7. Calidad de la trozas.....	38
8. Proceso de aserrío.....	39
9. Marcado de las tablas.....	40
10. Medición y clasificación de las tablas.....	40
3.3.2. Fase de gabinete	41
3.3.2.1. Evaluación y cálculos.....	41
1. Cubicación de trozas.....	41
2. Cubicación de madera aserrada (tablas)	42
3. Determinación del rendimiento.....	42
4. Volumen de desperdicios.....	43
3.3.2.2. Análisis estadístico.....	43
1. Regresión simple.....	44
2. Regresión múltiple.....	45
IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN	46
4.1. Rendimiento de aserrío promedio de leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg)	46
4.2. Rendimiento por clase diamétrica de la especie leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg).....	52
4.3. Volumen de 30 trozas de la especie leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg)	54
4.4. Clasificación de la madera aserrada para la especie leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg)	57
4.5. Análisis de correlación entre volumen aserrado. volumen rollizo diámetro promedio, rajadura, podredura, torcedura	60
V. CONCLUSIONES.....	66
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. ABSTRACT	68

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS.....	73
Anexo 1. Figuras.....	74
Anexo 2. Cuadros	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Definición de clases diamétricas en el pre muestreo	36
2. Clasificación propiamente dicha.....	38
3. Clasificación de madera aserrada	41
4. Rendimiento de aserrío promedio de la especie leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg)	51
5. Rendimiento de aserrío en porcentaje por clase diamétrica de la especie leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg).....	53
6. Resultado del volumen de 30 trozas y promedio.....	55
7. Clasificación de madera (comercial. larga angosta y corta piezas/volumen en m ³ , de 30 trozas aserradas de la especie leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg)	58
8. Modelos de regresión simple y múltiple	62
9. Planilla para la recolección de información de trozas.....	82
10. Planilla para la recolección de información de madera aserrada	83
11. Pre muestreo de las trozas.....	84
12. Datos de las trozas evaluadas diámetro promedios. volumen total.....	85
13. Volumen de tablas.....	87
14. Características técnicas de la sierra cinta (Schiffer).....	96
15. Características técnicas de la canteadora.....	97
16. Características técnicas de la sierra despuntadora.....	97
17. Resumen de los datos del volumen en troza, tabla, variables de X ² , XY y Y ² de 20 trozas aserradas de la especie leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg)	98
18. Estadística descriptiva del premuestreo de 20 trozas	99
19. Resumen del análisis estadístico para la regresión lineal (volumen aserrado pt vs volumen rollizo m ³)	101

20. Análisis de varianza para la regresión lineal (volumen aserrado pt vs volumen rollizo m ³).....	101
21. Intercepción (volumen aserrado pt vs volumen rollizo m ³)	102
22. Análisis de los residuales (volumen aserrado pt vs volumen rollizo m ³)...	102
23. Resumen del análisis estadístico regresión múltiple (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio y largo)	103
24. Análisis de varianza (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio y largo)	103
25. Intercepción (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio y largo)	104
26. Análisis de los residuales (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio y largo).....	104
27. Resumen del análisis estadístico para la regresión múltiple (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio, largo, rajadura, podredura y torcedura).....	105
28. Análisis de varianza (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio, largo, rajadura, podredura y torcedura)	106
29. Intercepción (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio, largo, rajadura, podredura y torcedura).....	106
30. Análisis de los residuales (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio, largo, rajadura, podredura y torcedura)	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Clasificación de trozas según su forma.....	15
2. Clasificación de trozas según su rectitud	16
3. Sistema de asierre tangencial.....	19
4. Sistema de asierre radial.....	20
5. Sistema de asierre mixto.....	20
6. Sierra con carro de escuadras de avance mecánico.....	22
7. Terminología para los dientes de sierra cinta.....	24
8. Diagrama de corte de las trozas.....	40
9. Rendimiento en el aserrío de leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg).....	40
10. Rendimiento en el aserrío de leche caspi (<i>Brosimum utile</i> Ducke C.C. Berg) por clase diamétrica.....	54
11. Volumen de madera rolliza. aserrado y residuos	56
12. Clasificación de madera comercial. larga angosta y corta	59
13. Relación volumen en troza (m ³) vs volumen aserrado (pt).....	63
14. Relación diámetro promedio vs volumen aserrado	63
15. Relación volumen en troza vs volumen aserrado.....	64
16. Relación volumen en troza vs volumen aserrado.....	64
17. Relación volumen en troza vs volumen aserrado.....	65
18. Sierra cinta	74
19. Medición del espesor de la sierra cinta	74
20. Afilado de la sierra cinta	75
21. Medición del espesor del disco de la canteadora.....	75
22. Despuntadora del aserradero.....	76
23. Primer corte en la sierra cinta.....	76
24. Corte tangencial en la troza.....	77
25. Canteado de las tablas.....	77

26. Despuntado de las tablas	78
27. Selección de trozas para el muestreo	78
28. Marcado de las trozas	79
29. Medición del diámetro de las trozas	79
30. Flujo de operaciones para estudio de coeficientes de rendimiento (I)	80
31. Flujo de operaciones para estudio de coeficientes de rendimiento (II)	81

RESUMEN

La investigación pretende conocer el rendimiento y coeficiente de aserrío en la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg) que se llevó a cabo en el aserradero "New Forest" de la ciudad de Villa Rica. El objetivo del trabajo fue determinar el coeficiente de aserrío utilizando para ello técnicas en el aserrado de madera rolliza. En primer lugar se hizo un muestreo (20 trozas) para determinar las clases diamétricas más representativas (40-50, 50-60 y 60-70 cm) y también conocer variables estadísticas (media, varianza, error) para determinar el tamaño de muestra definitivo (30 trozas) tomando 10 trozas por cada clase diamétrica. Luego del aserrado de las trozas se clasificaron las piezas según (NTP 251.114,1990), (NTP 251.115, 1990). Se realizó una correlación simple y múltiple con un 95 % de confiabilidad teniendo en cuenta variables como: diámetro (cm), podredura, torcedura, rajadura y volumen en troza (m^3). Los resultados del estudio indican un volumen total de $20.834 m^3_r$ y un volumen promedio de $0.685 m^3_r$, volumen aserrado total de $12.938 m^3_s$ con un promedio de $0.431 m^3_s$, el volumen total de residuos es $7,897 m^3$ con un promedio de $0.263 m^3$. Con un rendimiento de 63.100 % y un coeficiente de aserrío $263.306 pt/m^3_r$. En la clasificación de tipo comercial hubieron 546 piezas con un volumen de $9.644 m^3_s$, larga angosta con 429 piezas y $2.867 m^3_s$, corta con 144 piezas y $0.433 m^3_s$. De los modelos de regresión simple y la que mejor se ajusta es la ecuación lineal: $Y=480,6x-78,99$ $R^2= 0.79$, en los modelos de regresión múltiple y toma factores cualitativos (rajadura, torcedura, podredura) con un $R^2= 0.907$ su ecuación es: $Y= -274.14 + 1.92x_1 + 3.47x_2 + 54.57x_3 - 8.59x_4 + 2.46x_5 + 3.1x_6$.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años los bosques del Perú, se han caracterizado por una explotación selectiva de especies con alto valor económico como: caoba, cedro, tornillo y robles, que fueron comercializados en su mayoría hacia mercados externos y al consumo interno, creando en los usuarios un grado de dependencia en su consumo. Las empresas forestales, en su afán de promover su comercialización han realizado grandes esfuerzos en la introducción de nuevas especies manufacturadas y con valor agregado, mejorando precios y asegurando altos volúmenes.

La forma más simple de industrializar la madera a partir de la troza, es su aserrado mediante gran variedad de máquinas y herramientas que pueden ser desde manual hasta los aserríos sumamente automatizados; la posible evaluación de las industrias del aserrío está sujeta a la interacción de un sin número de variables, a las que se agregan constantemente nuevos factores que pueden modificar considerablemente las operaciones iniciales. Sin embargo, uno de los productos más importantes dentro de la industria forestal es la madera aserrada a la que se le debe brindar la mayor atención posible, ya que depende del aserrío para lograr un buen resultado económico en la producción (ZAMUDIO, 1986).

En Villa Rica la industria del aserrío es la más antigua y extensivamente establecida casi en todas las empresas madereras, por lo que es necesario el desarrollo de estudios de rendimientos de aserrío de nuevas especies maderables, con el propósito de promover las menos conocidas y reducir la desaparición de las especies con alto valor comercial.

El presente estudio de rendimiento de madera en troza de la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg) se llevó a cabo en el aserradero "New Forest" de la ciudad de Villa Rica, con el propósito de contribuir hacia el camino de la investigación, para una mejor eficiencia en el aserrío, estableciendo mejores rendimientos en el aserrío de la madera. Por las disposiciones actualmente descritas, este trabajo pretende establecer un porcentaje real del rendimiento del volumen en troza en relación a la madera aserrada en el aserradero "New Forest".

1.1. Objetivos

1.1.1. General

- Determinar el rendimiento existente entre el volumen de madera rolliza y el volumen de madera aserrada.

1.1.2. Específicos

- Determinar el coeficiente de aserrío en el aserrado de la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)
- Determinar los rendimientos de madera aserrada por clase diamétrica.

- Clasificar la madera aserrada en el presente estudio (NTP 251.114,1990 madera aserrada).
- Realizar análisis de correlación simple y múltiple.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aserrío

GARCÍA *et al.* (2004) menciona que el aserrío es un proceso mediante el cual se convierte la madera en rollo a tablas, tablones, polines, vigas y durmientes, utilizando maquinaria, equipo, recurso humano, fuentes de energía y dinero.

ZAMUDIO (1986) afirma que el proceso de aserrío tiene las siguientes etapas básicas, variando los procesos según el equipo, las especies de madera, productos y el grado de mecanización que se pretenda obtener:

- Recepción de trozas y almacenamiento en patios o estanques.
- Acercamiento de las trozas al aserradero.
- Preparación de trozas para aserrío, trozado a la medida requerida.
- Aserrío.
- Alimentación de trozas a la sierra.
- Reaserrío.
- Producción de tablas, tablones de grandes dimensiones, durmientes, y producción de chapa. Saneamiento de defectos por medio de corte al hilo desorillado y trozado.

- Medición de las piezas aserradas y su clasificación.
- Apilado de los productos aserrados.
- Formación de estibas para secado al aire.

El aserrado es la transformación primaria de la troza y consiste en dar a la madera, con sierras manuales o mecánicas, una escuadría determinada en un mínimo de tiempo y con el menor consumo de potencia. En el proceso de aserrado y corte de la madera se persiguen cinco metas fundamentales:

- Obtener calidad de superficies y precisión de cortes.
- Obtener eficiencia en la operación.
- Limitar el desgaste de las herramientas.
- Limitar el consumo de energía.
- Limitar las pérdidas de materia prima (JUNAC, 1989).

2.1.1. Corte de la madera

Los bosques tropicales están constituidos por un gran número de especies pero hasta la presente solo unas pocas han contribuido al desarrollo socio-económico, a pesar de que todas pueden ser utilizadas para suplir necesidades. Esto sucede en gran parte debido a la falta de información tecnológica sobre condiciones de corte y labrado mecanizado. La madera es un material notablemente fibroso, constituido por elementos de formas, dimensiones, orientaciones es anisótropa y heterogénea dentro del árbol.

2.1.2. Factores que afectan la resistencia de la madera al corte

Los factores que afectan la resistencia de la madera al corte son los siguientes:

2.1.2.1. Factores inherentes a la madera

- Las especies.
- Diámetro de las trozas.
- Rectitud de las trozas.
- Contenido de humedad.
- Temperatura de la madera.
- La orientación del grano.
- Coeficiente de fricción en corte.

2.1.2.2. Factores inherentes a las condiciones de corte

- Ancho de corte.
- Profundidad de corte.
- Velocidad de corte.
- Velocidad de alimentación.

2.1.2.3. Factores inherentes a la herramienta

- Ángulo de corte o de ataque.
- Ángulo de hierro o de herramienta.
- Ángulo libre.
- Influencia de la calidad de filo (JUNAC, 1989).

2.2. Rendimiento de aserrío

El término rendimiento se refiere a la relación entre el volumen de madera rolliza (trozas) y el volumen resultante en productos aserrados. Este término también es conocido como coeficiente de aserrío o factor de recuperación de madera aserrada (FRM) y constituye un indicador de la tasa de utilización en el proceso de aserrío. Entre los factores principales que afectan el rendimiento destacan el diámetro y forma de las trozas a procesar, la clase de madera y su calidad, el patrón de corte y el tipo de sierra empleado para transformar la materia prima. Conforme se reduce el diámetro de las trozas disminuye el rango de rendimiento. Mientras que en el aserrío de trozas provenientes de bosque natural, con diámetro medio de 60 cm el rendimiento varía de 45 - 75 %; cuando se procesa madera de raleos con diámetro medio de 15 cm, apenas alcanza de 30 - 35 % (PROINVERSIÓN, 2005).

Así mismo el artículo 343° del reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, establece que por Resolución Jefatural del INRENA se aprueban las tablas de insumo producto y los coeficientes de rendimiento por especies o grupos de especies; el coeficiente de rendimiento de madera aserrada por cada metro cúbico rollizo, que se viene utilizando a nivel nacional para todas la especies forestales maderables es de 52 % (por cada metro cúbico de madera rolliza se obtiene 220 pt), que representa el valor promedio a nivel mundial para cualquier tipo de sierra como se cita en el documento de trabajo N° 8 "La industria del aserrío en el Perú" del Proyecto PNUD/FAO/PER/78/003. OIMT, en coordinación con la Cámara Nacional

Forestal y el INRENA, como producto de estudio utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú, determinaron resultados de rendimientos y productividad para la madera aserrada húmeda en Pucallpa, dentro de las cuales se encuentra la especie machinga (*Brosimum alicastrum*), la misma que arrojó rendimientos de 65,5 % y 72,8 % de madera aserrada por metro cúbico rollizo.

Así mismo la asociación de productores e Industriales de la provincia de Satipo con la participación de la Administración Técnica Forestal y Fauna Silvestre Selva Central y la Universidad Nacional del Centro del Perú realizaron estudios de rendimiento de la especie congona (*Brosimum alicastrum*) . Como resultado del estudio mencionado en el considerado anterior se ha determinado un coeficiente de rendimiento de aserrío para la congona (*Brosimum alicastrum*) 77 % de madera aserrada por metro cúbico rollizo (INRENA, 2005).

2.2.1. Rendimiento volumétrico total

Se caracteriza el nivel de utilización de la madera de la troza sin considerar las dimensiones ni la calidad de madera aserrada obtenida por lo que es un indicador importante pero no suficiente para caracterizar la eficiencia de conversión en un aserradero.

Igualmente existe otro grupo de autores que mencionan tres formas de expresar el rendimiento volumétrico: el % de conversión, el factor de conversión de madera aserrada y el factor de conversión cúbico (ZAVALA, 2003).

EGAS (1998) expresa que existen un grupo de autores que consideran dos formas de expresar el rendimiento volumétrico: rendimiento volumétrico por surtidos y rendimiento volumétrico total. El primer indicador no es más que la relación entre el volumen de madera aserrada de un pedido específico o de una clase de calidad determinada y el volumen total de madera aserrada obtenida de una troza o grupo de trozas (ambos volúmenes en m^3) expresado en porcentaje.

2.2.2. Coeficiente de aserrío

El coeficiente de aserrío, se define como la forma matemática de conocer la capacidad real de producción de un aserradero en términos de porcentaje; este coeficiente determina el volumen del valor de la madera aserrada de medidas comerciales obtenidas a partir de un determinado volumen de madera en rollo; los resultados de un coeficiente de aserrío en el proceso de transformación primaria permiten obtener mayores beneficios de la materia prima y lograr una mayor productividad (GARCÍA y DÍAZ, 1992).

RIVAS y QUIÑONES (1992) mencionan que el coeficiente de aserrío además de examinar muy minuciosa el funcionamiento del aserradero tanto en rendimiento de madera y desperdicios como consecuencia de la operación humana y maquinaria utilizada, esta información sirve para saber si existe la necesidad de realizar cambios o no en el proceso de transformación. De la misma manera establecen que existen otros factores que intervienen en el aserrío como son las dimensiones de las trozas su calidad y los productos a

obtener pero la acción sobre éstos está limitada por el recurso forestal y su mercado y que para fines prácticos es mejor utilizar el coeficiente de aserrío determinado para trocería y producto con medidas comerciales sin corteza, porque se acomoda más fácilmente a la información de las dimensiones que se manejan comúnmente en un aserradero.

ZAVALA y HERNÁNDEZ (2000) consideran que los estudios para conocer el coeficiente de asierre se deben establecer como un sistema de análisis continuo con la finalidad de optimizar los procesos de industrialización.

QUINTANAR (2002) alega que uno de los principales indicadores, para medir la eficiencia de cualquier industria, se refiere a como se aprovecha la materia prima que garantiza el producto que comercializa.

STEELE (1984) afirma que la calidad de la trocería, en especial su longitud y calidad, así como el ancho de las tablas a obtener, la variación en el corte, la distribución de productos, el método de asierre, las condiciones de funcionamiento del equipo de asierre, y la capacidad de toma de decisiones del personal, son factores que influyen decisivamente en el coeficiente de aserrío.

PEDRAZA (1994) establece que el coeficiente de aserrío, es una medida de la productividad, en la cual participan los factores de materia prima, la maquinaria a utilizar y la mano de obra.

2.2.3. Eficiencia del proceso de aserrado

Los indicadores de la eficiencia de conversión de las trozas en madera aserrada se pueden dividir en dos grandes grupos:

2.2.3.1. Los indicadores relacionados con la eficiencia de conversión en volumen

- Rendimiento volumétrico total.
- % de desperdicio de aserrín.
- % de desperdicio de otros residuos.

2.2.3.2. Los indicadores de la eficiencia de conversión en valor, también denominados indicadores del rendimiento en valor

El rendimiento volumétrico total caracteriza el nivel de utilización de la madera de la troza sin considerar las dimensiones ni la calidad de madera aserrada obtenida por lo que es un indicador importante pero no suficiente para caracterizar la eficiencia de conversión en un aserradero.

- Valor por m³ de madera aserrada.
- Valor por m³ de trozas (ALVAREZ *et al.*, 2004).

2.2.4. Abastecimiento de madera rolliza (trozas)

En el contexto de la cadena productiva maderera, el aserrío como industria de primera transformación mantiene una estrecha vinculación técnica y económica con el bosque. Sin bosque, no habrá un adecuado

abastecimiento de madera rolliza, y sin madera rolliza no podrá operar una aserradero; salvo condiciones muy especiales. Por lo tanto, el abastecimiento de madera rolliza (trozas) debe revestir especial atención de los operadores de esta industria. Para evitar paralizaciones por periodos prolongados y/o sub utilización de la capacidad instalada del aserradero, cuyas consecuencias económicas se traducen en una baja productividad y elevados costos de producción, que afectan seriamente la rentabilidad del negocio. Dos sistemas o la combinación de ambos se utilizan para abastecer los aserraderos en el Perú. Un breve análisis de ellos nos permitirá ver las conveniencias de su utilización (TORRES, 2005).

2.2.4.1. Extracción propia

Sistema utilizado en el Perú por empresas que disponen de una concesión forestal y cuentan con personal y equipos. Para aprovechar el bosque a través de un departamento o área especializada de extracción forestal. Las ventajas que confiere este sistema son:

- Aseguran total o parcialmente el abastecimiento de madera rolliza.
- Se puede programar la producción.
- Especies, volúmenes, calidad de trozas, dimensiones.
- Existe mayor productividad y menores costos de producción.
- Se cumple con las exigencias legales del país desde el punto de vista forestal, social y ambiental.

Por ello, será necesario definir con claridad el o los sistemas de abastecimiento a utilizar, de forma tal que se asegure un abastecimiento continuo y regular de materia prima (trozas). Sin embargo, el sistema demanda importantes esfuerzos financieros dado que se requiere, además del bosque contar con:

-
- Equipos de extracción: motosierras, tractores forestales, cargadores frontales, tractor de orugas.
- Equipos de transporte: camiones, remolcadores y chatas, grúas.
- Equipo técnico especializado para manejo del bosque (TORRES, 2005).

2.2.4.2. Compra a terceros

Otro de los sistemas para el abastecimiento de materia prima utilizado en el Perú es la compra de trozas a terceros, que se realiza de dos maneras: mediante contrato entre extractor y aserradero, antes del inicio de la zafra maderera. Cuando el extractor llega hasta el puerto de la localidad en que se encuentra el aserradero y oferta su madera rolliza al mejor postor.

- Esta modalidad es la más empleada y tiene las siguientes ventajas:
- La empresa no expone capital de trabajo. Puede seleccionar especies y trozas que requiere para cumplir con su programa de producción.

- Para evitar paralizaciones por periodos prolongados y/o sub utilización de la capacidad instalada del aserradero, cuyas consecuencias económicas se traducen en una baja productividad y elevados costos de producción.

Sin embargo, las desventajas que genera este sistema son mayores y pueden ser resumidos de la siguiente forma:

- No hay seguridad en el abastecimiento. Muchas veces es difícil acopiar la suficiente madera para cumplir a cabalidad con programas de producción y ventas previamente establecidos.
- Se compra materia prima a un mayor costo según la época del año.
- Se precisa de gran liquidez en ciertas épocas del año ya que la compra se hace al contado.
- La carencia de recursos muchas veces no permite a los aserraderos dispongan de los volúmenes y especies con mayor demanda en el mercado (TORRES, 2005).

2.2.5. Calidad de la troza

Un aspecto importante a considerar durante el proceso de abastecimiento de madera rolliza, es la calidad de las trozas. Por lo general, los aserraderos no clasifican ni seleccionan las trozas a pesar las innumerables ventajas que esta acción tiene sobre los resultados productivos

de la empresa. Dichas ventajas, poco valoradas en la actualidad, se pueden resumir de la siguiente manera:

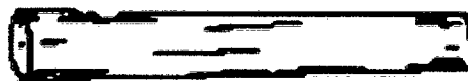
- Mayor rendimiento de aserrío (troza/madera aserrada).
- Mejor calidad de la madera aserrada. Mayor productividad y menores costos de producción, mejores precios de venta.

En el país no existen normas referidas a la clasificación de trozas, sin embargo es necesario indicar que estas se pueden clasificar por la forma de la sección transversal (cabeza), su conicidad o ahusamiento, su rectitud y la presencia de otros defectos visibles que influyen en el rendimiento, variables que determinan su calidad. Para fines del estudio la clasificación se efectuará considerando dos criterios: la calidad y rectitud, las que se detallan a continuación:

Cilíndrica



Semicilíndrica



Irregular



Figura 1. Clasificación trozas según su forma.

Fuente: (INRENA, 2006).

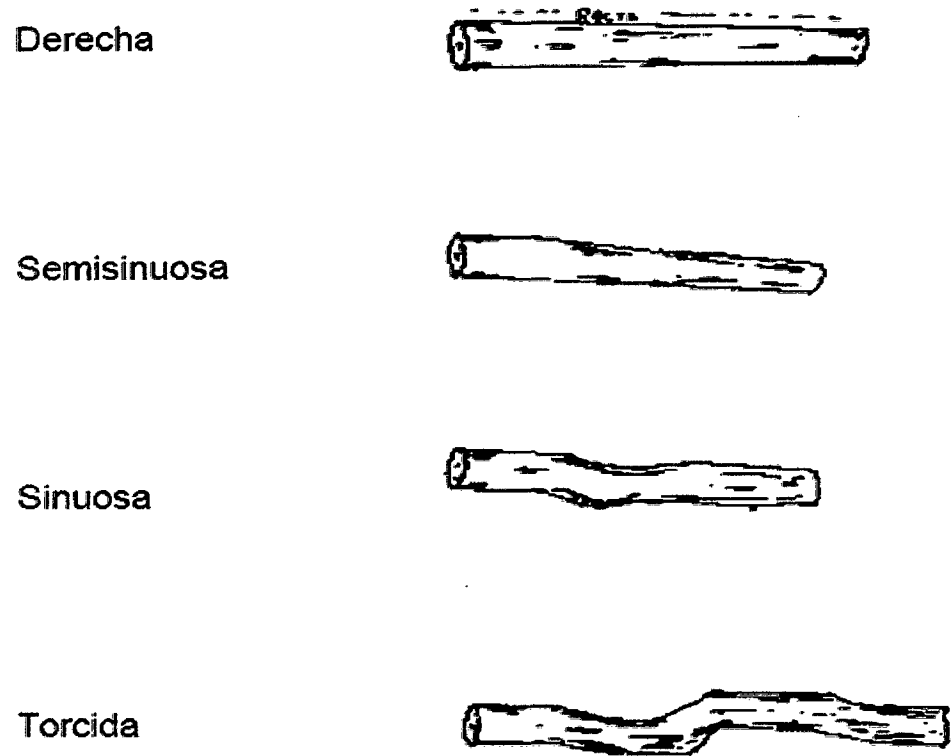


Figura 2. Clasificación trozas según su rectitud

Fuente: (INRENA, 2006).

La calidad por tanto, estará dado en función de dichos factores y corresponde a tres categorías:

- Primera calidad; troza cilíndrica, derecha y sin ataque de hongos e insectos; si los hubieran, estos deben ser mínimos.
- Segunda clase, trozas semicilíndricas, semi sinuosas, y con ataque mínimos de hongos e insectos o hasta un máximo de 30 % del tamaño.
- Tercera calidad, será de forma irregular, sinuosa o torcida con ataque de hongos e insectos (ALVAREZ *et al.*, 2004).

2.3. Sistematización en el aserrío

2.3.1. Planificación de la producción

La producción debe ser planificada. Se entiende, que la planificación es el proceso mediante el cual se definen las especies y características de la madera aserrada a producir, los volúmenes, el tiempo para la producción y la asignación de recursos para tal fin, considerando las necesidades del mercados nacional y de exportación (GARCÍA y PALACIOS, 2002).

2.3.2. Proceso en el aserrío

Contempla un conjunto de actividades entre las cuales se distingue: tableado en la sierra principal, reaserrado, canteado, despuntado, preservación, secado, clasificación y cubicación (GARCÍA y PALACIOS, 2002).

2.3.2.1. Diagrama de corte

Las opiniones de los especialistas coinciden con diferentes autores, que los diagramas de corte tienen gran incidencia sobre la eficiencia de la conversión de madera aserrada; dependiendo de la calidad de la troza, del diseño del aserrío y de los gradientes de precio de la madera existente. La aplicación de diagramas de corte teniendo en cuenta el diámetro, longitud, calidad y conicidad de las trozas; así como el tipo de sierra y otros factores, es una variante que favorece el incremento en calidad y cantidad de la producción de madera aserrada. Ello ha sido la

base de los programas de optimización que permiten obtener resultados relevantes en la industria del aserrado (ALVAREZ *et al.*, 2004).

2.3.2.2. Métodos de aserrío

De acuerdo con las alternativas de aserrar trozas en función de la calidad, máximo aprovechamiento o una combinación de ambos, existen varios métodos de aserrío. Es obvio que el método que se elige para aserrar una troza incide en mayor o menor grado en la producción y productividad del aserrado, dado que hay que voltear la troza encima del carro varias veces para obtener madera de mejor calidad lo que requiere indudablemente tiempo. La forma más frecuente de clasificar los métodos de corte se basa en la distinción entre las coníferas y latifoliadas dadas las marcadas diferencias sobre todo referente a diámetros, conicidad, defectos y usos finales sin embargo en vista que en el país no hay coníferas basta referir al aserrío de especies latifoliadas (PNUD, 1981).

1. Cortes cónicos

Con el fin de obtener el mayor número de piezas de alta calidad se realizan cortes paralelos a la corteza de la troza, ya que en muchas especies la madera más valiosa se encuentra en la parte exterior y no céntrica de la troza. Requisito indispensable para esta técnica de aserrío son dispositivos especiales llamados escuadras falsas ya que sin ella la troza quedaría apoyada sólo en la primera escuadra, haciendo imposible cortes rectos paralelos a la corteza.

Teóricamente el rendimiento de madera aserrada por troza es más alto al efectuarse cortes cónicos, aunque no se muestra en la práctica una clara ventaja de este método con respecto a los otros cortes céntricos (PNUD, 1981).

2. Sistema de asierre tangencial o en cuatro caras

El sistema de asierre en cuatro caras consiste en ir volteando la troza en el carro para seleccionar los cortes más adecuados, buscando generalmente la obtención de piezas libres de duramen y la maximización del volumen de tablas obtenido por troza. Es el sistema más utilizado por la mayoría de los aserraderos del país y el más adecuado para madera de pino (QUINTANAR, 2002).

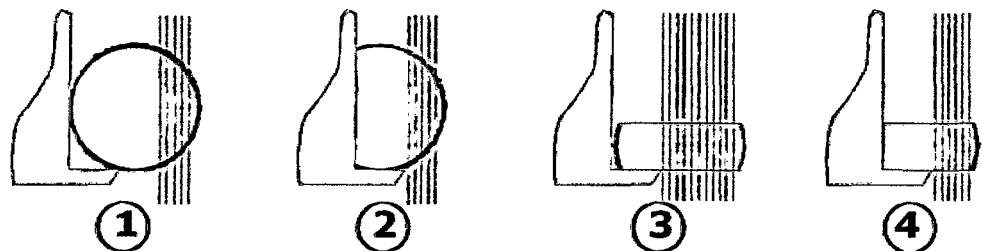


Figura 3. Sistema de asierre tangencial.

Fuente: (QUINTANAR, 2009).

3. Sistema de asierre radial o en cuartos

QUINTANAR (2002) establece que el asierre en cuartos se efectúa cuando se desea obtener la mayor cantidad posible de tablas con corte radial. Consiste en cortar la troza en cuatro partes, partiendo del centro, para posteriormente trabajar con cada una de las cuatro secciones resultantes.

BÉJAR (1982) indica que este sistema contempla un mayor tiempo de procesamiento, y ocasiona un porcentaje de desperdicios mayor que en otros sistemas de asierre. Cabe mencionar que una forma de aserrar ciertas especies consiste cortar la madera en forma radial, al efectuar cortes radiales se obtiene un efecto muy especial del veteado en algunas especies, lo cual es causado por el corte de los rayos radiales.

Otra característica de cortes radiales radica en la obtención de madera aserrada con anillos verticales de crecimiento, los que mejoran las propiedades mecánicas de la madera, sin embargo dada la dificultad y el tiempo requerido para efectuar esos cortes se realiza estos cortes en casos excepcionales (PNUD, 1981).

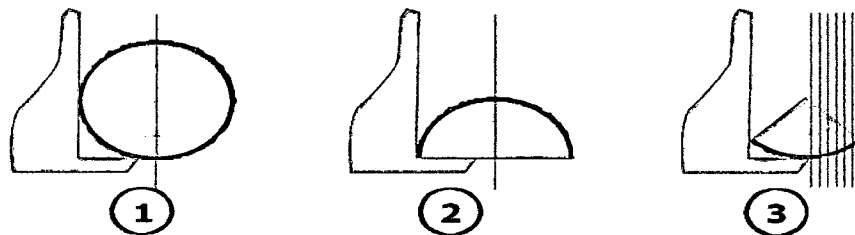


Figura 4. Sistema de asierre radial

Fuente: (QUINTANAR, 2009).

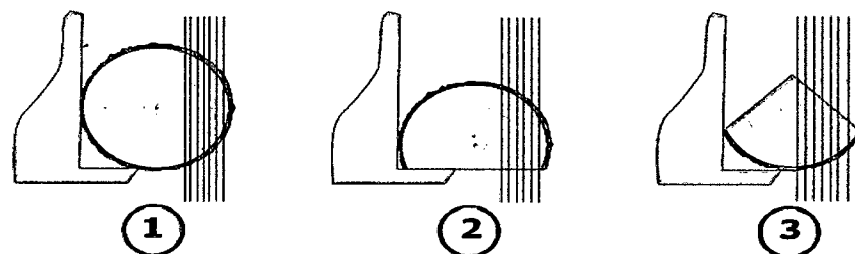


Figura 5. Sistema de asierre mixto

Fuente: (QUINTANAR, 2009).

2.4. La sierra cinta

La sierra cinta está compuesta esencialmente por dos volantes y dispuestas en un mismo plano, soportados por un bastidor o columna cuya separación puede regularse por una hoja de sierra soldada en sus extremos, la cual se monta sobre las volantes la cual constituye una sierra sin fin. El volante inferior recibe la fuerza mediante correas acopladas a un motor y la comunica al superior mediante la hoja de la sierra.

2.4.1. Ventajas y desventajas de la sierra cinta

2.4.1.1. Ventajas

- Permiten una buena orientación de los cortes de acuerdo con las características de las trozas, pueden aserrar trozas deformes.
- No son incompatibles con las deformaciones que se producen en la madera durante el corte por efecto de las tensiones.
- Presentan menos limitaciones en cuanto a alturas de corte que las sierras circulares y las sierras alternativas múltiples.
- Las pérdidas por aserrín son menores que en los otros tipos de sierras.
- Pueden aserrar maderas duras y abrasivas con relativa facilidad, sobre todo si trata de equipos pesados.
- Se prestan para instalaciones permanentes y portátiles.

2.4.1.2. Desventajas

- El mantenimiento de las salas de afilados más complejo que para otras sierras, exige más implementación y personal calificado.

- Su capacidad de producción es inferior a la de las sierras alternativas múltiples.
- No permiten el uso de dientes insertados con el aserradero de discos, sin embargo los dientes pueden ser reforzados con estelite.
- Su capacidad de corte es algo inferior a la sierra de disco (JUNAC, 1989).

2.4.2. Sierra de cinta vertical

2.4.2.1. Sierras de cinta con carro de escuadras

Se caracterizan por el diámetro de sus volantes, por la capacidad vertical y horizontal, la capacidad de carga del carro y el grado de automatización.

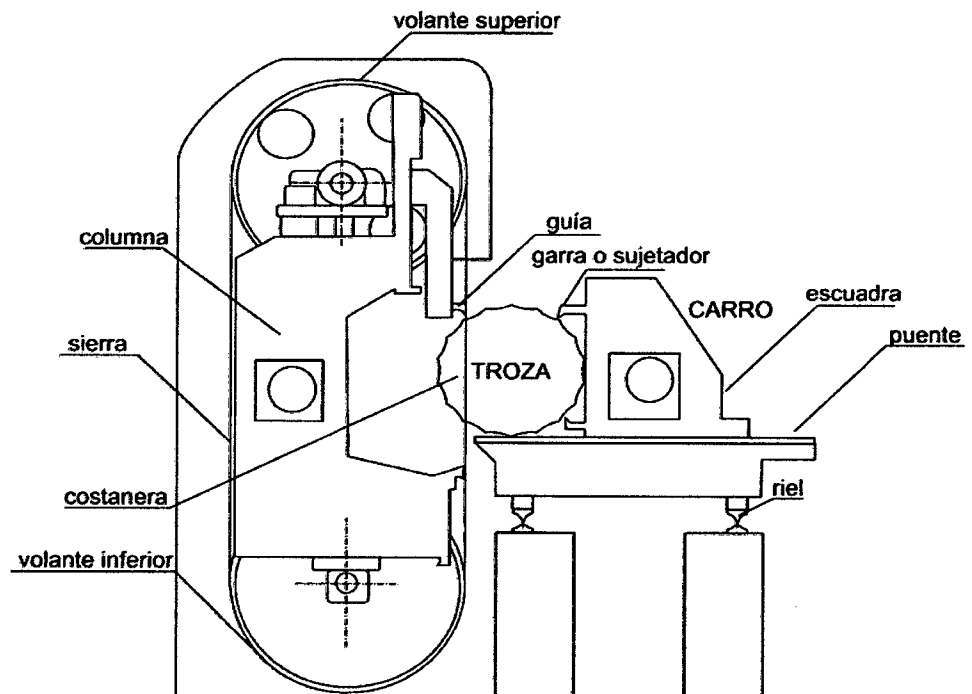


Figura 6 .Sierra con carro de escuadras de avance mecánico.

Fuente: (JUNAC, 1989).

2.4.2.2. El acero de las sierras

Para cumplir los requisitos del proceso de aserrío en la forma más económica y racional posible, se necesita no solo una maquina moderna y eficiente sino también una lamina capaz de resistir las múltiples variadas exigencias de corte.

2.4.2.3. Consideraciones sobre los aceros

En todos los procesos de corte de la madera se tiene rozamiento entre las herramientas y la madera, en general mientras mayor sea la dureza del acero mayor será resistencia al desgaste.

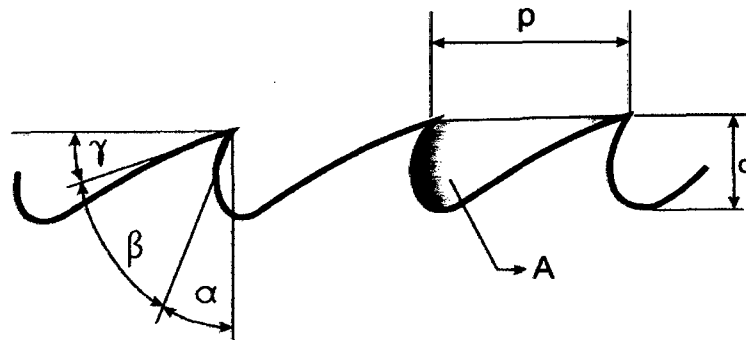
Así mismo a medida que aumenta la temperatura la resistencia al desgaste del acero disminuye. Aquellos con apreciables contenidos de cromo, molibdeno, tungsteno, cobalto o vanadio, presentan mejor resistencia al desgaste a temperatura elevada que los de baja aleación debido a que estos elementos a la matriz de soporte resistencia (JUNAC, 1989).

2.4.3. Características de la sierra cinta

La hoja de la sierra de cinta consta de un cuerpo y una dentadura. El cuerpo de la lámina sirve de soporte a la dentadura y ambos deben recibir una preparación adecuada para poder realizar un trabajo eficiente.

Para especificar una sierra de cinta se deben conocer las características técnicas de la maquina que las va usar. Los factores más

importantes que deben señalarse al especificar una sierra de cinta son: el ancho, el espesor, la longitud y las características técnicas de su dentadura (JUNAC, 1989).



α ángulo del corte

p = paso del diente

β ángulo del diente

A = profundidad del corte

γ ángulo del lomo

d = área de la garganta

Figura 7. Terminología para los dientes de sierra cinta.

Fuente: (JUNAC, 1989).

2.4.3.1. Ángulo de ataque o corte

Determina la eficiencia del corte y por ende la capacidad productiva de la maquina. Su capacidad depende de la dureza de la madera, la forma del diente y espesor de la sierra cinta. En maderas duras se utilizan ángulos de cortes menores que en maderas blandas. Perfiles robustos perfiles robustos como el tipo pico de loro o de proyección de viruta, pueden aceptar ángulos de cortes mayores que en perfiles débiles en la sierras de mayor espesor se pueden utilizar ángulos de cortes mayores (JUNAC, 1989).

QUINTANAR (2002) sostiene que el ángulo de corte, tiene un efecto definitivo sobre la eficacia del corte de la sierra, y por ende, en la

capacidad de producción de la máquina, y recomiendan que para aserrar maderas de medias duras, se utilicen ángulos de corte de 15 a 20 grados para sierras con diente trabados y de 20 a 30 grados para dientes recalcados.

2.4.3.2. Ángulo del diente

Es el ángulo formado por el cuerpo mismo del diente y que le da rigidez y resistencia; para maderas muy duras no debe ser inferior a 55°. Para maderas blandas puede ser menor (JUNAC, 1989).

QUINTANAR (2002) hace mención que el ángulo de diente determina su robustez y solidez y se encuentra en proporción inversa con el espesor o calibre de la sierra, y para el aserrío de maderas medias duras recomiendan ángulos de 45° a 60° grados.

2.4.3.3. Ángulo de alivio

Es aquel que reduce la interferencia de la madera con el lomo de los dientes, conjuntamente con la traba permite el libre movimiento de la sierra en el corte. Se deben evitar ángulos libres exagerados, ya que estos debilitan inútilmente el diente porque reducen el ángulo de hierro. Un valor comprendido entre 8° y 10° es satisfactorio para muchos casos. Es importante así mismo que en cada afilado de la cinta rectificar el lomo, a fin de mantener el ángulo libre necesario valores mínimos pueden ser 5° para maderas muy duras, valores máximos son los utilizados en maderas muy blandas (JUNAC, 1989).

QUINTANAR (2002) determina el grado de fricción o rozamiento entre la sierra y la troza, mientras que BÉJAR *et al.* (1986), recomiendan para aserrar medias duras y duras un valor de entre 8° y 12° grados.

2.4.3.4. Paso de diente

Es la distancia entre las puntas de dos dientes consecutivos, es decir la separación entre dientes. Este espacio debe ser igual en toda la dentadura para repartir el corte en todos los dientes, facilitar la evacuación del aserrín y permitir el afilado automático de la cinta. Se define como la distancia que existe entre punta y punta de dos dientes adyacentes. Su valor depende del ancho de la sierra que se está usando, pero en general, diversos autores coinciden en recomendar un rango de 1 ¼" a 2 ¼" para el aserrío (BÉJAR, 1985 y FLORES *et al.*, 2001).

2.4.3.5. Garganta

Es el espacio o cavidad entre dos dientes que transporta y evacua el aserrín. Constituye la base de la dentadura y la capacidad de evacuación del aserrín. Los mayores esfuerzos ocurren en la garganta si estas son excesivamente pequeñas el esfuerzo se encontrara en espacio pequeño, además las gargantas deben ser ampliamente curvas y la parte más profunda debe quedar ubicada por delante de la punta del diente y no en la misma (JUNAC, 1989).

La garganta se determina por la forma, el paso del diente y por la

altura del mismo, debiendo ser lo suficientemente amplia para desalojar el aserrín producido. Para aserrar maderas duras con sierras de dientes recalcados se recomienda que la profundidad de garganta sea igual aproximadamente a $1/3$ del paso del diente (BÉJAR *et al.*, 1986).

2.4.3.6. Ancho de corte

Es el ensanche que se le da al borde dentado de la sierra, a través o bien del recalcado o de la traba, a fin de evitar la fricción entre los lados de la sierra y la troza. Para el aserrío de encino se recomienda que el ancho de corte sea igual a 1,5 veces el calibre de la sierra. Se recomienda el uso de dientes recalcados en vez de trabados, ya que esto reduce las fricciones laterales, a la vez que se posibilita el uso de pasos de diente mayores (QUINTANAR, 2002).

2.4.3.7. Velocidad de alimentación

La velocidad de alimentación se determina por la dureza de la madera, diámetro de las trozas acabado superficial deseado y características de la sierra. Para aserrar latifoliadas se recomienda utilizar velocidades cercanas a 25 m/min (FLORES *et al.*, 2001).

2.4.3.8. Velocidad de corte

La velocidad de corte es la velocidad a la cual los dientes de la sierra cortan la troza. Se determina principalmente en base a la dureza de la madera, por lo que las velocidades recomendadas para latifoliadas son

del orden de los 8.000 pies por minuto (QUINTANAR, 2002).

2.5. Canteado

Llamada en el Perú sierra inglesa. Después del tableado en la sierra principal (sierra cinta), o en su caso en la reaserradora, se procede a cantear la tabla con la finalidad de eliminar los cantos irregulares. Este corte, que determina el ancho de la tabla se realiza en la canteadora, maquina que está equipada generalmente con uno o más discos de corte longitudinal, uno fijo y los otros movibles. En algunos casos es deseable utilizar un rayo de luz infrarroja para direccionar el corte y evitar pérdidas de madera (GARCÍA y PALACIOS, 2002).

2.6. Despuntado

Luego del proceso de canteado se realiza el despuntado, que es un corte transversal al eje de la pieza para determinar su longitud final. Para este trabajo se utiliza una sierra circular despuntadora de péndulo que está equipada con un disco, ó con una despuntadora de mesa que puede tener dos o más discos.

La operación exclusiva es la de cortar o aserrar piezas de madera de manera transversal eliminando defectos de la tabla y dimensionando los largos en función a las necesidades de mercado. En esta etapa del proceso se obtiene como sub producto la madera corta (TORRES, 2005).

2.7. Características de la especie

- Orden: Rosales.
- Familia: MORACEAE.
- Género: *Brosimum* sp.
- Especie: *Brosimum utile* (Ducke) C.C. Berg (TORRES, 2005).

2.7.1. Distribución geográfica

La distribución de la especie fue obtenida de la literatura y de reportes de herbario, se encuentra entre 0 y 1 500 msnm. La especie existe en cantidades bajas en la amazonia del Perú. Se encuentra desde Costa Rica, Brasil, Venezuela, Ecuador hasta Perú (TORRES, 2005).

2.7.2. Características sobresalientes del árbol

Árbol que alcanza hasta 35 m de altura y 1.50 m de diámetro. Posee raíces tablares bien desarrolladas. Tronco recto y cilíndrico. La corteza externa es delgada y de color gris verdoso con textura lisa finamente agrietada con lenticelas medianas dispuestas en filas longitudinales. La corteza interna es de color anaranjado y exuda látex blanquecino, abundante y pegajoso. Las hojas son simples, alternas, coriáceas y con estipulas. Flores bisexuales en capítulos de color blanco. Fruto tipo drupa, pequeño y contiene una semilla. Crece en el bosque húmedo tropical en zonas de terrazas bajas o suelos periódicamente inundados y asociado con las especies: tangare (*Carapa guianensis*), chanul (*Humiriastrum* sp.), canelo (*Nectandra* sp.), almendro (*Bertholletia excelsa*); aceite maría (*Callophyllum mariae*); anime

(*Protium* sp.); pantano (*Hieronyma* sp.) y sajo (*Camptosperma panamensis*) (TORRES, 2005).

2.7.3. Propiedades físicas y mecánicas de la especie

2.7.3.1. Características de la madera

- Color; el tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco y las capas internas (duramen) de color crema, observándose entre ambas capas un leve y gradual contraste en el color.
- En la madera seca al aire la albura se toma de color blanco y el duramen amarillo pálido.
- Olor no distintivo, brillo intenso o elevado, grano entrecruzado, textura media, veteado o figura bandas anchas paralelas jaspeado en la sección radial (GARCÍA y PALACIOS, 2002).

2.7.3.2. Características tecnológicas

Leche caspi es una madera medianamente pesada, que presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media a alta (TORRES, 2005).

1. Secado

Seca rápidamente al aire presentando deformaciones, rajaduras leves y defectos de mancha azul. Se recomienda los horarios de secado:

el T5-C3 de los Estados Unidos y el F de la Junta del Acuerdo de Cartagena (TORRES, 2005).

2. Preservación

Es una madera fácil de inmunizar a vacío y presión e inmersión, teniendo una retención superior a 200 Kg/m³ y una penetración total (TORRES, 2005).

3. Durabilidad natural

Es baja. No es resistente al ataque de hongos e insectos. En uso exterior su duración es menor de un año (TORRES, 2005).

4. Trabajabilidad

El aserrado de la madera húmeda produce superficies algo lanosas. Contiene pequeñas cantidades de cristales de Sílice, lo cual hace que la madera sea abrasiva, siendo por lo tanto necesario para su labrado utilizar herramientas con filos reforzados y las técnicas de corte adecuadas. Ofrece un buen acabado y se deja encolar fácilmente (TORRES, 2005).

5. Usos actuales

La madera aserrada es usada en construcción, especialmente para interiores, tabiquería, molduras; en estructuras ligeras, vigas, viguetas, pies derechos, machihembrados y en embalajes ligeros. Es ideal para la producción de láminas para triplay. Para mangos de herramientas, cañas de pescar,

paraguas, muebles, chapas decorativas (GARCÍA y PALACIOS, 2002).

6. Usos potenciales

Para depresores linguales y similares, tableros de partículas, juguetería, artículos deportivos, implementos agrícolas, tableros enlistonados, construcciones normales en interiores, pulpa y papel, productos moldurados; inmunizada se puede usar para crucetas de postes y construcciones de uso exterior (GARCÍA y PALACIOS, 2002).

2.7.3.3. Propiedades físicas

- Densidad básica: 0.49 g/cm^3 .
- Contracción tangencial: 6.88 %.
- Contracción radial: 3.71 %.
- Contracción volumétrica: 6.69 %.
- Relación T/R: 1.90 (TORRES, 2005).

2.7.3.4. Propiedades mecánicas

- Módulo de elasticidad en flexión: 100 kg/cm^2 .
- Módulo de rotura en flexión: 511 kg/cm^2 .
- Compresión paralela (RM): 264 kg/cm^2 .
- Compresión perpendicular: 41 kg/cm^2 .
- Corte paralelo a las fibras: 74 kg/cm^2 .
- Dureza en los lados: 380 kg/cm^2 .
- Tenacidad (resistencia al choque): 2.70 Kg-m (TORRES, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la unidad industrial del aserradero “New Forest” que se encuentra ubicada en la ciudad de Villa Rica.

3.1.1. Clima

Villa Rica se halla comprendido entre la yunga fluvial (1 000 - 2 300 msnm) y la quechua (2 300 – 3 500 msnm) en el declive oriental de la cordillera andina, que mira la llanura amazónica; clima templado, húmedo y semicálido, en el invierno es eventualmente seco. El promedio anual de la precipitación pluvial es 1 529 mm con temperatura media anual de 17.7 °C. La humedad relativa es de 89 %.

3.1.2. Límites

- Por el Norte: Con el distrito de Oxapampa.
- Por el Sur: Con la provincia de Chanchamayo.
- Por el Este: Con el distrito de Puerto Bermúdez y la provincia de Chanchamayo.
- Por el Oeste: Con el distrito de Oxapampa

3.1.3. Ecología y relieve

Villa Rica está situado en la parte central y oriental del departamento de Pasco, provincia de Oxapampa, ubicado entre las coordenadas 75° 15' 00" - 75° 16' 20" de longitud oeste y 10° 42' 30" - 10° 45' 00" de latitud sur. Con una compleja topografía, en ella se ubican las cordilleras de San Carlos y parte del Parque Nacional Yanachaga Chemillen. El río Entaz discurre al este, al sur parte del río Paucartambo; circundados por el río Yezú.

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales de campo

- Planilla de registros.
- Calculadora.
- Machete.
- Tablero.
- Pie de rey.
- Tizas (color blanco).
- Spray (color negro).
- Lápiz.
- Cinta métrica.

3.2.2. Materiales de gabinete

- Cámara digital (BENQ – 6.0 M).
- Útiles de escritorio.
- Ordenador Corel 2 Duo.

3.3. Metodología

3.3.1. Fase de campo

3.3.1.1. De la empresa

1. Ubicación del estudio

El aserradero “New Forest” se encuentra ubicado en la Av. Puerto Bermúdez S/N del distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco.

2. Maquinaria y herramientas

El aserradero “New Forest” cuenta con un gran número de maquinarias y herramientas. Se describió las características de las máquinas y los flujos de producción en el aserradero (Anexo 1, Figura 30 y 31 y Anexo 2, Cuadro 14, 15 y 16).

3.3.1.2. De las trozas

1. Selección de las trozas

Para determinar el número de trozas a ser evaluadas, se hizo un muestreo midiendo sus diámetros y calculando sus volúmenes como se aprecia en el Anexo 2, Cuadro 11 y 18. Con la finalidad de conocer variables estadísticas (media, varianza, error típico), para posteriormente calcular el tamaño de muestra final de manera que sea representativa de las calidades y clases diamétricas presentes en la especie seleccionada. Con el propósito de determinar las clases diamétricas más representativas en el pre muestreo descartando las trozas con mayor o menor diámetro y de características

defectuosas como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Definición de clases diamétricas en el pre muestreo

Clases diamétricas (cm)	Nº de Trozas	% Total
30 - 40	2	10.00
40 - 50	7	35.00
50 - 60	6	30.00
60 - 70	4	20.00
70 - 80	1	5.00
Total	20	100,00

Fuente: (Elaboración propia).

En una segunda fase, ya identificadas las 3 clases diamétricas con mayor número de trozas siendo estas las de: 40 - 50, 50 - 60 y 60 - 70 cm se procedió a seleccionar al azar 10 trozas por clase diamétrica.

2. Determinación del tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de muestra en el aserradero, se realizó a través de un muestreo simple al azar. Para ello fue necesario conocer la población total de trozas en el que se realizó un conteo total de las trozas en el patio de trozas. Las variables y parámetros para la determinación del tamaño se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{N \times S^2 \times Z^2_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}}{\left(N \times d^2 + (S^2 \times Z^2_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}) \right)} \right) \quad (1)$$

Donde:

- n = Tamaño de muestra definitivo.
- N = Tamaño de la población.
- d^2 = Precisión de muestreo utilizada.
- S^2 = Varianza encontrada en el muestreo preliminar.
- Z^2 = Valor de significancia para una distribución normal.

3. Identificación de la especie

Con la ayuda de un especialista de la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre sede Villa Rica y un técnico en reconocimiento de madera en estado natural (madera rolliza) se identificó esta especie. Se eligió la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg), por la necesidad de la empresa en el desarrollo de estudios de rendimientos en aserrío primario.

4. Recolección de datos

Se diseñó y elaboró la planilla a utilizar en el registro de la información como se puede observar en el Anexo 2, Cuadro 9.

5. Marcado y codificación de las trozas

Las trozas se marcaron en las superficies de sus secciones transversales (cabezas) con aerosol de color negro distinguiéndolas unas de otras para la especie seleccionada de manera que facilite su seguimiento en el proceso de aserrío (Anexo 1, Figura 28). Además se añadió un código con el aerosol que permitió distinguir la especie y el número de troza para la sistematización de los valores que arroje los productos generados.

6. Medición de la troza

Una vez marcadas las trozas, se procedió a medir el diámetro en centímetros con una cinta métrica en forma de cruz tomando un promedio del diámetro mayor y menor de la troza sin considerar la corteza, la longitud se midió en metros con una cinta métrica (Anexo 1, Figura 29).

7. Calidad de la trozas

Una vez determinado el número de trozas se procedió a su clasificación de acuerdo a los criterios y variables. Para ello se ha adaptado los requisitos de acuerdo algunos estudios mencionados como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Clasificación propiamente dicha

Variable	Categoría (calidad)		
	Primera (I)	Segunda (II)	Tercera (III)
Forma de sección	Redonda	Ovalada	Ovalada ó Irregular
Conicidad	Cilíndrica	Semicilíndrica ó ahusada	Ahusada
Rectitud	Derecha	Semisinuosa	Sinuosa ó torcida
Acañonado	Ninguno	Hasta 25 %	Más de 25 %
Rajadura	No presenta	Solo una a < 2.5 cm p < 50 %	Más de una a < 5.0 cm p < 50 %
Grieta	Solo una (01) l < 5 % L p < 5 % del radio	Hasta tres (3) l < 10 % L p < 50 % del	Más de cuatro (4) l < 50 % L p ≤ 100 % del

Variable	Categoría (calidad)		
	Primera (I)	Segunda (II)	Tercera (III)
		radio (r)	radio (r)
Abultamiento	No presenta	Solo uno (1)	Más de uno (1)
Ataque de insectos	No presenta	Ligero	Si presenta
Mancha y/o Pudrición	No presenta	Solo mancha	Manchas y/o pudriciones

Fuente: (INRENA, 2006).

8. Proceso de aserrío

Las trozas seleccionadas colocadas en el carro porta trozas por medio de esfuerzo físico utilizando para ellos unos ganchos (perro). De la sierra cinta se obtuvieron tablas las cuales se transportaron a la canteadora para el saneo, luego se llevaron a la despuntadora para dejarlas según las dimensiones que requiere el mercado.

En esta fase se verificó si se cuenta con diagramas, estándares que consignen el orden de corte, la orientación de corte y las secciones frecuentes obtenidas por especie en el proceso de aserrío y volteó de la trozas. Como se puede observar en la Figura 8 este fue procedimiento que se aplico al aserrar alrededor de la troza donde: lado 1 es el primer lado de la troza aserrada o base, lado 2 es el primer lado que se ha de aserrar, adjunto al lado 1, lado 3 lado opuesto al lado 1, lado 4 es el lado opuesto al lado 2. Pueden darse dos alternativas: A: 1-2-3-4; B: 1-3-2-4.

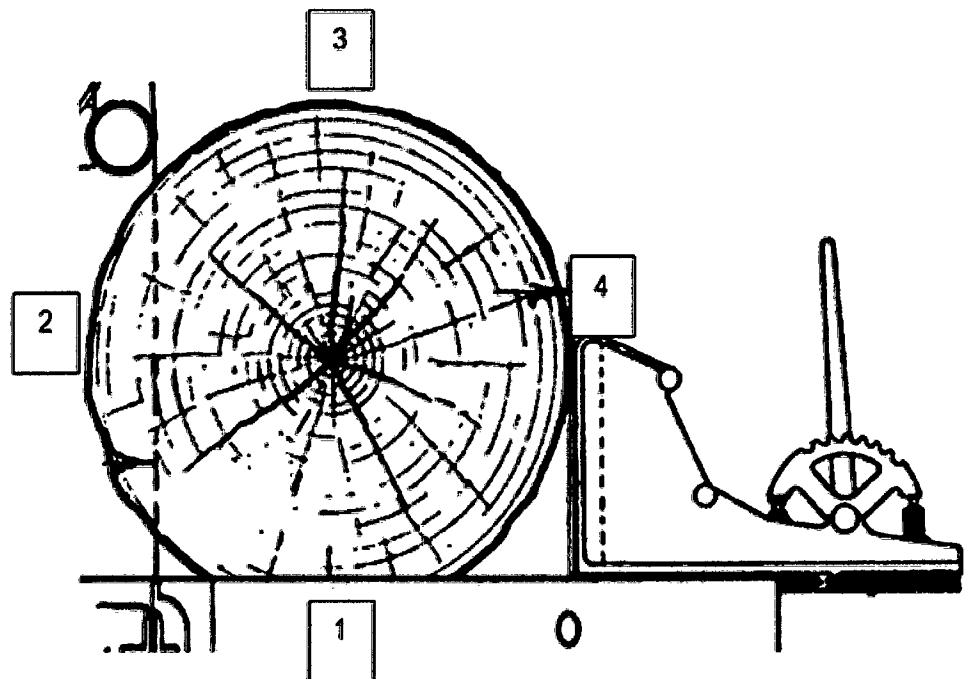


Figura 8. Diagrama de corte de las trozas.

Fuente: (INRENA, 2006).

9. Marcado de las tablas

Las piezas de madera aserrada resultantes del aserrío de cada troza se marcaron en la superficie de una de sus secciones transversales con tizas de color blanco, ello debido a que en las operaciones de despuntado se pierde la marca original debido al dimensionado final.

10. Medición y clasificación de las tablas

Conforme se fueron aserrando las piezas, estas se midieron (espesor en milímetros, ancho en centímetros y largo en metros) luego se clasificaron de acuerdo a los criterios definidos anteriormente en la lista de productos forestales maderables reconocidos por la autoridad forestal (RJ 230-2004-INRENA) que a continuación se indica:

Cuadro 3. Clasificación de madera aserrada

Categoría	Tipo	Dimensiones			Tolerancias
		Espesor (e)	Ancho (a)	Largo (l)	
Comercial	Comercial (C)	> 2.54 cm (1")	> 15.24 cm (6")	> 182.88 cm (6')	A= ± 2.54 cm (1') máximo
Recuperación	Larga angosta (LA)	> 2.54 cm (1")	< 12.70 cm (5")	> 182.88 cm (6')	Incluye albura
	Corta	> 2.54 cm (1")	> 2.54 cm (1")	152.40 cm (5') <	Incluye albura
	Paquetería	5.08 – 15.24 cm	5.08 – 15.24 cm	> 182.88 cm (6')	
	Larga(PAL)	(2"-6")	(2"-6")		
	Paquetería	5.08 – 15.24 cm	5.08 – 15.24 cm	152.40 cm (5') <	
	Corta (PAC)	(2"-6")	(2"-6")		
Extra	Extra (X)	> 5.08 cm (2")	> 15.24 cm (6")	> 16'	Medidas especiales

Fuente: (NTP 251.114,1990), (NTP 251.115, 1990) madera aserrada.

3.3.2. Fase de gabinete

3.3.2.1. Evaluación y cálculos

1. Cubicación de trozas

Para determinar el volumen de las trozas en estudio, se aplicó la siguiente fórmula:

$$V = \left(\frac{D_{>} + d_{<}}{2} \right)^2 \times 0.7854 \times L \quad (2)$$

Donde:

V= Volumen (m³).

D_>= Diámetro promedio del extremo mayor sin corteza (cm).

d_<= Diámetro promedio del extremo menor sin corteza (cm).

L= Longitud (m).

2. Cubicación de madera aserrada (tablas)

Para determinar el volumen de las tablas se aplico la fórmula:

$$V = \frac{E \times A \times L}{100000} \quad (3)$$

Donde:

V= Volumen en metros cúbicos (m³).

L= Longitud de la tabla metros (m).

A= Ancho de la tabla en centímetros (cm).

E= Espesor de la tabla en milímetros (mm).

3. Determinación del rendimiento

Para determinar el rendimiento de aserrio en porcentaje, se utilizó la siguiente relación:

$$R\% = \frac{\sum \text{Promedio volumen de tablas m}^3}{\sum \text{Promedio volumen de trozas m}^3} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

$R\%$ = Rendimiento de aserrío (%).

$\sum \text{tablas } m^3$ = Volumen total de las tablas aserradas.

$\sum \text{trozas } m^3$ = Volumen total de las trozas.

Como el volumen de las tablas está en metros cúbicos (m^3) este se convirtió a pies tablares (pt) utilizando el factor: $1m^3 = 424 \text{ pt}$ (aproximación de 423.84). El coeficiente de aserrío se determinó con la siguiente fórmula:

$$1m^3 = R(\%) \times 424 \quad (5)$$

4. Volumen de desperdicios

El volumen de los desperdicios se calculó de la diferencia del volumen en rollo y madera aserrada.

$$V_{Td} = V_{Tr} - V_{Ta} \quad (6)$$

Donde:

V_{Tr} = Volumen total en rollizo (m^3_r).

V_{Ta} = Volumen aserrado de las tablas (m^3_s).

V_{Td} = Volumen de desperdicios (m^3).

3.3.2.2. Análisis estadístico

El análisis estadístico que se aplicó para este estudio es el de correlación (análisis de regresión simple y múltiple). su uso dependerá del grado de relación existente entre dos o más variables.

1. Regresión simple

En este caso tomamos el volumen de troza como una variable independiente (X) y el volumen obtenido de las tablas esta como la variable dependiente (Y). Lo que se espera ver si hay relación entre X y Y. El cálculo del coeficiente de correlación "r" se determino mediante la fórmula:

$$r = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2] \times [n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \times 100 \quad (7)$$

Para el cálculo del coeficiente de determinación "r²" se calculo mediante la fórmula:

$$r^2 = r \cdot r \quad (8)$$

A continuación las formulas utilizadas para el cálculo de las ecuaciones en la regresión simple:

Ecuación de la recta.

$$y = a + bx \quad (9)$$

Ecuación exponencial.

$$y = ae^{x^b} \quad (10)$$

Ecuación logarítmica.

$$y = a + \log bx \quad (11)$$

Ecuación polinómica.

$$y = a + bx + cx^2 \quad (12)$$

2. Regresión múltiple

La primera ecuación múltiple relacionó la variable independiente X_1 (diámetro mayor promedio), X_2 (diámetro menor promedio) y X_3 (largo de la troza), con la variable dependiente Y (pies tablares), esta ecuación también es fácil y práctica para su utilización. Se hará uso de esta ecuación dependiendo del grado de correlación.

$$y = a + bx_1 + cx_2 + cx_3 \quad (13)$$

La segunda ecuación múltiple relacionó, la variable independiente X_1 (diámetro mayor), X_2 (diámetro menor) y X_3 (largo de la troza), X_4 (rajado), X_5 (torcido), X_6 (podredura) con la variable dependiente Y (pies tablares), utilizando la ecuación seleccionada como muestra la siguiente fórmula:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + cx_3 + dx_4 + ex_5 + fx_6 \quad (14)$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento y coeficiente de aserrío promedio para leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)

En el Cuadro 4 y Figura 9 se muestran los valores promedios de cada indicador, el rendimiento que se obtuvo en el aserrío de 30 trozas de la especie en estudio fue de 62.100 % cuyo valor para el coeficiente de aserrío es de 263.306 pies tablares por cada metro cúbico rollizo (263.306 pt/m³_r) con un volumen de 12.938 m³_s, para los residuos se obtuvo un rendimiento de 37.900 % con un volumen 7.896 m³ haciendo un total de 20.822 m³, siendo el 100 % respectivamente del total de las trozas. Para el presente estudio el ancho de la sierra cinta fue de 152.4 mm con un espesor de 1.5 mm y una altura de diente de 11.2 mm.

Así mismo el artículo 343° del reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, establece que por Resolución Jefatural del INRENA se aprueban las tablas de insumo-producto y los coeficientes de rendimiento por especies o grupos de especies; el coeficiente de rendimiento de madera aserrada por cada metro cúbico rollizo, que se viene utilizando a nivel nacional para todas la especies forestales maderables es de 52 % (por cada metro cúbico de madera rolliza se obtiene 220 pt), que representa el valor promedio a

nivel mundial para cualquier tipo de sierra como se cita en el documento de trabajo N° 8 “La industria del aserrío en el Perú” del Proyecto PNUD/FAO/PER/78/003. Dentro de este contexto queda demostrado que el rendimiento del 52 % (220 pt/m³,) para las especies maderables no es el mismo, en el presente estudio de investigación que se realizó arrojó resultados de un 62.100 % de rendimiento (263.306 pt/m³,) para la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg). Del mismo modo la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), en coordinación con la Cámara Nacional Forestal y el INRENA, como producto del estudio “Utilización Industrial de Nuevas Especies Forestales en el Perú”, determinaron resultados de rendimientos y productividad para la madera aserrada húmeda en Pucallpa, dentro de las cuales se encuentra la especie manchinga (*Brosimum alicastrum*), la misma que arrojó rendimientos de 65.5 % (277.72 pt/m³,) y 72.8 % (308.67 pt/m³,) de madera aserrada por metro cúbico rollizo. Como también la Asociación de Productores e Industriales de la provincia de Satipo con la participación de la Administración Técnica Forestal y Fauna Silvestre Selva Central y la Universidad Nacional del Centro del Perú realizaron estudios de rendimiento de la especie congona (*Brosimum alicastrum*), como resultado del estudio mencionado en el considerado anterior se ha determinado un coeficiente de rendimiento de aserrío para la especie del 77 % (326.48 pt/m³,) de madera aserrada por metro cúbico rollizo (INRENA, 2005).

ZAMUDIO (1996) señala que en el caso de teca el coeficiente de aserrío es del 55 %, pues al procesar los troncos en tablones o listones se

presenta aproximadamente un 45 % de desperdicio, que si bien se lo puede utilizar representa un ingreso marginal de poca importancia.

SHIELD y HANSENV (2006) expresan que el rendimiento del eucalipto (*Eucaliptus grandis*) en producto aserrado es del orden de 45 %, aunque este guarismo varía obviamente con la calidad de la materia prima.

MARTINEZ (2008) indica que el factor encontrado para shihuahuaco es de 45 % disminuyendo en 10 puntos al señalado por SCHEWE (1991) de 55 % para todas las especies aserrados con sierras cinta, pero superior al 35 % encontrado por BENÍTEZ (1990) e inferior al 52 % establecido por el IGFF con fines estadísticos, indicando que el coeficiente encontrado para el shihuahuaco se encuentra dentro de los parámetros al valor realista propuesto por SCHREWE y BENÍTEZ (INRENA, 2005).

En el presente estudio de rendimiento se consideró factores como: la aplicación de diagramas de corte teniendo en cuenta el diámetro, longitud, calidad (rajadura, torcedura y podredura Anexo 2, Cuadro 12) siendo estas las características que afectan directamente en el aserrío y trabajabilidad de la madera como lo afirma TRONCOSO (2000), la influencia que ejercen los defectos de la troza en su aprovechamiento, el rendimiento obtenido en madera debido a que trozas de forma irregular, torcidas y que presenten defectos como ataque de hongos y rajaduras disminuirán el volumen aserrado y por consiguiente el rendimiento como lo demuestra para la especie roble fue de

39.1 %, mientras tanto el rendimiento de madera libre de defectos fue de 24.6 % con respecto al volumen de 125 trozas estudiadas. En el aserrado de las trozas el tipo de sierra cinta que se utilizó fue el vertical, ancho de sierra cinta de 152.4 mm, espesor de 1.5 mm y una altura de diente de 11.2 mm. El tipo de corte que se efectuó en el aserrado fue el tangencial como se aprecia en la Figura 3. Siendo en su gran mayoría de tipo 1-2-3-4 (Figura 9, 23 y 24). Este sistema de asierre en cuatro caras consistió en ir volteando la troza en el carro para seleccionar los cortes más adecuados, buscando generalmente la obtención de piezas libres de duramen y la maximización del volumen de tablas obtenido por troza, afirmado por ZAVALA (2003) quien compara los coeficientes de aserrío del sistema tradicional (tangencial) con el radial, el primer caso se obtuvo un coeficiente de 55.83 % y en el segundo de 52.31 % que representa una diferencia de 2.95 %, que aparentemente es baja de acuerdo con lo mencionado por BÉJAR *et al.* (1986) de un 14.1 %; utilizando 50 trozas de tres especies de encinos: *Quercus laurina*, *Q. candicans* y *Q. acutifolia*. Este es el sistema más utilizado por la mayoría de los aserraderos del país y el más adecuado para maderas latifoliadas (QUINTANAR, 2002).

Este hecho debe constituir una reflexión muy importante para los empresarios de la industria del aserrado en el sentido de prestar una mayor atención a la ubicación de las trozas en el corte de apertura, conociendo que la tendencia actual está encaminada hacia el aprovechamiento de trozas de pequeño diámetro; con lo cual se puntualizan los criterios de GARCÍA Y DÍAZ (1995), cuando plantean que un aserrador con buen dominio de los esquemas

de corte podrá ejercer fácilmente su trabajo al saber cuál solución aplicar para cada tipo de troza en particular.

Otro factor a tener en cuenta son las condiciones de la sierra cinta en el aserradero, esta situación afecta y aquí la influencia del elemento cortante debe ser considerado. Se sabe que la punta del diente remueve madera del tronco en su camino de arriba abajo, la madera sólida se transforma en viruta y aserrín. La cantidad de aserrín producido se almacena en la garganta y se libera debajo del tronco. Si se produce mayor cantidad de aserrín de aquél que se puede almacenar en la garganta, éste se desborda entre la superficie aserrada y la hoja. Esto aumentará las fuerzas laterales sobre la hoja y como resultado deteriora la precisión del aserrado. Teniendo en cuenta que la garganta y la geometría del diente deben estar relacionadas con la velocidad de alimentación, el tamaño del tronco y el tipo de madera que se quiera aserrar.

El tamaño del ángulo de corte está determinado por el tipo de madera y la velocidad de alimentación. La regla generalmente aceptada es que para maderas blandas se requiere un mayor ángulo de corte (30°) que para maderas duras (22°). Por otro lado a menor ángulo de corte más lenta es la capacidad de corte de la máquina. En la práctica es imposible usar muchos ángulos diferentes de corte en un aserradero, por lo tanto es necesaria una elección promedio correcta. El objeto del ángulo de corte es que los dientes se enganchen a sí mismos a la madera y que remuevan una determinada cantidad

de material para que el tronco alimente a la sierra. Si el ángulo de corte es muy chico el tronco se ve forzado a través de la sierra para que ésta pueda cortar el material. Esto puede causar mucha fricción lo que desgastará los dientes más rápidamente y los desafilará. Desviaciones laterales pueden ser otro efecto indeseado. Esto aumentará las fuerzas laterales sobre la hoja y como resultado deteriora la precisión del aserrado. En el aserrado de esta especie las características que tuvo la sierra cinta fueron: ángulo de corte de 26°, ángulo libre de 11° y un ángulo de diente de 49°. La velocidad de corte 8 000 pies/minuto y una velocidad de alimentación de 221 pies/minuto.

Cuadro 4. Rendimiento de aserrío promedio de la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)

	Volumen de la troza (m ³)	Volumen de la tabla (m ³)	Volumen de residuos (m ³)
	20.822	12.938	7.896
Rendimiento (%)	100.000	62.100	37.900

Fuente: (Elaboración propia).

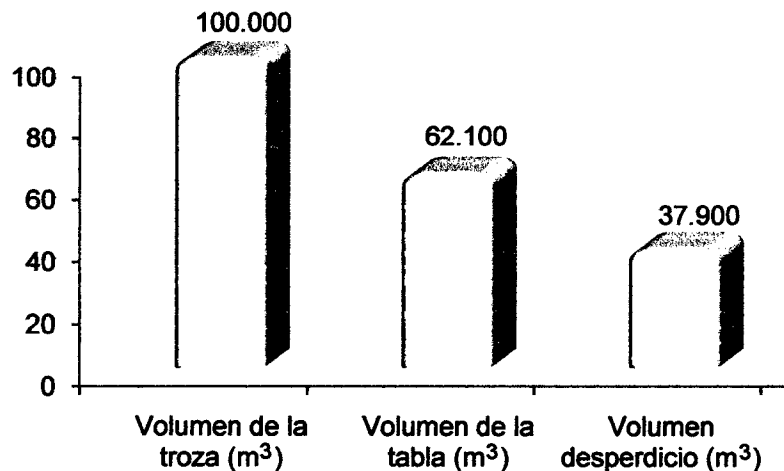


Figura 9. Rendimiento en el aserrío de leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)

4.2. Rendimiento por clase diamétrica de la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)

En el Cuadro 5 y la Figura 11 se aprecia el rendimiento por clase diamétrica de las 30 trozas evaluadas. Para la clase diamétrica de 40-50 cm es 14.889 % con un volumen de 3.104 m³_s para la de 50-60 cm el rendimiento es 21.772 % con un volumen de 4.536 m³_s y para la de 60-70 cm fue de 25.430 % con un volumen de 5.298m³_s. Se puede observar que a medida que aumentan las clases diamétricas el rendimiento es mayor como lo señala MARTINEZ (1993), el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; demostrándose que en la medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío; por lo tanto el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos. Se puede afirmar que el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío es afectado por la longitud y por la conicidad de las trozas. En la medida que aumenten ambos parámetros se incrementa la diferencia entre los diámetros en ambos extremos de la troza.

El efecto del diámetro sobre el rendimiento nos obliga a pensar en la necesidad del perfeccionamiento del aserrado de trozas y trazar además una política que garantice en lo posible un mayor desarrollo de las existencias maderables con el objetivo de obtener trozas de grandes dimensiones y calidad destinadas a los aserraderos.

TODOROKI (1995) afirma que el efecto de la calidad de la troza,

especialmente la incidencia de trozas torcidas en la calidad y volumen de la madera aserrada; expresa que existe una regla general que un incremento en 0.1 de la proporción torcedura-diámetro conduce al decrecimiento del rendimiento volumétrico en un 5 %.

Mientras que en el aserrío de trozas provenientes de bosque natural, con diámetro medio de 60 cm el rendimiento varía de 45-75 %; cuando se procesa madera de raleos con diámetro medio de 15 cm apenas alcanza de 30-35 % (PROINVERSIÓN, 2005) así mismo es corroborado por MOYA (1995) quien indica que el rendimiento en el aserrío de pino fue en promedio de 35 % con un diámetro medio de 12 cm. Por lo tanto una de las formas de incrementar el rendimiento volumétrico es mediante la optimización del troceado, produciendo lógicamente madera aserrada de dimensiones requeridas. Esta observación es de peculiar importancia para la industria del aserrío.

Cuadro 5. Rendimiento de aserrío en porcentaje por clase diamétrica de la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)

Clase diamétrica (cm)	Nº Trozas	Volumen en troza (m ³)	Volumen aserrado (m ³)	Volumen aserrado (pt)	Rendimiento (%)
[40 – 50>	10	4.707	3.104	1 316.093	14.899
[50 -60>	10	7.229	4.536	1 923.342	21.772
[60 -70>	10	8.898	5.298	2 246.102	25.430
Total	30	20.834	12.938	5485.537	62.100

Fuente: (Elaboración propia).

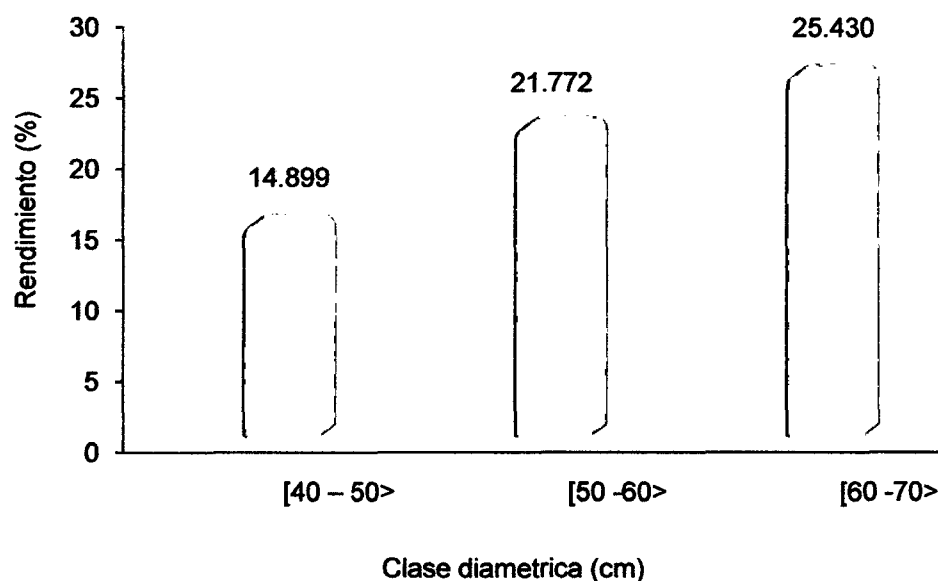


Figura 10. Rendimiento en el aserrío de *Brosimum utile* por clase diamétrica

4.3. Volumen de 30 trozas de la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)

El Cuadro 6 y Figura 11 se muestran las 30 trozas evaluadas con un volumen total de 20.834 m^3_r , y un volumen promedio de 0.685 m^3_r , así mismo el volumen el aserrado total es de 12.938 m^3_s con un promedio de 0.431 m^3_s , el volumen total de residuos es 7.897 m^3 con un promedio de 0.263 m^3 . Los volúmenes aserrados promedios (0.431 m^3_s) obtenidos en presente estudio son altos debido a que la trozas que se aserraron en su mayoría fueron de buena calidad, no presentaron podreduras, torceduras ni rajaduras considerables que pudieron afectar al en el rendimiento. Otro factor a tener en cuenta fue la forma de sus secciones ya que estas fueron de tipo cilíndrica en su mayoría. El sistema de asierre tangencial es el de mayor uso en los aserraderos de la ciudad de Villa Rica debido a que presenta el mayor rendimiento en madera aserrada así como la mayor

cantidad de cortes origina a su vez mayor cantidad desperdicio de madera.

QUINTANAR (2002) menciona que una buena opción para satisfacer la demanda de madera aserrada en forma radial y tangencial es utilizar el sistema de asierre mixto. Este presenta un rendimiento en madera aserrada bastante aceptable y tiene la ventaja de obtener tablas orientadas en los planos tangencial y radial en proporciones de 60 % y 40 %, respectivamente.

Cuadro 6. Resultado del volumen de 30 trozas y promedio

Troza	Volumen en troza (m ³)	Volumen aserrado (m ³)	Volumen de residuos (m ³)
1	0.791	0.471	0.320
2	0.669	0.447	0.222
3	0.555	0.315	0.240
4	0.544	0.334	0.210
5	0.343	0.245	0.098
6	0.369	0.269	0.099
7	0.814	0.524	0.290
8	0.767	0.503	0.264
9	1.120	0.708	0.412
10	0.777	0.493	0.284
11	0.860	0.528	0.333
12	0.871	0.569	0.302
13	0.658	0.425	0.234
14	0.754	0.472	0.282
15	0.808	0.517	0.291

Cuadro 6. (Continuación...)

16	0.635	0.406	0.230
17	0.846	0.458	0.388
18	0.724	0.393	0.331
19	0.427	0.354	0.073
20	1.095	0.640	0.454
21	0.951	0.527	0.423
22	0.990	0.574	0.416
23	0.758	0.432	0.326
24	0.417	0.279	0.138
25	0.463	0.303	0.160
26	0.498	0.324	0.174
27	0.536	0.334	0.202
28	0.627	0.373	0.254
29	0.611	0.374	0.237
30	0.556	0.346	0.210
Promedio	0.685	0.431	0.263
Total	20.834	12.938	7.897

Fuente: (Elaboración propia)

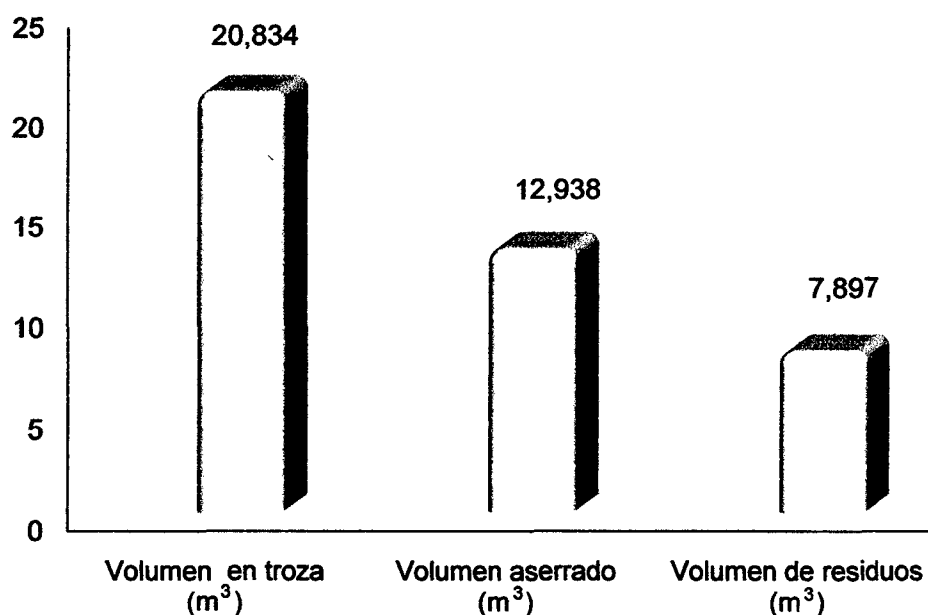


Figura 11. Volumen de madera rolliza, aserrado y residuos

4.4. Clasificación de la madera aserrada para la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)

En el Cuadro 7 y la Figura 12 se muestran los volúmenes en pies tablares, número de piezas por troza que se generaron del proceso de aserrío y la clasificación en madera comercial, larga angosta, corta y extra como se muestra en el Cuadro 3 (Fuente NTP 251; 114 -115 madera aserrada). Se obtuvieron un total de 1 190 tablas y 12.938 m³_s. En madera comercial 546 piezas con un volumen de 9.644 m³_s; larga angosta con 429 piezas y 2.867 m³_s; corta con 144 piezas y 0.433 m³_s, de la clasificación tipo extra no se encontró tablas. Las dimensiones que presentaron las tablas aserradas a través del sistema tangencial fueron: 28 mm y 53.4 mm de espesor; 5.34 cm; 7.88 cm; 10.42 cm; 12.96 cm; 15.5 cm; 18.04 cm; 20.58 cm; 25.66 cm y 30.74 cm de ancho; 0.940 m; 1.092 m; 1.245 m; 1.549 m; 1.854 m; 2.159 m; 2.464 m; 3.073 m de largo respectivamente (Anexo 2, Cuadro 2). Durante el aserrío se tuvo en cuenta las variables que afectan la uniformidad en el espesor de las tablas como son: la velocidad de alimentación, la forma de los dientes de la sierra, el balanceo incorrecto de los volantes, la falta de alineación del carro y las propiedades de las especies procesadas como lo menciona EGAS (1998), que la variación dimensional de la madera es una de las causas que dificultan la comercialización y por consecuencia la baja competitividad de la industria maderera.

El aserrío tangencial produce por lo general tablas más anchas que el aserrío radial y permite mejorar la calidad de la madera al separar la albura

de las zonas más externas de las trozas. La combinación de albura y duramen en una misma tabla induce a un comportamiento diferenciado durante la contracción en el secado. Sus efectos son mayores en la porción de albura donde la contracción es más severa que en el duramen. De la misma manera, las tablas tangenciales son más susceptibles a presentar rajaduras superficiales y acanalamientos durante el secado (ALVAREZ *et al.*, 2004). Estos efectos impactan directamente sobre la calidad de la madera aserrada.

Cuadro 7. Clasificación de madera para las 30 trozas aserradas de la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)

N° troza	Comercial		Larga angosta		Corta	
	Piezas	m ³ _s	Piezas	m ³ _s	Piezas	m ³ _s
1	16	0.273	21	0.123	14	0.075
2	22	0.369	17	0.067	4	0.011
3	15	0.255	6	0.055	1	0.005
4	14	0.279	6	0.050	2	0.005
5	12	0.177	8	0.062	3	0.006
6	16	0.159	13	0.090	8	0.020
7	16	0.401	14	0.101	9	0.022
8	23	0.450	9	0.033	7	0.020
9	31	0.550	28	0.148	6	0.010
10	23	0.420	10	0.047	9	0.026
11	23	0.410	19	0.116	1	0.002
12	23	0.396	22	0.143	12	0.030
13	16	0.313	18	0.110	1	0.002
14	19	0.350	14	0.120	1	0.002
15	18	0.364	26	0.153	-	-

Cuadro 7. (Continuación...)

16	21	0.312	12	0.094	-	-
17	25	0.398	10	0.052	6	0.008
18	18	0.320	11	0.070	5	0.010
19	15	0.219	23	0.135	-	-
20	22	0.398	15	0.195	14	0.047
21	21	0.319	26	0.159	14	0.049
22	30	0.469	15	0.094	4	0.011
23	21	0.379	9	0.048	3	0.005
24	11	0.224	4	0.044	6	0.011
25	8	0.163	14	0.127	6	0.013
26	15	0.190	15	0.122	5	0.012
27	12	0.253	9	0.076	2	0.005
28	15	0.285	6	0.075	5	0.013
29	13	0.240	23	0.124	3	0.010
30	12	0.309	6	0.034	3	0.003
Total	546	9.644	429	2.867	154	0.433

Fuente: (Elaboración propia)

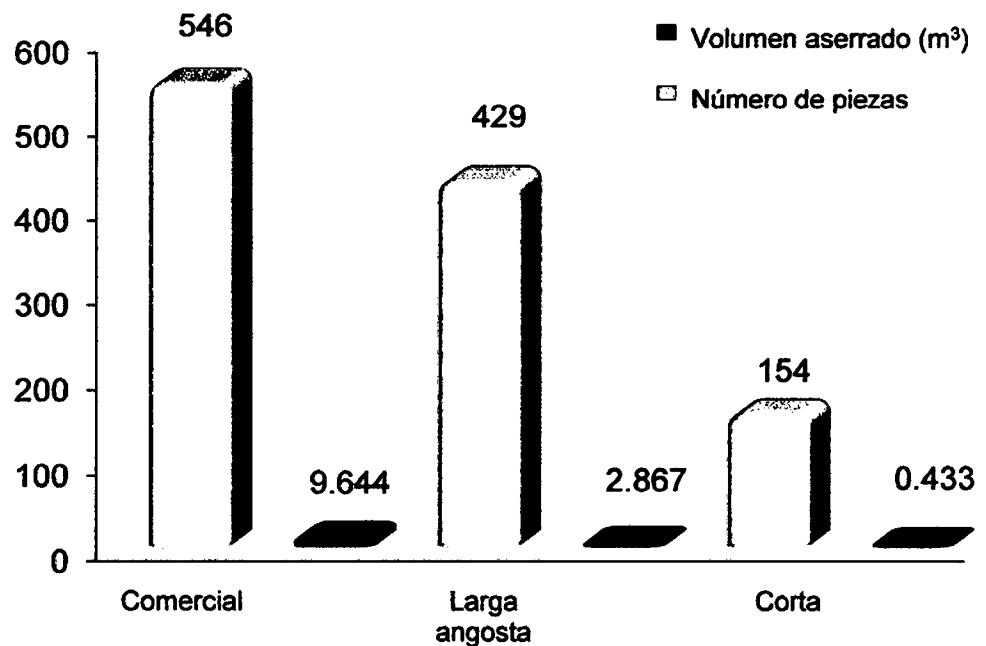


Figura 12. Clasificación de madera comercial, larga angosta y corta

4.5. Análisis de correlación entre volumen aserrado, volumen rollizo, diámetro promedio, rajadura, podredura, torcedura

Para lograr evaluar la relación existente entre el volumen aserrado y las variables que afectan directamente el volumen de las trozas (diámetro, longitud, rajadura, torcedura y podredura), se realizó una prueba de correlación entre las variables, con un nivel de confianza 95 % y con una muestra de 30 trozas aserradas, previo a esto tomándose un premuestra de 20 trozas para cálculos más confiables, logrando determinar las correlaciones más altas entre las mismas como se muestran los resultados en el Cuadro 8.

Los datos obtenidos mediante la correlación múltiple entre las variables $Y =$ volumen aserrado (pt), $X_1 =$ Diámetro mayor promedio (cm), $X_2 =$ diámetro menor promedio (cm), $X_3 =$ Largo (m), $X_4 =$ rajadura, $X_5 =$ torcedura, $X_6 =$ podredura, con un nivel de confianza del 95 %. Se observa una marcada tendencia creciente; es decir a un aumento del diámetro, largo y de trozas de buena calidad automáticamente hay un aumento en el volumen aserrado. Este es un modelo de seis entradas, donde participan las variables ya mencionadas anteriormente en el cálculo del volumen aserrado.

En el Cuadro 8 se observa la ecuación múltiple siendo su modelo:
 $Y = -274.14 + 1.92x_1 + 3.47x_2 + 54.57x_3 - 8.59x_4 + 2.46x_5 + 3.1x_6$ el coeficiente de correlación es de 0.961 y el coeficiente de determinación de 0.907. Igual sucede con la ecuación: $Y = -308.8 + 2.61x_1 + 2.98x_2 + 63.66x_3$ siendo las variables relacionadas $Y =$ volumen aserrado (pt), $X_1 =$ diámetro mayor

promedio (cm), X_2 = diámetro menor promedio (cm), X_3 = largo (m) con un coeficiente de correlación de 0.956 y el coeficiente de determinación de 0.907. Como el coeficiente de correlación (R) se acerca a 1 quiere decir que hay una alta correlación entre el volumen aserrado y las variables estudiadas para los casos anteriores. También se observa que R^2 se acerca a 1 por lo que se afirma que la ecuación determinada expresa adecuadamente la correlación entre las variables. Es decir, que el cálculo del volumen aserrado a partir de las variables es altamente confiable.

En el Cuadro 8 y Figura 14 se observa la ecuación lineal: $Y = 480.6x - 78.99$ con un $R = 0.888$ y $R^2 = 0.79$ donde el diámetro promedio es la variable para el cálculo del volumen aserrado. Para el caso del volumen en troza y a partir de éste, calcular el volumen aserrado las ecuaciones son: $Y = 227.9x + 24.54$ con un $R = 0.966$ y $R^2 = 0.933$ (lineal), $Y = 73.90e^{1.255x}$, con un $R = 0.964$ y $R^2 = 0.929$ (exponencial), $Y = 146.6\ln(x) + 242.8$, con un $R = 0.942$ y $R^2 = 0.888$ (logarítmica) y $Y = 55.67x^2 + 148.2x + 50.77$ siendo $R = 0.967$ y $R^2 = 0.936$ (polinómica de segundo grado). Al tabular los datos en las diferentes ecuaciones se observa en el análisis de varianza (ANVA) los F calculados son mayores que los F de la tabla puesto que esto representa la diferencia significativa que existe entre las variables de las ecuaciones; es decir que existe total independencia en cada una de las variables. Para observar objetivamente el grado de ajuste de los valores estimados mediante la ecuación con los valores reales, se pueden apreciar el siguiente cuadro y las figuras.

Cuadro 8. Modelos de regresión simple y múltiple

Variables relacionadas: X=Volumen de la troza (m ³), Y=Volumen aserrado (pt)			Indicadores	
Nombre	Modelo	Ecuación matemática	R	R ²
Lineal	$y = ax + b$	$y = 227.9x + 24.54$	0.966	0.933
Exponencial	$y = a e^{x^b}$	$y = 73.90e^{1.255x}$	0.964	0.929
Logarítmica	$y = a + \log b$	$y = 146.6 \ln(x) + 242.8$	0.942	0.888
Polinomial ²	$y = a + bx + cx^2$	$y = 55.67x^2 + 148.2x + 50.77$	0.967	0.936

Variables relacionadas: X= Diámetro promedio (cm) Y= Volumen aserrado (pt)			Indicadores	
Nombre	Modelo	Ecuación matemática	R	R ²
Lineal	$y = ax + b$	$y = 480.6x - 78.99$	0.888	0.790

Variables relacionadas: Y= volumen aserrado (pt), X ₁ = Diámetro mayor promedio (cm), X ₂ = Diámetro menor promedio (cm), X ₃ = Largo (m)			Indicadores	
Nombre	Modelo	Ecuación matemática	R	R ²
Múltiple	$y = a + bx_1 + cx_2 + cx_3$	$y = -308.8 + 2.61x_1 + 2.98x_2 + 63.66x_3$	0.956	0.907

Variables relacionadas: Y= volumen aserrado (pt), X ₁ = Diámetro mayor promedio (cm), X ₂ = Diámetro menor promedio (cm), X ₃ = Largo (m), X ₄ = rajadura, X ₅ = torcedura, X ₆ = podredura			Indicadores	
Nombre	Modelo	Ecuación matemática	R	R ²
Múltiple	$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4 + fx_5 + gx_6$	$y = -274.14 + 1.92x_1 + 3.47x_2 + 54.57x_3 - 8.59x_4 + 2.46x_5 + 3.1x_6$	0.961	0.907

Fuente: (Elaboración propia)

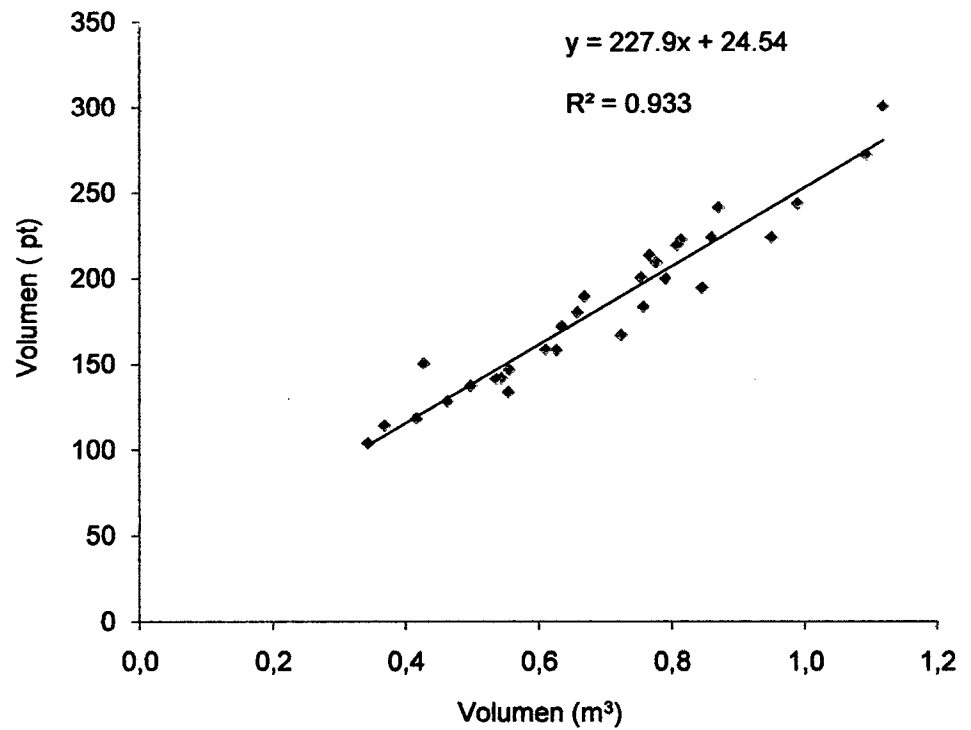


Figura 13. Relación volumen en troza (m³) vs volumen aserrado (pt)

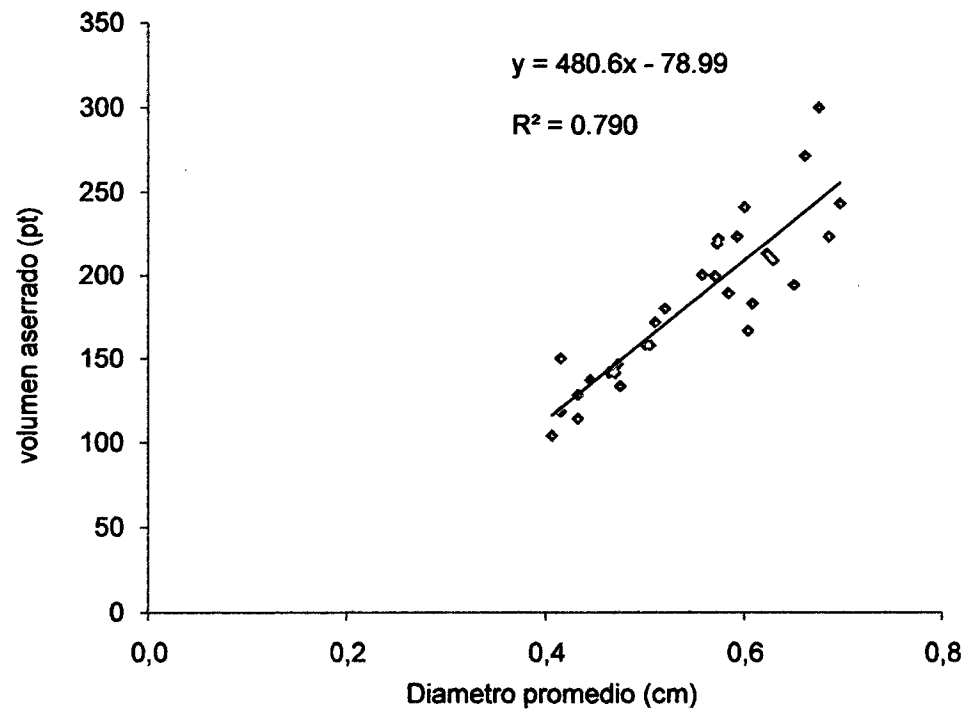


Figura 14. Relación diámetro promedio vs volumen aserrado

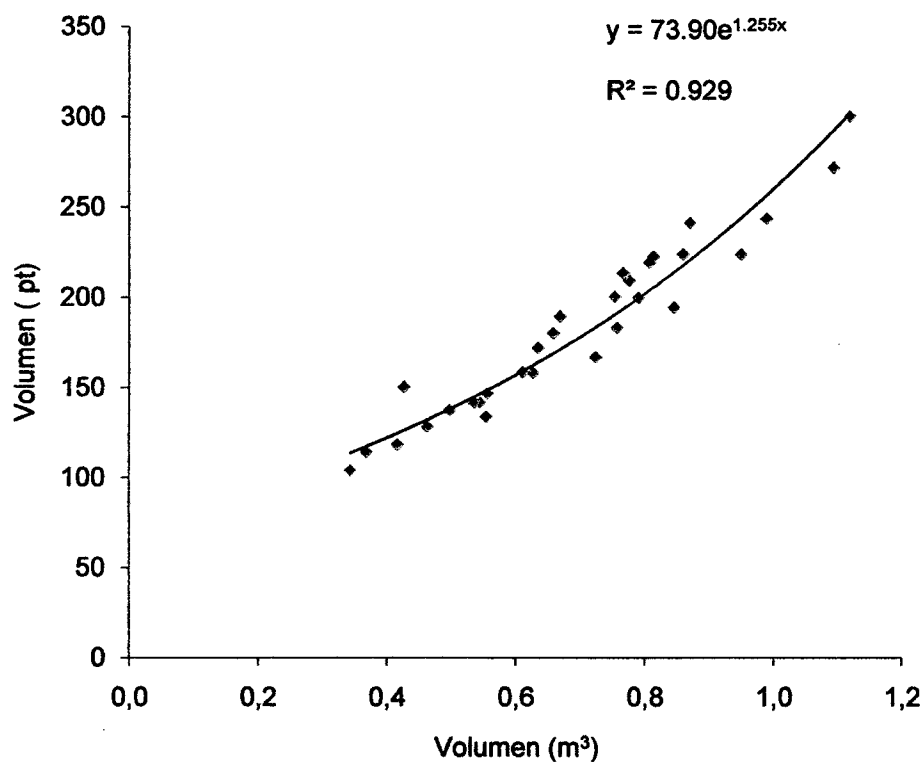


Figura 15. Relación volumen en troza vs volumen aserrado

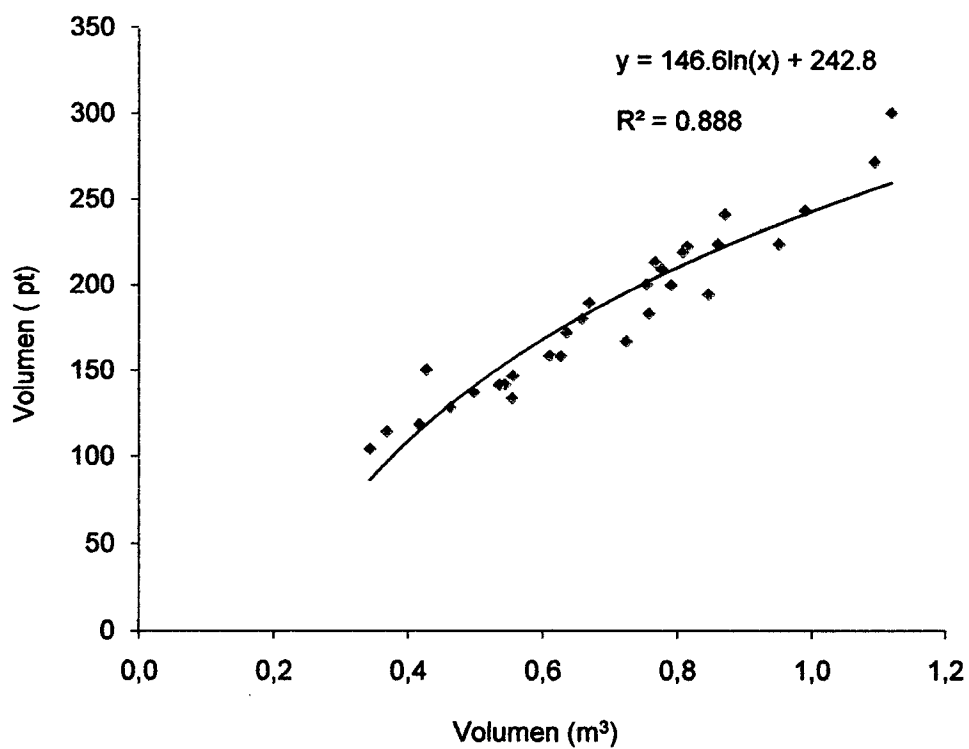


Figura 16. Relación volumen en troza vs volumen aserrado

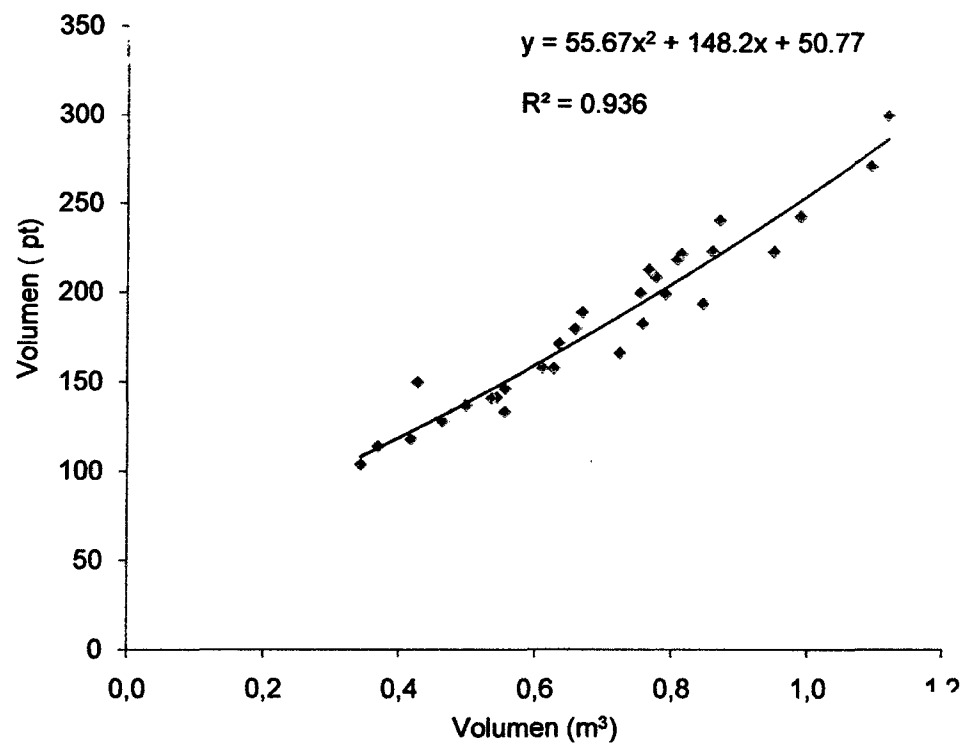


Figura 17. Relación volumen en troza vs volumen aserrado

V. CONCLUSIONES

1. En el aserrado de 30 trozas para la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg), se obtuvo un rendimiento de 62.1 % que representa un coeficiente de aserrío 263.306 pt/m^3 .
2. En las clases diamétricas de 40-50, 50-60 y 60-70 cm se obtuvo rendimientos de 14.899 %, 38.76 % y 25.430 % respectivamente.
3. En la clasificación de madera aserrada se obtuvieron: 9.644 m^3 y 546 piezas de madera comercial, 2.867 m^3 y 429 piezas de madera larga angosta, 0.433 pt y 144 piezas de madera corta que hacen volumen total de $12,938 \text{ m}^3$ y 1190 piezas.
4. De los modelos de regresión simple la ecuación lineal es: $Y=480.6x-78.99$ con $R^2= 0.79$; en los modelos de regresión múltiple y toma factores cualitativos (rajadura, torcedura, podredura) con un $R^2= 0.907$ su ecuación es: $Y=-274.14 + 1.92x_1 + 3.47x_2 + 54.57x_3 - 8.59x_4 + 2.46x_5 + 3.1x_6$.

VI. RECOMENDACIONES

- 1. Seguir generando información de aserrío en otras especies de maderas latifoliadas para perfeccionar las técnicas de aserrío y divulgar los resultados.**
- 2. Sensibilizar a los productores de las distintas zonas en los procesos de transformación de la madera como una forma de potenciar el aprovechamiento de especies tan subutilizadas.**
- 3. Llevar un control estricto del ingreso de materia prima al patio de trozas, como también en el proceso de aserrío. De implementarse estos controles en cualquier momento puede llevar a cabo la verificación de los niveles de rendimiento con los que se opera la organización.**

VII. ABSTRACT

The investigation comes at the initiative of meeting the performance and sawmilling coefficient leche caspi species (*Brosimum utile* Ducke CC Berg) to be held in the mill "New Forest" in the city of Villa Rica. The objective was to determine the coefficient of sawing using this technique in sawing timber. First there was a presampling (20 logs) to determine the most representative diameter classes (40-50, 50-60 and 60-70 cm) and also meet statistical variables (mean, variance, error) to determine the sample size Final (30 logs) by taking 10 logs for each diameter class. After the sawing of logs were classified according to parts (NTP 251.114, 1990) (251.115 NTP, 1990). We performed simple and multiple correlations with 95% reliability taking into account variables such as diameter (cm), podredura, crack, twist and log volume (m^3). The results indicate a total of $20.834 m^3_r$ and m^3_r , 0.685 average volume, total sawn volume of $12.938 m^3_s$ with an average of $0.431 m^3_s$, the total waste volume is $7.897 m^3$ with an average of $0.263 m^3$. With a 63.100 % return and a sawmilling coefficient pt/m^3 , 263.306, in the classification of a commercial nature had 546 pieces with a volume of $9.644 m^3_s$, long narrow with 429 pieces and $2.867 m^3_s$, cut with 144 pieces and $0.433 m^3_s$. Of simple regression models and the best fit is the linear equation: $Y = 480.6x - 78.99$ and $R^2 = 0.79$, in the multiple regression models and making qualitative (crack, twist, podredura) with an $R^2 = 0.907$ equation is: $Y = -274.14 + 1.92x_1 + 3.47x_2 + 54.57x_3 - 8.59x_4 + 2.46x_5 + 3.1x_6$.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, D. ZEGARRA, E., GARCIA J., PEREZ, R., LOPEZ, H. 2004. Eficiencia de los aserraderos. Factores fundamentales para aumentar los rendimientos de madera aserrada en aserraderos con sierras de banda. Revista AVANCES CIGET Pinar del Río [En línea]: (<http://www.Rahinxai.com/trabajos17/aserraderos/aserraderos.html>, documentos, 15 de Jun. del 2010).
- BÉJAR, M., MORAN K., IBAÑEZ, S. 1982. Aserrío de La madera de encino. Instituto Agronómico (México). Boletín Divulgativo nº 62. 33 p.
- EGAS, A. 1998. Consideraciones para elevar los rendimientos en aserraderos con sierras de banda. Tesis Dr. CC Forestales. Pinar, Cuba. Universidad de Pinar del Río. 100 p.
- FLORES, V., MEZA, B., VALLE, N. 2001. Desafilado de sierras banda en el aserrío de encinos. Facultad de Ciencias forestales (México). Circular nº 25.72 p.
- GARCÍA, L., PALACIOS, P. 2002. La madera y su tecnología. Fundación Conde del Valle de Salazar. Edic. Multiprensa. AITIM. Madrid, España. 322 p.

GARCÍA, P., DÍAZ, U. 1992. Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del país. Ministerio de Agricultura – Dirección general de Dirección Agraria. Universidad Nacional Agraria La Molina – Departamento de Industrias Forestales. Lima, Perú. 483 p.

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES. 2006. Intendencia Forestal y de Fauna Silvestre INRENA. Términos de referencia para la elaboración de estudios de rendimiento en el aserrío de madera. Lima, Perú. 41 p.

JUNTA DE ACUERDO DE CARTAGENA. 1989. Manual del Grupo Andino para aserrío y afilado de sierras de cintas y sierras circulares de JUNAC. 3Ed. Lima, Perú. 263 p.

MARTINEZ, R. 2008. Proyecto BOLFORII/CADEFOR. Estudios de Rendimientos de aserrío de las especies; Ochoó, Soto y Sirari. [En línea]: BOLFOR/CADEFOR, (http://www.bolfor.org/documentos/%20de%aserr%C3%3683A90F3C60%7D_Estudioa%20rendimientos%20Soto%20y%20Sirari.pdf, documentos 18 de Sep. 2010).

MOYA, B. 2004. Consideraciones de mantenimiento del aserradero del Laboratorio Nacional de Mérida (México). Circular nº 23. 30p.

PEDRAZA, B. 1994. Determinación de coeficientes de aserrío. Revista Ciencia y Tecnología de la Madera UMSNH. nº 211. 24 p.

PROINVERSIÓN. 2005. Guía de Inversiones en el Sector Forestal. Versión Resumida. 1ª Edic. Lima, Perú. 22 p.

QUINTANAR, O. 2002. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Libro Técnico N° 2. INIFAP-CIRCE-C. E. San Martinito Tlahuapan, Puebla, México. 195 p.

RIVAS, C., QUIÑÓNEZ M. 1992, Coeficiente de aserrío, para un aserradero fijo con sierra banda en Cebollas, Durango (Mexico) UAAAN. Boletín técnico n° 26. 7 p.

STEELE, P. 1984. Factors determining lumber recovery in saw milling. Gen Tech. Rep. FPL-39. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 8 p.

SHIELD, R., HANSENV, D. 2006. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Bol. Tec. N° 115. 48 p

TORRES, M. 2005. Manual de Buenas Prácticas de Manufactura para la Industria del Aserrío. Informe Final de Consultoría Contrato N° 017/2004/BID 1442/CI/PC Madera Aserrada. Documento 2. [En Línea]: MINCETUR, ([http://www.mincetur.gob.pe/comercio/Otros/Penx/estudios/Dimensionamiento Clasificacion Visual/Infor Final MBP.pdf](http://www.mincetur.gob.pe/comercio/Otros/Penx/estudios/Dimensionamiento%20Clasificacion%20Visual/Infor%20Final%20MBP.pdf), documentos 20 de Nov. 2010).

- TRONCOSO, C. 2000. Técnicas para el control de procesos de transformación mecánica en aserraderos. Instituto Forestal de Santiago (Chile). Boletín Técnico n° 124. 28 p.
- TODOROKI, I. 2005. Afilado de sierras de cintas sobre el procesamiento primario del *Pinus pátula* Mérida (México). Circular n° 25. 41 p.
- ZAVALA, D., HERNANDEZ, R. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. Madera y Bosques. [En Línea]: (<http://www.inecol.edu.mx/myb/resumenes/6.2/pdf/Zavala%20y%20hernandez%202000.PDF>, documentos 21 de Oct. 2009).
- ZAVALA, D. 2003. Efecto del sistema de aserrío tradicional y radial en las características de la madera de encinos. Revista Madera y Bosques. 39 p.
- ZAMUDIO, S. 1986. Manual de la industria maderera. Dirección de Difusión Cultural de la Universidad autónoma de Chapingo. México. 389 p.

ANEXOS

Anexo 1. Figuras



Figura 18. Sierra cinta



Figura 19. Medición del espesor de la sierra cinta

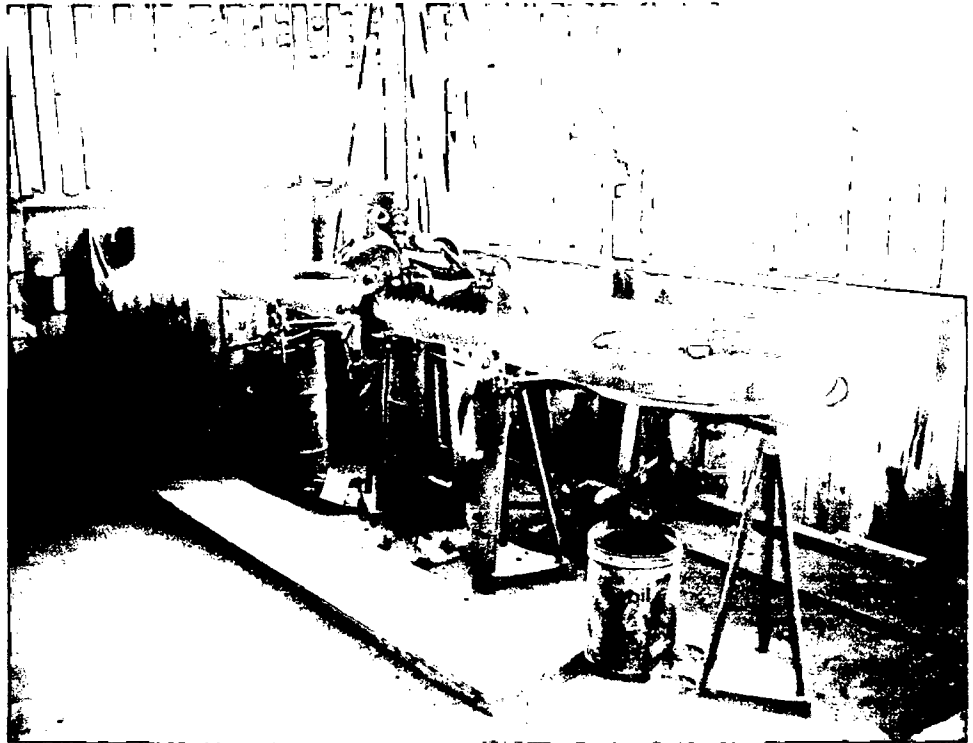


Figura 20. Afilado de la sierra cinta



Figura 21. Medición del espesor del disco de la canteadora

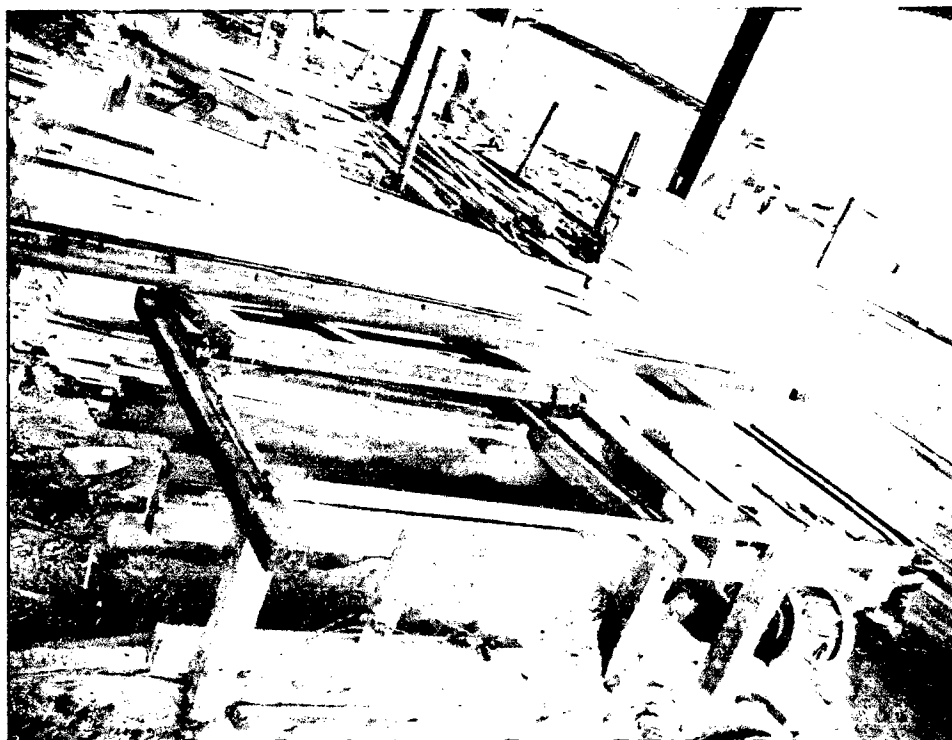


Figura 22. Despuntadora del aserradero



Figura 23. Primer corte en la sierra cinta



Figura 24. Corte tangencial de la troza



Figura 25. Canteado de las tablas



Figura 26. Despuntado de las tablas



Figura 27. Selección de trozas para el muestreo

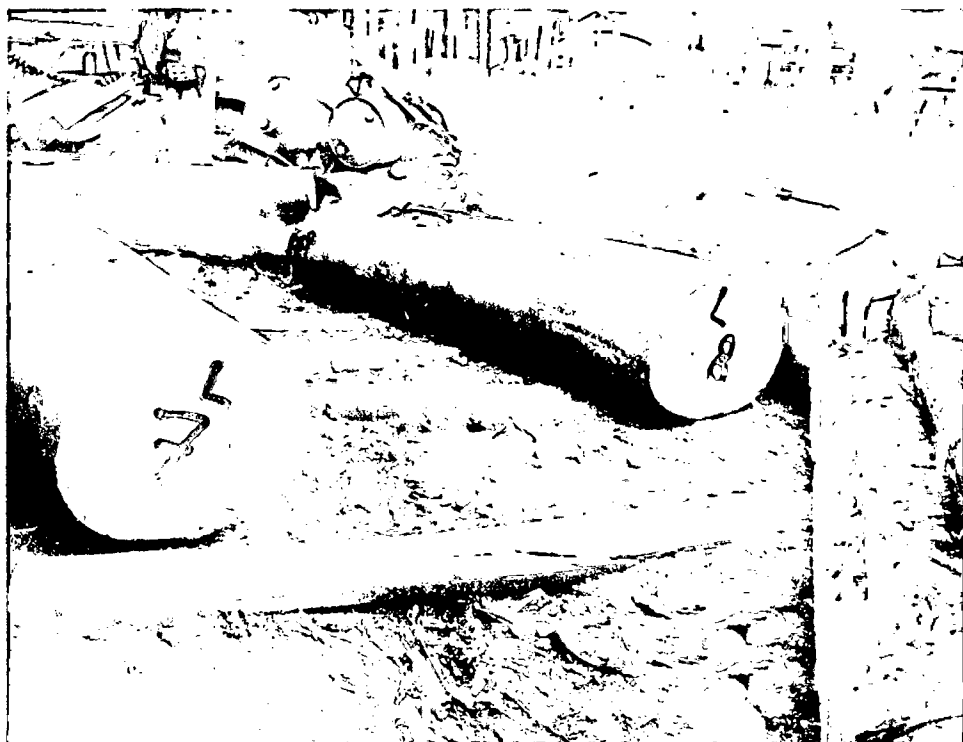


Figura 28. Marcado de las trozas



Figura 29. Medición del diámetro de las trozas

Figura 30. Flujo de operaciones para estudio de coeficientes de rendimiento (I)

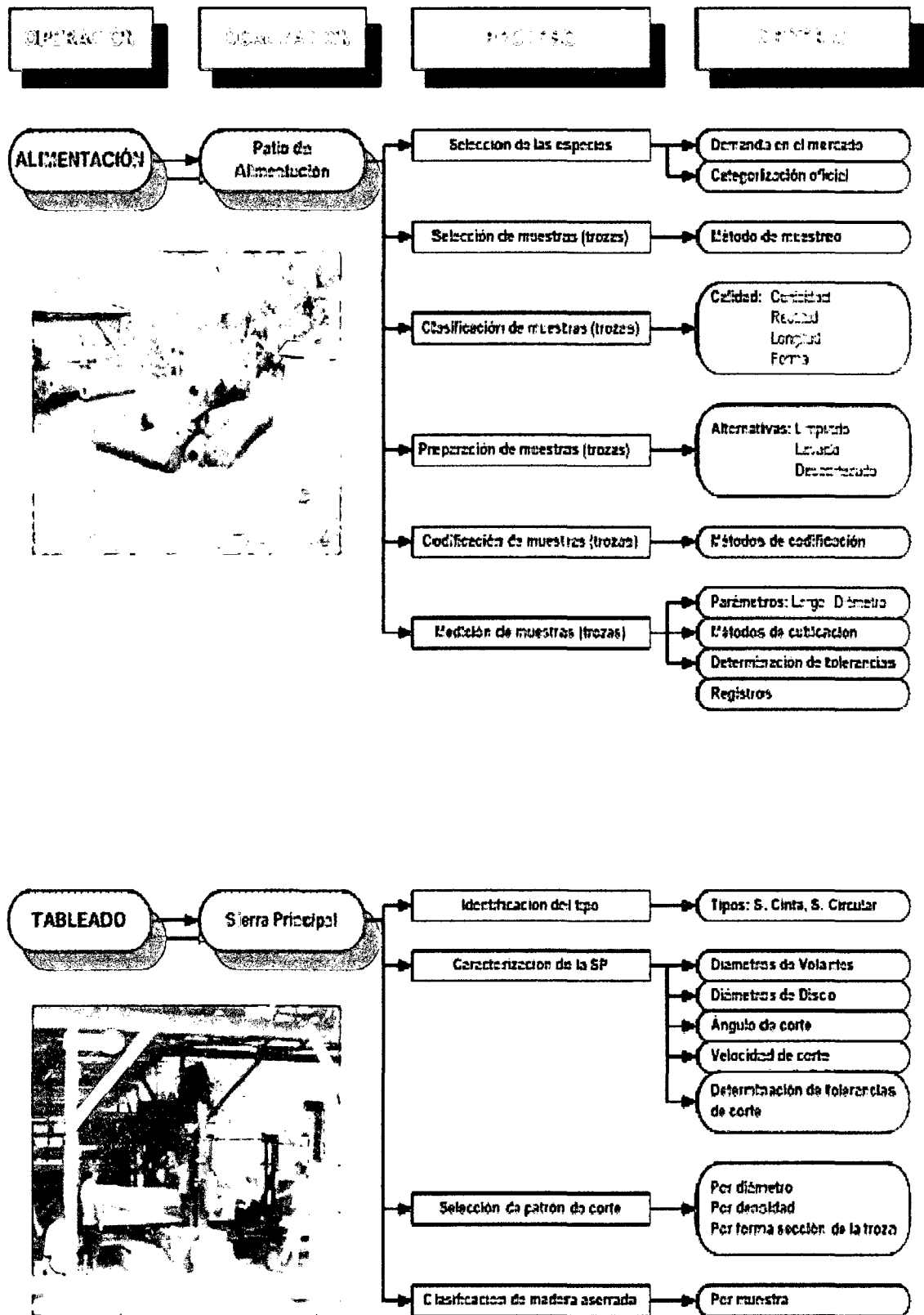
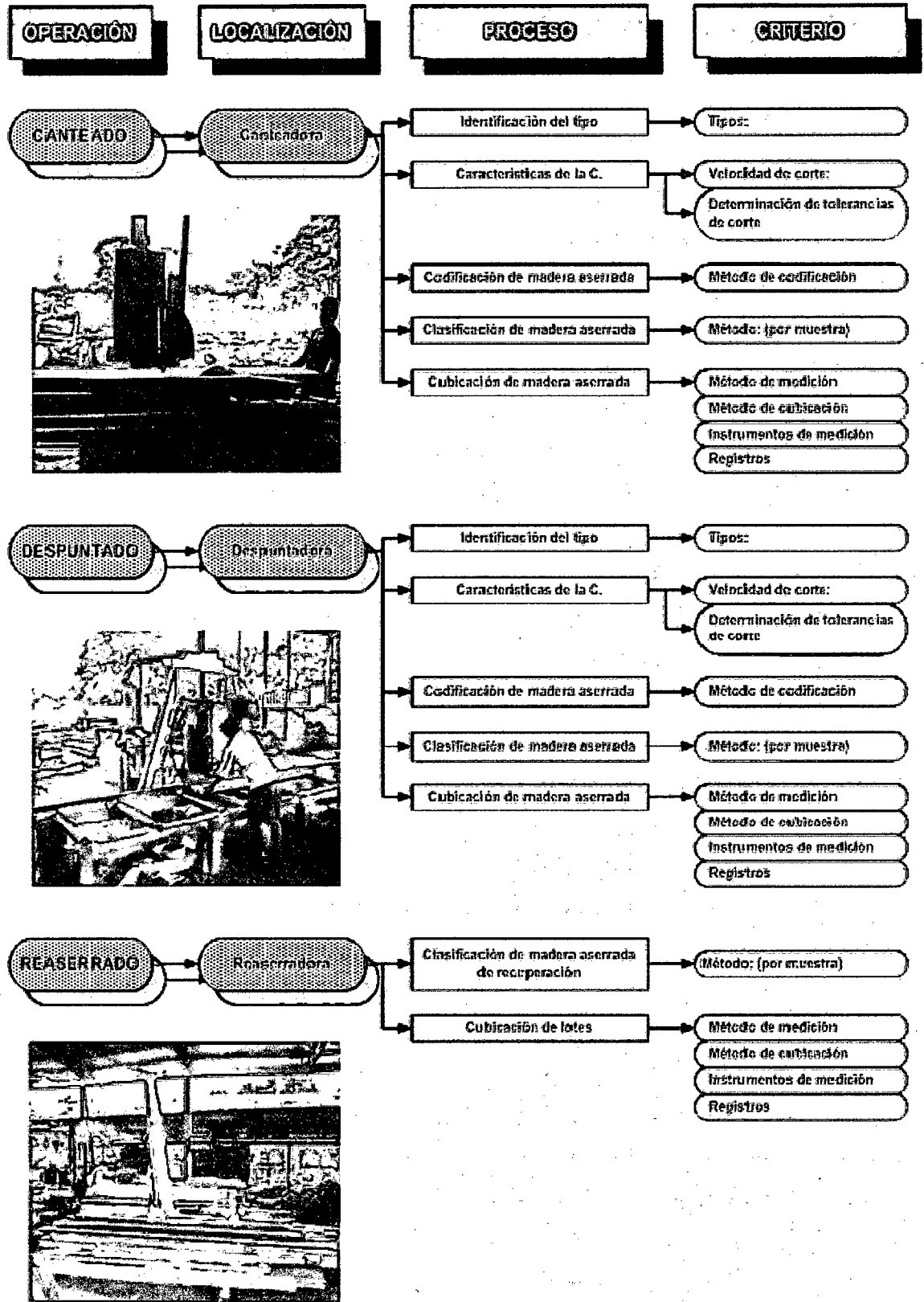


Figura 31. Flujo de operaciones para estudio de coeficientes de rendimiento (II)



Anexo 2. Cuadros

Cuadro 9. Planilla para la recolección de información de trozas

Troza	Diámetro (m)		Datos de la troza				
	Mayor	Menor	Largo	Rajadura	Torcedura	Podredura	Observación
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							

Cuadro 10. Planilla para la recolección de información de madera aserrada

Nº	Especie	Nº de troza	Nº de piezas	Dimensiones de la tabla			Volumen total
				E	A	L	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							

Cuadro 11. Pre muestreo de las trozas

Nº	D ₁ (cm)	D ₂ (cm)	X _{D₁/D₂}	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	X _{d₁/d₂}	Diámetro promedio	Largo (m)	Volumen (m ³)
1	48.20	49.40	48.80	47.10	47.90	47.50	48.15	3.18	0.58
2	44.00	47.00	45.50	47.00	48.00	47.50	46.50	3.20	0.54
3	47.40	48.70	48.05	48.00	46.10	47.05	47.55	3.10	0.56
4	55.00	52.00	53.50	48.00	51.00	49.50	51.50	3.09	0.66
5	35.00	37.00	36.00	34.00	36.00	35.00	35.50	3.11	0.31
6	39.20	38.00	38.60	37.40	38.00	37.70	38.15	3.10	0.36
7	42.00	43.00	42.50	41.00	42.00	41.50	42.00	3.13	0.44
8	45.00	44.00	44.50	43.00	42.00	42.50	43.50	3.14	0.47
9	57.80	56.30	57.05	54.80	53.00	53.90	55.48	3.11	0.77
10	67.70	69.20	68.45	66.00	68.00	67.00	67.73	3.17	1.15
11	55.90	54.70	55.30	53.60	54.00	53.80	54.55	3.16	0.74
12	48.00	50.00	49.00	45.00	46.00	45.50	47.25	3.15	0.56
13	42.00	39.00	40.50	38.00	34.00	36.00	38.25	3.21	0.37
14	62.00	60.00	61.00	52.00	52.00	52.00	56.50	3.09	0.80
15	68.00	69.00	68.50	66.00	67.00	66.50	67.50	3.10	1.14
16	65.30	63.00	64.15	67.80	64.90	66.35	65.25	3.17	1.06
17	42.00	43.60	42.80	50.00	53.00	51.50	47.15	3.18	0.56
18	61.80	62.40	62.10	63.20	62.30	62.75	62.43	3.16	0.97
19	72.00	73.50	72.75	75.80	78.30	77.05	74.90	3.15	1.40
20	56.00	54.40	55.20	56.80	53.00	54.90	55.05	3.12	0.76

Cuadro 12. Datos de las trozas evaluadas diámetro promedios, volumen total

Troza	Diámetro		Promedio	Diámetro		Promedio	Largo	Rajadura	Torcedura	Podredura	Diámetro	Volumen
	mayor (cm)	menor (cm)		mayor (cm)	menor (cm)		(m)				promedio	(m ³)
1	57.00	60.00	0.585	55.00	56.00	0.555	3.10	0.00	1.00	1.00	0.570	0.791
2	56.00	63.50	0.598	61.00	53.00	0.570	2.50	0.00	1.00	1.00	0.584	0.669
3	48.00	49.00	0.485	45.00	48.00	0.465	3.13	0.00	1.00	1.00	0.475	0.555
4	46.00	48.00	0.470	46.50	45.00	0.458	3.22	0.00	1.00	1.00	0.464	0.544
5	41.00	41.00	0.410	40.50	40.00	0.403	2.65	1.00	1.00	1.00	0.406	0.343
6	44.00	45.00	0.445	43.00	41.00	0.420	2.51	0.00	1.00	1.00	0.433	0.369
7	59.50	57.00	0.583	58.00	55.00	0.565	3.15	0.00	2.00	1.00	0.574	0.814
8	62.50	64.00	0.633	60.00	62.50	0.613	2.52	0.00	3.00	1.00	0.623	0.767
9	68.00	69.50	0.688	65.00	67.50	0.663	3.13	0.00	2.00	1.00	0.675	1.120
10	63.00	64.80	0.639	62.50	61.30	0.619	2.50	0.00	1.00	1.00	0.629	0.777
11	61.00	61.00	0.610	59.00	56.00	0.575	3.12	1.00	2.00	3.00	0.593	0.860
12	62.00	56.00	0.590	59.00	63.00	0.610	3.08	1.00	5.00	1.00	0.600	0.871
13	52.00	50.00	0.510	54.00	52.00	0.530	3.10	0.00	1.00	1.00	0.520	0.658
14	52.00	53.00	0.525	61.00	57.00	0.590	3.09	1.00	1.00	1.00	0.558	0.754
15	52.00	59.50	0.558	62.50	55.00	0.588	3.14	0.00	5.00	1.00	0.573	0.808
16	51.00	52.50	0.518	50.00	50.50	0.503	3.11	0.00	5.00	1.00	0.510	0.635

Cuadro 12. (Continuación...)

17	68.00	63.0	0.655	67.00	62.00	0.645	2.550	2.00	1.00	1.00	0.650	0.846
18	61.00	60.00	0.605	60.00	60.50	0.603	2.530	1.00	1.00	1.00	0.604	0.724
19	43.00	40.90	0.420	40.10	42.00	0.411	3.160	1.00	2.00	1.00	0.415	0.427
20	68.00	67.10	0.676	65.70	63.60	0.647	3.190	1.00	5.00	4.00	0.661	1.095
21	70.00	69.00	0.695	68.00	67.00	0.675	2.580	1.00	1.00	1.00	0.685	0.951
22	71.00	70.00	0.705	69.00	68.50	0.688	2.600	1.00	1.00	3.00	0.696	0.990
23	60.00	62.00	0.610	61.00	60.20	0.606	2.610	0.00	1.00	1.00	0.608	0.758
24	42.00	43.00	0.425	40.00	41.00	0.405	3.080	1.00	1.00	1.00	0.415	0.417
25	44.00	45.00	0.445	43.00	41.00	0.420	3.150	1.00	6.00	2.00	0.433	0.463
26	45.00	46.00	0.455	44.00	43.00	0.435	3.200	1.00	2.00	1.00	0.445	0.498
27	48.00	49.00	0.485	45.00	46.00	0.455	3.090	0.00	1.00	1.00	0.470	0.536
28	53.00	50.00	0.515	49.00	50.00	0.495	3.130	1.00	1.000	1.00	0.505	0.627
29	52.00	51.00	0.515	48.00	49.00	0.485	3.110	2.00	6.00	1.00	0.500	0.611
30	46.00	47.00	0.465	49.00	47.00	0.480	3.170	1.00	1.00	1.00	0.473	0.556
X	54.867	55.227	0.550	54.36	53.453	0.539	2.940	0.60	2.00	1.00	0.545	0.694
Total	1646.00	1656.80	16.51	1630.80	1603.6	16.17	88.20	18.00	63.00	38.00	16.34	20.83

Cuadro 13. Volumen de tablas

Especie	Nº de troza	Piezas	E	A	L	Volumen (m ³)	Volumen total (m ³)
Leche caspi	1	13	28.000	20.580	3.073	0.018	0.230
	1	6	28.000	5.340	3.073	0.005	0.028
	1	2	53.400	5.340	3.073	0.009	0.018
	1	4	53.400	7.880	3.073	0.013	0.052
	1	3	28.000	25.660	2.464	0.018	0.053
	1	5	28.000	5.340	2.464	0.004	0.018
	1	10	28.000	7.880	1.245	0.003	0.027
	1	6	28.000	12.960	1.245	0.005	0.027
	1	2	28.000	12.960	2.464	0.009	0.018
Sub total	1	51					0.471
Leche caspi	2	22	28.000	20.580	2.464	0.014	0.312
	2	6	28.000	5.340	2.464	0.004	0.022
	2	4	53.400	5.340	2.464	0.007	0.028
	2	4	28.000	7.880	1.245	0.003	0.011
	2	4	28.000	20.580	2.464	0.014	0.057
	2	1	28.000	12.960	2.464	0.009	0.009
	2	2	28.000	5.340	2.464	0.004	0.007
Sub total	2	43					0.447
Leche caspi	3	4	28.000	5.340	3.073	0.005	0.018
	3	8	28.000	20.580	3.073	0.018	0.142
	3	2	28.000	30.740	3.073	0.026	0.053
	3	2	28.000	25.660	3.073	0.022	0.044
	3	1	53.400	10.420	3.073	0.017	0.017
	3	1	53.400	7.880	3.073	0.013	0.013
	3	1	28.000	12.960	1.549	0.006	0.006
	3	1	28.000	20.580	2.464	0.014	0.014
	3	1	28.000	12.960	1.245	0.005	0.005
	3	1	28.000	5.340	2.464	0.004	0.004

Cuadro 13. (Continuación...)

Sub total	3	22					0.315
Leche Caspi	4	6	28.000	20.580	3.073	0.018	0.106
	4	3	28.000	30.740	3.073	0.026	0.079
	4	1	28.000	25.660	3.073	0.022	0.022
	4	2	53.400	10.420	3.073	0.017	0.034
	4	2	28.000	5.340	3.073	0.005	0.009
	4	1	28.000	10.420	0.940	0.003	0.003
	4	1	28.000	7.880	1.245	0.003	0.003
	4	5	28.000	20.580	2.464	0.014	0.071
	4	1	28.000	7.880	3.073	0.007	0.007
Sub total	4	22					0.334
Leche Caspi	5	7	28.000	30.740	2.464	0.021	0.148
	5	8	28.000	5.340	2.464	0.004	0.029
	5	1	53.400	10.420	2.464	0.014	0.014
	5	1	53.400	7.880	2.464	0.010	0.010
	5	2	28.000	5.340	1.245	0.002	0.004
	5	2	28.000	20.580	2.464	0.014	0.028
	5	1	28.000	12.960	2.464	0.009	0.009
	5	1	28.000	7.880	1.092	0.002	0.002
Sub total	5	23					0.245
Leche Caspi	6	1	28.000	25.660	2.464	0.018	0.020
	6	4	28.000	5.340	2.464	0.004	0.010
	6	3	28.000	20.580	2.464	0.014	0.040
	6	4	28.000	30.740	2.464	0.021	0.080
	6	11	28.000	5.340	2.464	0.004	0.040
	6	8	28.000	7.880	1.092	0.002	0.020
	6	1	28.000	20.580	2.464	0.014	0.010
	6	1	28.000	12.960	2.159	0.008	0.010
	6	3	53.400	5.340	2.464	0.007	0.020
	6	1	53.400	7.880	1.549	0.007	0.010

Sub total	6	37					0.27
Leche Caspi	7	3	28.000	20.580	3.073	0.018	0.053
	7	5	28.000	5.340	3.073	0.005	0.023
	7	10	28.000	25.660	3.073	0.022	0.221
	7	5	28.000	30.740	3.073	0.026	0.132
	7	2	53.400	10.420	3.073	0.017	0.034
	7	2	28.000	20.580	2.464	0.014	0.028
	7	9	28.000	7.880	1.092	0.002	0.022
	7	3	28.000	5.340	2.464	0.004	0.011
Sub total	7	39					0.524
Leche Caspi	8	2	28.000	15.500	1.549	0.007	0.013
	8	1	28.000	18.040	2.464	0.012	0.012
	8	12	28.000	25.660	2.464	0.018	0.212
	8	3	28.000	30.740	2.464	0.021	0.064
	8	2	53.400	10.420	2.464	0.014	0.027
	8	5	28.000	20.580	2.464	0.014	0.071
	8	3	28.000	10.420	2.159	0.006	0.019
	8	2	28.000	5.340	2.464	0.004	0.007
	8	7	28.000	10.420	1.092	0.003	0.022
	8	2	53.400	20.580	2.464	0.027	0.054
Sub total	8	39					0.503
Leche Caspi	9	15	28.000	5.340	3.073	0.005	0.07
	9	22	28.000	20.580	3.073	0.018	0.39
	9	3	28.000	30.740	3.073	0.026	0.08
	9	4	28.000	5.340	3.073	0.005	0.02
	9	3	53.400	5.340	3.073	0.009	0.03
	9	1	28.000	5.340	2.464	0.004	0.00
	9	6	28.000	20.580	2.464	0.014	0.09
	9	4	28.000	5.340	2.464	0.004	0.01
	9	1	53.400	5.340	2.464	0.007	0.01
	9	6	28.000	7.880	1.092	0.002	0.01
Sub total	9	65					0.71

Leche Caspi	10	13	28.000	30.740	2.464	0.021	0.28
	10	10	28.000	20.580	2.464	0.014	0.14
	10	2	53.400	5.340	2.464	0.007	0.01
	10	1	53.400	5.340	2.464	0.007	0.01
	10	4	28.000	5.340	2.464	0.004	0.01
	10	9	28.000	7.880	1.092	0.002	0.02
	10	2	28.000	7.880	2.464	0.005	0.01
	10	1	28.000	10.420	2.464	0.007	0.01
Sub total	10	42					0.49
Leche Caspi	11	15	28.000	5.340	3.073	0.005	0.07
	11	17	28.000	20.580	3.073	0.018	0.30
	11	1	28.000	25.660	3.073	0.022	0.02
	11	1	53.400	10.420	3.073	0.017	0.02
	11	1	53.400	7.880	3.073	0.013	0.01
	11	5	28.000	25.660	2.464	0.018	0.09
	11	1	28.000	7.880	1.092	0.002	0.002
	11	1	28.000	12.960	1.549	0.006	0.01
	11	1	28.000	12.960	2.464	0.009	0.01
Sub total	11	43					0.53
Leche Caspi	12	3	28.000	20.580	3.073	0.018	0.05
	12	10	28.000	5.340	3.073	0.005	0.05
	12	8	28.000	30.740	3.073	0.026	0.21
	12	3	28.000	25.660	3.073	0.022	0.07
	12	2	53.400	10.420	3.073	0.017	0.03
	12	1	53.400	7.880	3.073	0.013	0.01
	12	12	28.000	7.880	1.092	0.002	0.03
	12	2	28.000	12.960	1.854	0.007	0.01
	12	2	28.000	12.960	1.549	0.006	0.01
	12	7	28.000	5.340	2.464	0.004	0.03
	12	3	28.000	10.420	2.159	0.006	0.02
	12	2	28.000	12.960	2.464	0.009	0.02
	12	2	28.000	20.580	2.464	0.014	0.03

Sub total	12	57					0.57
Leche Caspi	13	9	28.000	20.580	3.073	0.018	0.16
	13	11	28.000	5.340	3.073	0.005	0.05
	13	6	28.000	25.660	3.073	0.022	0.13
	13	2	53.400	10.420	3.073	0.017	0.03
	13	1	28.000	20.580	2.464	0.014	0.01
	13	2	28.000	7.880	2.464	0.005	0.01
	13	3	53.400	5.340	2.464	0.007	0.02
	13	1	28.000	7.880	0.940	0.002	0.002
Sub total	13	35					0.42
Leche caspi	14	9	28.000	20.580	3.073	0.018	0.16
	14	5	28.000	5.340	3.073	0.005	0.02
	14	6	28.000	25.660	3.073	0.022	0.13
	14	4	53.400	10.420	3.073	0.017	0.07
	14	4	28.000	20.580	2.464	0.014	0.06
	14	3	28.000	7.880	2.464	0.005	0.02
	14	2	53.400	5.340	2.464	0.007	0.01
	14	1	28.000	7.880	0.940	0.002	0.002
Sub total	14	34					0.47
Leche caspi	15	15	28.000	5.340	3.073	0.005	0.069
	15	10	28.000	20.580	3.073	0.018	0.177
	15	8	28.000	25.660	3.073	0.022	0.177
	15	2	53.400	10.420	3.073	0.017	0.034
	15	1	53.400	7.880	3.073	0.013	0.013
	15	4	28.000	5.340	2.464	0.004	0.015
	15	1	28.000	12.960	1.549	0.006	0.006
	15	3	28.000	12.960	2.464	0.009	0.027
Sub total	15	44					0.517
Leche caspi	16	5	28.000	5.340	3.073	0.005	0.023
	16	16	28.000	20.580	3.073	0.018	0.283
	16	4	53.400	5.340	3.073	0.009	0.035
	16	2	53.400	5.340	3.073	0.009	0.018

	16	3	28.000	5.340	2.464	0.004	0.011
	16	2	28.000	20.580	2.464	0.014	0.028
	16	1	28.000	10.420	2.464	0.007	0.007
Sub total	16	33					0.406
Leche caspi	17	12	28.000	5.340	2.464	0.004	0.044
	17	15	28.000	20.580	2.464	0.014	0.213
	17	3	28.000	25.660	2.464	0.018	0.053
	17	6	28.000	25.660	2.464	0.018	0.106
	17	1	53.400	10.420	2.464	0.014	0.014
	17	1	28.000	12.960	1.549	0.006	0.006
	17	1	28.000	20.580	2.464	0.014	0.014
	17	1	28.000	12.960	1.245	0.005	0.005
	17	1	28.000	5.340	2.464	0.004	0.004
Sub total	17	41					0.458
Leche caspi	18	5	28.000	20.580	2.464	0.014	0.07
	18	6	28.000	5.340	2.464	0.004	0.02
	18	9	28.000	25.660	2.464	0.018	0.16
	18	4	28.000	30.740	2.464	0.021	0.08
	18	1	53.400	10.420	2.464	0.014	0.01
	18	4	28.000	10.960	2.464	0.008	0.03
	18	5	28.000	7.880	1.092	0.002	0.01
Sub total	18	34					0.39
Leche caspi	19	15	28.000	5.340	3.073	0.005	0.069
	19	10	28.000	20.580	3.073	0.018	0.177
	19	2	53.400	5.340	3.073	0.009	0.018
	19	3	53.400	5.340	3.073	0.009	0.026
	19	4	28.000	5.340	2.464	0.004	0.015
	19	3	28.000	20.580	2.464	0.014	0.043
	19	1	28.000	10.420	2.464	0.007	0.007
Sub total	19	38					0.354
Leche caspi	20	15	28.000	25.660	3.073	0.022	0.331
	20	12	28.000	5.340	3.073	0.005	0.055

	20	5	28.000	20.580	3.073	0.018	0.089
	20	4	28.000	30.740	3.073	0.026	0.106
	20	6	28.000	5.340	2.464	0.004	0.022
	20	7	28.000	7.880	1.092	0.002	0.017
	20	1	28.000	20.580	2.464	0.014	0.014
	20	1	53.400	7.880	1.549	0.007	0.007
Sub total	20	51					0.640
Leche caspi	21	15	28.000	20.580	2.464	0.014	0.213
	21	8	28.000	5.340	2.464	0.004	0.029
	21	2	53.400	5.340	2.464	0.007	0.014
	21	4	53.400	7.880	2.464	0.010	0.041
	21	6	28.000	25.660	2.464	0.018	0.106
	21	5	28.000	5.340	1.549	0.002	0.012
	21	8	28.000	7.880	1.245	0.003	0.022
	21	6	28.000	12.960	1.245	0.005	0.027
	21	7	28.000	12.960	2.464	0.009	0.063
Sub total	21	61					0.527
Leche caspi	22	21	28.000	20.580	2.464	0.014	0.298
	22	8	28.000	5.340	2.464	0.004	0.029
	22	4	53.400	5.340	2.464	0.007	0.028
	22	4	28.000	7.880	1.245	0.003	0.011
	22	9	28.000	30.740	2.464	0.021	0.191
	22	1	28.000	12.960	2.464	0.009	0.009
	22	2	28.000	5.340	2.464	0.004	0.007
Sub total	22	49					0.574
Leche caspi	23	4	28.000	5.340	2.464	0.004	0.015
	23	16	28.000	20.580	2.464	0.014	0.227
	23	4	28.000	30.740	2.464	0.021	0.085
	23	3	28.000	25.660	2.464	0.018	0.053
	23	1	53.400	10.420	2.464	0.014	0.014
	23	1	53.400	7.880	2.464	0.010	0.010
	23	1	28.000	12.960	1.549	0.006	0.006

	23	1	28.000	20.580	2.464	0.014	0.014
	23	1	28.000	12.960	1.245	0.005	0.005
	23	1	28.000	5.340	2.464	0.004	0.004
Sub total	23	33					0.432
Leche caspi	24	3	28.000	20.580	3.073	0.018	0.053
	24	4	28.000	30.740	3.073	0.026	0.106
	24	1	28.000	25.660	3.073	0.022	0.022
	24	1	53.400	10.420	3.073	0.017	0.017
	24	3	28.000	5.340	3.073	0.005	0.014
	24	2	28.000	10.420	0.940	0.003	0.005
	24	2	28.000	7.880	1.245	0.003	0.005
	24	3	28.000	20.580	2.464	0.014	0.043
	24	2	28.000	7.880	3.073	0.007	0.014
Sub total	24	21					0.279
Leche caspi	25	4	28.000	30.740	3.073	0.026	0.106
	25	6	28.000	5.340	3.073	0.005	0.028
	25	1	53.400	10.420	3.073	0.017	0.017
	25	5	53.400	7.880	3.073	0.013	0.065
	25	3	28.000	5.340	1.245	0.002	0.006
	25	4	28.000	20.580	2.464	0.014	0.057
	25	2	28.000	12.960	2.464	0.009	0.018
	25	3	28.000	7.880	1.092	0.002	0.007
Sub total	25	28					0.303
Leche caspi	26	2	28.000	25.660	3.073	0.022	0.04
	26	5	28.000	5.340	3.073	0.005	0.02
	26	2	28.000	20.580	3.073	0.018	0.04
	26	3	28.000	30.740	3.073	0.026	0.08
	26	6	28.000	5.340	2.464	0.004	0.02
	26	3	28.000	7.880	1.092	0.002	0.01
	26	2	28.000	20.580	2.464	0.014	0.03
	26	3	28.000	12.960	2.159	0.008	0.02
	26	4	53.400	5.340	2.464	0.007	0.03

	26	5	53.400	7.880	1.549	0.007	0.03
Sub total	26	35					0.32
Leche caspi	27	3	28.000	20.580	3.073	0.018	0.053
	27	3	28.000	5.340	3.073	0.005	0.014
	27	6	28.000	25.660	3.073	0.022	0.132
	27	2	28.000	30.740	3.073	0.026	0.053
	27	3	53.400	10.420	3.073	0.017	0.051
	27	1	28.000	20.580	2.464	0.014	0.014
	27	2	28.000	7.880	1.092	0.002	0.005
	27	3	28.000	5.340	2.464	0.004	0.011
Sub total	27	23					0.334
Leche caspi	28	3	28.000	15.500	3.073	0.013	0.040
	28	1	28.000	18.040	3.073	0.016	0.016
	28	2	28.000	25.660	3.073	0.022	0.044
	28	3	28.000	30.740	3.073	0.026	0.079
	28	3	53.400	10.420	3.073	0.017	0.051
	28	4	28.000	20.580	3.073	0.018	0.071
	28	5	28.000	10.420	2.159	0.006	0.031
	28	1	28.000	5.340	2.464	0.004	0.004
	28	3	28.000	10.420	1.092	0.003	0.010
	28	1	53.400	20.580	2.464	0.027	0.027
Sub total	28	26					0.373
Leche caspi	29	6	28.000	5.340	3.073	0.005	0.03
	29	5	28.000	20.580	3.073	0.018	0.09
	29	4	28.000	30.740	3.073	0.026	0.11
	29	4	28.000	5.340	3.073	0.005	0.02
	29	5	53.400	5.340	3.073	0.009	0.04
	29	2	28.000	5.340	2.464	0.004	0.01
	29	3	28.000	20.580	2.464	0.014	0.04
	29	5	28.000	5.340	2.464	0.004	0.02
	29	2	53.400	5.340	2.464	0.007	0.01
	29	3	28.000	7.880	1.092	0.002	0.01

Sub total	29	39					0.37
Leche caspi	30	2	28.000	15.500	3.073	0.013	0.027
		1	28.000	18.040	3.073	0.016	0.016
		4	28.000	25.660	3.073	0.022	0.088
		3	28.000	30.740	3.073	0.026	0.079
		1	53.400	10.420	3.073	0.017	0.017
		2	28.000	20.580	3.073	0.018	0.035
		3	28.000	10.420	2.159	0.006	0.019
		2	28.000	5.340	2.464	0.004	0.007
		1	28.000	10.420	1.092	0.003	0.003
		2	53.400	20.580	2.464	0.027	0.054
Sub total		21					0.346
Total		1 190					12.938

Cuadro 14. Características técnicas de la sierra cinta (Schiffer)

Nº	Detalle del equipo	Medidas
1	Diámetro del volante	1.35 metros
2	Ancho de volante	9 pulgadas
3	Espesor de volante superior	13.7 milímetros
4	Espesor de volante inferior	10.2 milímetros
5	Espesor de la sierra cinta	1.5 milímetros
6	Ancho de Sierra Cinta	6 milímetros
7	Altura del diente	11.7 milímetros
8	Potencia del motor	80 HP
9	Revoluciones del motor	1 175 RPM
10	Amperaje del motor	145 A°
11	Voltaje	380 V

Cuadro 14. (Continuación...)

12	Ciclaje	60 Hz
13	Correas del motor	8 unidades
14	Polea del motor	38 cm
15	Polea de volante	30 cm

Cuadro 15. Características técnicas de la canteadora

Nº	Detalle del equipo	Medidas
1	Potencia del motor	7.5 HP
2	Voltaje	380 V
3	Revoluciones del motor	1 450 RPM
4	Polea del motor	15 cm
5	Polea eje	11 cm
6	Diámetro sierra circular	12 pulgadas
7	Espesor de la sierra cinta	3 milímetros

Cuadro 16. Características técnicas de la sierra despuntadora

Nº	Detalle del equipo	Medidas
1	Potencia del motor	7.5 HP
2	Voltaje	380 V
3	Revoluciones del motor	2 810 RPM
4	Polea del motor	10 cm

Cuadro 16. (Continuación...)

5	Polea eje	11 cm
6	Diámetro sierra circular	14 pulgadas
7	Espesor de la sierra cinta	3 milímetros
8	Polea eje	11 cm

Cuadro 17. Resumen de los datos del volumen en troza, tabla en m³, variables de X², XY y Y² de 30 trozas aserradas de la especie leche caspi (*Brosimum utile* Ducke C.C. Berg)

Troza	Volumen en troza m ³ (X)	Volumen aserrado pt (Y)	X ²	XY	Y ²
1	0.791	199.704	0.626	157.975	3 9881.688
2	0.669	189.388	0.448	126.718	3 5867.843
3	0.555	133.624	0.308	74.115	1 7855.384
4	0.544	141.754	0.296	77.099	2 0094.249
5	0.343	104.084	0.118	35.752	1 0833.377
6	0.369	114.183	0.136	42.105	1 3037.726
7	0.814	222.374	0.663	181.106	4 9450.395
8	0.767	213.312	0.588	163.601	4 5502.078
9	1.120	300.025	1.255	336.047	9 0014.999
10	0.777	209.139	0.603	162.468	4 3739.305
11	0.860	223.682	0.740	192.421	5 0033.686
12	0.871	241.092	0.758	209.955	5 8125.260
13	0.658	180.119	0.433	118.582	3 2442.828
14	0.754	200.316	0.569	151.097	4 0126.661
15	0.808	219.183	0.653	177.165	4 8041.313
16	0.635	171.938	0.404	109.236	2 9562.812
17	0.846	194.298	0.716	164.409	3 7751.792

Cuadro 17. (Continuación...)

18	0.724	166.744	0.525	120.775	2 7803.528
19	0.427	150.238	0.183	64.218	2 2571.511
20	1.095	271.507	1.198	297.211	7 3716.054
21	0.951	223.639	0.904	212.637	5 0014.363
22	0.990	243.342	0.980	240.886	5 9215.127
23	0.758	183.150	0.574	138.786	3 3543.752
24	0.417	118.305	0.174	49.288	1 3996.016
25	0.463	128.307	0.214	59.378	1 6462.768
26	0.498	137.302	0.248	68.334	1 8851.945
27	0.536	141.467	0.287	75.840	2 0012.837
28	0.627	158.146	0.393	99.146	2 5010.079
29	0.611	158.477	0.373	96.774	2 5114.920
30	0.556	146.698	0.309	81.541	2 1520.205
Promedio	0.685	182.851	0.523	136.156	3 5673.150
Total	20.834	5 485.537	15.676	4 084.666	107 0194.501

Cuadro 18. Estadística descriptiva del muestreo de 20 trozas

Parámetros estadísticos	
Media	0.710
Error típico	0.067
Mediana	0.621
Moda	#N/A
Desviación estándar	0.299
Varianza de la muestra	0.089
Curtosis	-0.091
Coefficiente de asimetría	0.785

Cuadro 18. (Continuación...)

Rango	1.086
Mínimo	0.315
Máximo	1.401
Suma	14.203
Cuenta	20.000
Mayor (1)	1.401
Menor(1)	0.315
Nivel de confianza (95 %)	0.140

Para el cálculo de la muestra la formula que se utilizo fue:

$$n = \left(\frac{N \times S^2 \times Z^2_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}}{\left(N \times d^2 + (S^2 \times Z^2_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}) \right)} \right)$$

$$n = \left(\frac{39 \times 0.089 \times 1.96^2_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}}{\left(39 \times 0.05^2 + (0,089 \times 1.96^2_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}) \right)} \right)$$

$$n = 29.737$$

$$n = 30$$

Donde:

n= Tamaño de muestra definitivo (30 trozas a evaluar)

N = Tamaño de la población (39)

d^2 = Precisión de muestreo utilizada (0.05)

S^2 = Varianza encontrada en el muestreo preliminar (0.089)

Z^2 = Significancia para una distribución normal (1.96)

Cuadro 19. Resumen del análisis estadístico para la regresión lineal (volumen aserrado pt vs volumen rollizo m³)

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.966
Coefficiente de determinación R ²	0.934
R ² ajustado	0.931
Error típico	12.605
Observaciones	30

Cuadro 20. Análisis de varianza para la regresión lineal (volumen aserrado pt vs volumen rollizo m³)

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	6 2708.481	62 708.481	394.690	4.833
Residuos	28	4 448.646	158.880		
Total	29	6 7157.127			

Cuadro 21. Intercepción (volumen aserrado pt vs volumen rollizo m³)

	Coef.	Error típico	t	Prob.	Inf. 95%	Sup. 95%	Inf. 95.0%	Sup. 95.0%
Intercepción	24.5	8.29	2.95	0.006	7.55	41.534	7.55	41.53
Variable X ₁	227.9	11.47	19.86	4.833	204.4	251.45	204.4	251.45

Cuadro 22. Análisis de los residuales (volumen aserrado pt vs volumen rollizo m³)

Observación	Pronóstico para Y	Residuos
1	204.865	-5.161
2	177.065	12.323
3	150.979	-17.355
4	148.526	-6.772
5	102.845	1.238
6	108.602	5.580
7	210.192	12.182
8	199.373	13.939
9	279.865	20.160
10	201.627	7.513
11	220.639	3.043
12	223.057	18.035
13	174.617	5.502
14	196.486	3.830
15	208.797	10.386
16	169.366	2.572
17	217.430	-23.132
18	189.653	-22.909
19	121.980	28.258
20	274.077	-2.570
21	241.282	-17.643

Cuadro 22. (Continuación...)

22	250.196	-6.854
23	197.280	-14.130
24	119.513	-1.208
25	130.036	-1.728
26	137.994	-0.692
27	146.749	-5.282
28	167.454	-9.308
29	163.743	-5.266
30	151.250	-4.553

Cuadro 23. Resumen del análisis estadístico para la regresión múltiple
(volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio y largo)

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.953
Coefficiente de determinación R^2	0.907
R^2 ajustado	0.897
Error típico	15.463
Observaciones	30

Cuadro 24. Análisis de varianza (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio y largo)

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	6 0940.784	2 0313.595	84.962	1.465
Residuos	26	6 216.343	239.090		
Total	29	67 157.127			

Cuadro 25. Intercepción (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio y largo)

	Coef.	Error típico	t	Prob.	Inf. 95%	Sup. 95%	Inf. 95.0%	Sup. 95.0%
Intercepción	-308.7	44.54	-6.93	2.328	-400.3	-217.2	-400.3	-217.2
Variable X ₁	2.61	1.35	1.92	0.06	-0.17	5.39	-0.17	5.39
Variable X ₂	2.98	1.33	2.23	0.03	0.23	5.72	0.23	5.72
Variable X ₃	63.66	11.23	5.66	0.00	40.56	86.75	40.56	86.75

Cuadro 26. Análisis de los residuales (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio y largo)

Observación	Pronóstico para Y	Residuos
1	206.805	-7.101
2	176.346	13.042
3	155.766	-22.142
4	155.342	-13.588
5	86.988	17.096
6	92.432	21.750
7	212.318	10.057
8	199.432	13.881
9	267.536	32.489
10	201.794	7.345
11	220.570	3.112
12	223.239	17.853
13	179.767	0.352
14	200.940	-0.623
15	211.863	7.320
16	174.161	-2.223
17	216.908	-22.610

Cuadro 26. (Continuación...)

18	189.906	-23.162
19	124.321	25.917
20	263.451	8.056
21	238.208	-14.570
22	245.820	-2.479
23	197.348	-14.198
24	119.024	-0.719
25	133.175	-4.868
26	143.442	-6.140
27	150.237	-8.770
28	172.545	-14.399
29	168.290	-9.813
30	157.563	-10.866

Cuadro 27. Resumen del análisis estadístico para la regresión múltiple
(volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio, largo, rajadura, podredura y torcedura)

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.961
Coefficiente de determinación R^2	0.923
R^2 ajustado	0.903
Error típico	15.023
Observaciones	30

Cuadro 28. Análisis de varianza (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio, diámetro menor promedio, largo, rajadura, podredura y torcedura)

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	6	6 1965.903	1 0327.651	45.757	1.191
Residuos	23	5 191.224	225.705		
Total	29	67 157.127			

Cuadro 29. Intercepción (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio. diámetro menor promedio. largo. rajadura. podredura y torcedura)

	Coef.	Error típico	t	Prob.	Inf. 95%	Sup. 95%	Inf. 95.0%	Sup. 95.0%
Intercepción	-274.1	48.144	-5.69	0.00	-373.7	-174.5	-373.7	-174.5
Variable X ₁	1.91	1.44	1.32	0.19	-1.07	4.91	-1.07	4.91
Variable X ₂	3.47	1.36	2.54	0.01	0.64	6.29	0.64	6.29
Variable X ₃	54.57	12.41	4.39	0.00	28.89	80.25	28.89	80.25
Variable X ₄	-8.59	4.77	-1.80	0.08	-18.46	1.28	-18.46	1.28
Variable X ₅	2.46	1.82	1.35	0.19	-1.30	6.23	-1.30	6.23
Variable X ₆	3.10	4.67	0.66	0.51	-6.56	12.76	-6.56	12.76

Cuadro 30. Análisis de los residuales (volumen aserrado pt vs diámetro mayor promedio. diámetro menor promedio. largo. rajadura. podredura y torcedura)

Observación	Pronóstico para Y	Residuos
1	205.347	-5.643
2	180.204	9.184
3	156.583	-22.958

Cuadro 30. (Continuación...)

4	156.016	-14.262
5	85.731	18.353
6	99.463	14.720
7	213.532	8.843
8	207.684	5.629
9	266.403	33.622
10	205.165	3.975
11	218.253	5.429
12	225.571	15.521
13	182.297	-2.178
14	196.860	3.456
15	223.398	-4.215
16	184.593	-12.655
17	202.802	-8.504
18	185.968	-19.225
19	120.625	29.613
20	269.940	1.567
21	231.108	-7.469
22	244.663	-1.321
23	201.098	-17.949
24	112.940	5.365
25	141.226	-12.919
26	138.115	-0.812
27	150.929	-9.462
28	164.153	-6.008
29	163.323	-4.846
30	151.548	-4.851