

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Rendimiento de Madera de Pino (*Pinus* sp.)
en Procesos Industriales de Aserrió

José Raúl Furlán Castañeda

Guatemala
2004

Rendimiento de Madera de Pino (*Pinus* sp.)
en Procesos Industriales de Aserrío

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Rendimiento de Madera de Pino (*Pinus* sp.)
en Procesos Industriales de Aserrío

Trabajo de investigación presentado para
optar al grado académico de Licenciado en
Ingeniería Forestal

Guatemala
2004

Vo. Bo. Asesor:

Ing. René Zamora Cristales

Tema examinadora:

MSc. César Castañeda Salguero

Ing. René Zamora Cristales

Ing. Andrés Molina Arathoon

PREFACIO

Este documento es un estudio de rendimiento de madera de pino, el cual se llevó a cabo en la industria Maderas y Machihombres S.A. (Myma). Se hizo un estudio diferenciando el rendimiento según el formato de corte y analizando volúmenes nominales y volúmenes reales. El estudio surge como interés de continuar el proceso de práctica profesional ya que en ésta se hizo una evaluación general del rendimiento de la empresa, que generó resultados que plantearon algunas dudas que motivaron la elaboración de este proyecto.

Dentro de las actividades realizadas se tuvo algunos problemas, principalmente de tiempo, pues algunas piezas que debían ser cortadas para completar los resultados, no eran aserradas con fluidez generando un retraso en la compilación de los resultados básicos. La coordinación con miembros del personal de la empresa contribuyó a lograr recabar todos los datos.

Debido a la colaboración que brindaron para la realización del estudio se agradece a las siguientes personas:

- Ing. Andrés Molina, gerente de Myma, por poner a disposición el aserradero y proveer todo lo necesario para la realización del estudio,
- Ing. René Zamora, asesor del estudio, por su ayuda con recomendaciones para orientación general en el proceso de concepción y generación del proyecto, así como por la solicitud de producción de los formatos del estudio,
- Ing. Pablo Castillo, encargado de carpintería de Myma, por sus explicaciones acerca del proceso de aserrado, de utilización de madera y observaciones generales al estudio,

- Gonzalo Rivera, operario de sierra canteadora, quien permitió acelerar el proceso de corte en algunas piezas para completar la obtención de resultados,
- Marcos Pérez, operario de sierra alternativa, por su colaboración en explicación de formas de corte y ajuste de sierras alternativas,
- Miguel Trinidad, operario de sierra principal, quien contribuyó en el proceso de marcado de trozas y brindó explicaciones acerca del proceso de aserrado, y
- Juan Juárez, ayudante en sierra principal, que según sus posibilidades manejó algunas de las piezas cortadas para una rápida obtención de resultados.

ÍNDICE

	Página
Lista de cuadros.....	ix
Lista de figuras.....	x
Resumen.....	xii
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura	
A. Industria de aserrío.....	3
B. Maquinaria utilizada en aserraderos.....	3
C. Industria de la madera en Guatemala.....	5
D. Estudios de rendimiento.....	8
III. Metodología	
A. Materiales.....	9
B. Métodos.....	9
C. Descripción del aserradero y el proceso de aserrío.....	11
IV. Resultados y discusión	
A. Rendimiento general.....	13
B. Rendimiento en tabla.....	17
C. Rendimiento en tabloncillo.....	20
D. Rendimiento en tablón.....	23
E. Rendimiento en regla.....	26
F. Rendimiento en viga.....	29
G. Análisis de método de compra de troza.....	32
H. Análisis económico.....	33
V. Conclusiones.....	36

VI. Recomendaciones.....	38
VII. Literatura citada.....	40
VIII. Anexos.....	42

LISTADO DE CUADROS

	Página
1 Resultados generales en estudio de rendimiento para el formato de tabla.....	17
2 Resultados generales en estudio de rendimiento para el formato de tabloncillo.	20
3 Resultados generales en estudio de rendimiento para el formato de tablón.....	23
4 Resultados generales en estudio de rendimiento para el formato de regla de 2”X3”.....	26
5 Resultados generales en estudio de rendimiento para el formato de viga de 3”X6”.....	29
6 Volumen de madera pagado y obtenido en diferentes formatos.....	32

LISTADO DE FIGURAS

	Página
1 Medición por el método Smallian.....	7
2 Medición por el método tradicional del maderero.....	8
3 Definición del método de medición en cada extremo de la troza.....	10
4 Diagrama de ubicación de sierras y del flujo de la madera.....	12
5 Rendimiento general por formato.....	13
6 Relación entre rendimiento de troza y grosor del formato de corte.....	15
7 Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para todos los formatos.....	16
8 Relación entre rendimiento y volumen de troza para todos los formatos.....	17
9 Relación entre volumen aserrado y volumen de producto primario para el formato de tabla.....	18
10 Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para el formato de tabla.....	19
11 Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de tabla.....	20
12 Relación entre volumen aserrado y volumen de producto primario para el formato de tablancillo.....	21
13 Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para el formato de tablancillo.....	22
14 Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de tablancillo....	23
15 Relación entre volumen aserrado y volumen de producto primario para el formato de tablón.....	24
16 Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para el formato de tablancillo.....	25
17 Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de tablancillo....	26

18	Relación entre volumen aserrado y volumen de producto primario para el formato de regla de 2”X3”.....	27
19	Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para el formato de regla de 2”X3”.....	28
20	Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de regla de 2”X3”.....	29
21	Relación entre volumen aserrado y volumen de producto primario para el formato de viga de 3”X6”.....	30
22	Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para el formato de viga de 3”X6”.....	31
23	Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de viga de 3”X6”.....	31
24	Relación entre volumen de troza y valor de mercado de los productos.....	33
25	Relación entre volumen de troza y valor de mercado del producto principal.....	34

RESUMEN

Uno de los objetivos de una industria es ser eficiente, lo que se puede lograr aumentando su producción o reduciendo la cantidad de insumos utilizados. Para conocer qué tan eficiente es un aserradero debe hacerse un estudio de rendimiento, el cual permite saber la cantidad de producto que se está obteniendo a partir de un insumo.

El objetivo principal de este estudio fue determinar el rendimiento comercial de la madera de pino en el proceso de aserrío de Maderas y Machihombres S. A. (MYMSA), estableciendo también diferencias entre distintos formatos de corte. Otro punto analizado fue la variación de rendimiento según el tamaño de las trozas.

El rendimiento fue analizado cuantificando la madera en rollo que se aserraba y posteriormente cuantificando el volumen de madera obtenido de cada troza. Se hizo un análisis de rendimiento en cinco formatos distintos, y se establecieron dos tipos de rendimiento: el comercial, analizando las medidas nominales de las piezas obtenidas, y el real analizando las medidas reales de éstas. Luego de estos análisis se hizo una evaluación económica de los productos obtenidos sobre la base de los precios para agosto de 2004.

Una de las conclusiones importantes es que entre más grueso sea el formato del producto principal, mayor será el rendimiento total, por lo que se recomienda establecer variaciones de los precios de la madera aserrada según sus dimensiones. Se estableció también que no existen grandes diferencias entre el rendimiento total de las trozas, de manera que una troza grande rinde lo mismo que una pequeña. Debido a esto, el rendimiento depende principalmente de la calidad de la troza, por lo que esta variable debiera ser de importancia en el momento de la compra. Al realizar el análisis económico se determinó que después del proceso de aserrado se recupera el 63% del valor de mercado de los productos, mientras que el resto queda en el inventario y se recupera

posteriormente. Basándose en la evaluación económica, se recomienda buscar un método de corte que permita aumentar el rendimiento del producto primario para recuperar a corto plazo la inversión.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de la industria de transformación primaria de la madera consiste en la pérdida que se tiene en el escuadrado de las trozas y en la formación de aserrín. La industria de aserraderos de Guatemala tiene un rendimiento aproximado de 55%. En un estudio realizado por INAFOR, se plantea que los aserraderos que utilizan sierra de banda aprovechan 80% mientras que los que usan sierra circular únicamente recuperan 70% de la materia prima utilizada (1985:37). Quezada (1991:2) de acuerdo a observaciones asume que a nivel general se tiene un aprovechamiento de 45%.

Tradicionalmente en Guatemala, la madera es medida en pulgadas y pies para tener la medida volumétrica en pies tablares. Cuando el industrial compra las trozas al maderero, se asume una sección cuadrada en el diámetro menor de la troza. Como la troza es circular, se resta una pulgada a la medida menor del diámetro para compensar las esquinas donde no hay madera.

En lo que a la venta corresponde existe la medida nominal y la real. La medida nominal se refiere al grosor que se dice que tiene la madera, la real es 1/8 o 1/4 de pulgada menor que la medida nominal. Este es un método generalizado internacionalmente en la venta de madera y se hace para compensar las pérdidas en aserrín y viruta.

Dentro de la industria uno de los objetivos es ser eficientes. La eficiencia puede lograrse incrementando la producción con la misma cantidad de insumos o manteniendo la producción y reduciendo los insumos. Un estudio de rendimiento permite al empresario conocer la relación que existe entre su producción y los insumos que utiliza. Este estudio no se enfoca únicamente al rendimiento, también analiza las fases del proceso de aserrío donde se encuentran las mayores pérdidas y también establece diferencias de rendimiento entre formatos del producto principal.

El objetivo principal de este estudio de rendimiento fue la determinación de rendimiento comercial en la transformación primaria de la madera. Además de esto se

buscó determinar el rendimiento primario para distintos formatos y establecer correlaciones entre el diámetro de la troza y su rendimiento. Otro análisis importante fue la comparación entre rendimiento real y rendimiento comercial, pues el rendimiento real se basa en las medidas exactas del insumo y los productos, y el comercial toma en cuenta las medidas nominales de éstos. Se hizo un estudio de rendimiento comercial puesto que ésta es el área en donde se ubican los productos de la industria. El rendimiento comercial varía con respecto al rendimiento real pues la cantidad de insumo comprada difiere de la obtenida y la cantidad de producto vendida también difiere de la que el cliente obtiene.

Según los resultados obtenidos, se determinó que el rendimiento general de la empresa es de 70%, teniéndose mayor rendimiento en formatos de mayor grosor. Se verificó que la primera fuente de ineficiencia es el método de compra pues se obtiene únicamente el 95% de la madera que se paga. No se estableció una relación de dependencia entre el rendimiento y el volumen de la troza puesto que el uso es distinto según el tamaño. En el análisis económico se determinó que el 63% del valor de mercado de la madera se recupera luego del aserrado, por lo que se recomienda evaluar métodos para incrementar el rendimiento del producto primario.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. INDUSTRIA DE ASERRÍO

La industria de la madera puede abarcar distintos procesos de transformación. Uno de éstos es el proceso de aserrío, el cual consiste en realizar una serie de cortes en la madera en rollo para obtener piezas de dimensiones establecidas. Brown y Bethel (1958:10), establecen tres fases para el proceso de aserrío:

- El corte de la troza para la formación de tableros o bloques
- Corte a lo largo de estos tableros o bloques quitándole las orillas
- Corte perpendicular a la fibra para definir la longitud de la pieza y eliminar imperfecciones

Como cualquier proceso industrial, el aserrado de la madera tiene fases que generan desperdicios. Se llama desperdicio a todos los productos del proceso de aserrío que no pueden reutilizarse ni comercializarse al más alto nivel. Dentro de los desperdicios de un aserradero están: materiales gruesos como orillas y puntas de madera, y materiales finos como aserrín y viruta (Panshin *et al.* 1962:23). Para reducir la cantidad de desperdicios se ha recomendado encontrar usos a éstos. Una solución que se ha planteado es tratar de fabricar productos a partir de piezas que sean consideradas desperdicio. Otra opción que se ha planteado para reducir el desperdicio es la unión de piezas cortas para formar piezas de regular tamaño (Panshin *et al.* 1962:33,34).

B. MAQUINARIA UTILIZADA EN ASERRADEROS

1. Sierra de banda. Consiste en una lámina de acero, que es una banda sinfín, con dientes sólidos en un extremo, que se monta entre dos poleas. Es la más utilizada en el aserrado de madera en rollo, por la posibilidad de cortar elevadas alturas con precisión (Vignote y Jiménez 2000:293). La mayoría de estas sierras son de corte simple por tener dientes sólo en una orilla, existen algunas con dientes en ambas orillas

para hacer cortes en dos movimientos (Panshin *et al.* 1962: 112). El tamaño de estas sierras varía según el aserradero. Se pueden encontrar anchos desde 7” hasta 18” y largos de 24’ a 60’ (Brown y Bethel 1958:139). En esta sierra se pueden obtener los formatos deseados o pueden producirles bloques de madera para su posterior procesamiento. Los cortes realizados son paralelos a la fibra de la madera

2. Sierra múltiple o alternativa. Tiene como fin realizar múltiples cortes, distanciados por el grosor del formato que se desee obtener, también realiza los cortes paralelos a la fibra (Vignote y Jiménez 2000:321). Consiste en un grupo de sierras de banda distanciadas por una medida previamente definida. Este tipo de sierras puede ser utilizado sin necesidad de disponer de una sierra principal, pudiendo incluso aserrar trozas de pequeña dimensión (Brown y Bethel 1958: 82). Dispone de un sistema de alimentación y evacuación con rodos.

3. Desorilladora. Consta de una mesa de entrada con rodillos de alimentación. Realiza dos cortes a cada pieza perpendiculares a los realizados por otras máquinas. Define el ancho de la pieza que se desee obtener (Vignote y Jiménez 2000: 317). Las funciones de esta sierra son: cortar los lados de las piezas para que éstos sean paralelos y quitar las orillas deformes y con corteza (Brown y Bethel 1958:111). Los cortes son paralelos a la fibra.

4. Retestadora o despuntadota. Realiza cortes perpendiculares a los de referencia y en dirección también perpendicular a la fibra de la madera, determinando así la longitud de la pieza a obtener y saneando los defectos que ésta contenga. Está formada por una sierra circular suspendida de un brazo pendular rectilíneo, además cuenta con una mesa para colocar la pieza a cortar (Vignote y Jiménez 2000: 318). Tiene tres funciones importantes:

- Cortar los extremos de la pieza para que éstos estén a escuadra con respecto a las orillas y paralelos entre sí,
- cortar una pieza grande en dos o más piezas de longitudes comerciales, y

- eliminar defectos en los extremos de la pieza para darle un mayor valor a ésta (Brown y Bethel 1958:115).

C. INDUSTRIA DE LA MADERA EN GUATEMALA

La industria de transformación primaria está representada por celulosa y papel, tableros de madera, chapas y madera aserrada (PAFG 1991:42). La industria dedicada a la producción de madera aserrada, se caracteriza por escasa maquinaria y equipos, distinguiéndose por los altos volúmenes de desperdicio pues se estima que solo se aprovecha el 55% de la materia prima y el resto se pierde y se comercializa como aserrín, virutas, leña y otros (Guatemala 2000:1). Muchos aserraderos aseguran tener rendimientos entre 70 y 80%, Kiuru (2003: 26) establece que estas tasas tan altas se deben a un mal entendimiento de los términos reales de rendimiento de materia prima y que los rendimientos normales se encuentran entre 45 y 60% según la maquinaria, las sierras y las dimensiones de la madera producida.

De los productos forestales, la madera aserrada constituye la partida arancelaria con mayor participación (27.67%) (Guatemala 2001: 39), aunque la industria aún no cumple con las condiciones necesarias para ser eficiente, pues solamente el 15.1% de las empresas de un estudio han podido ser clasificadas como eficientes (Guatemala: 2000: 41).

La principal fuente de abastecimiento de la industria es el bosque natural, cuya materia prima es de baja calidad, por lo que se ha recomendado una integración de los actores del subsector para la transformación completa (Guatemala 2000:47). Uno de los problemas que enfrenta el sector forestal es que la industria no compra trozas de diámetro pequeño (15-25cms; 6-10”) probablemente porque no hay mercado para sus productos, además de no contar con tecnología para su procesamiento (Kiuru 2003:26).

1. **Industria de coníferas.** El bosque de coníferas constituye el 4.6% de la cobertura forestal del país, y tomando en cuenta los bosques mixtos, forman el

21% de ésta (Guatemala 2001:48). Aún siendo una quinta parte de la cobertura forestal, para el año 2000 el pino era la principal especie de exportación con el 77.2% del total (35,422.6m³) (Guatemala 2001:43).

Actualmente hay en el país 187 industrias de transformación primaria, sin tomar en cuenta el departamento de Petén (Guatemala 2000:5). La especie de mayor uso como materia prima es el Pino, que abarca el 97% del insumo (Guatemala 2000:17). Dentro de las características principales de las industrias, un estudio de diagnóstico determinó que:

- Cerca del 60% utilizan sierra de cinta, éstas son las más eficientes.
- La mayoría cuenta con máquinas entre 10 y 20 años de edad.
- Solamente 2% alcanza un óptimo nivel tecnológico (Guatemala 2000: 40, 41, 46).

2. Reglas de cubicación. El volumen comercial en troza usualmente se comercializa en pies tablares, siendo esta medida la más utilizada a nivel mundial. Las dimensiones de un pie tablar son 1'X1'X1", lo que es equivalente a 144 pulgadas cúbicas de madera. Un pie cúbico entonces, contiene doce pies tablares.

Para obtener la medida de una pieza en pies tablares se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \frac{g * a * l}{12}$$

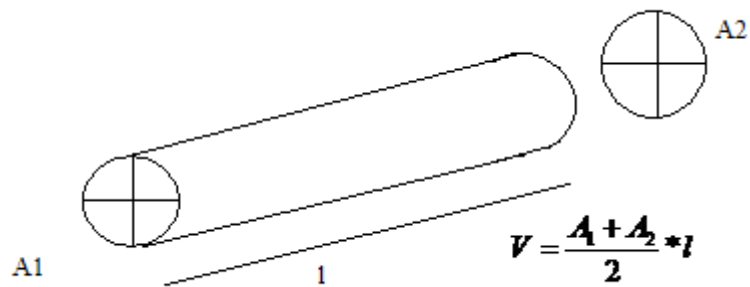
donde g = grosor (en pulgadas), a = ancho (en pulgadas) y l = largo (en pies).

Otra unidad de medición para la madera es el metro cúbico. Esta es la medida del sistema métrico decimal y se utiliza generalmente para fines legales, pues tradicionalmente las medidas de la madera se dan en unidades del sistema inglés.

3. Métodos de medición de trozas. Existen gran cantidad de métodos de medición de trozas, pero se describirán únicamente los que son de importancia para este estudio.

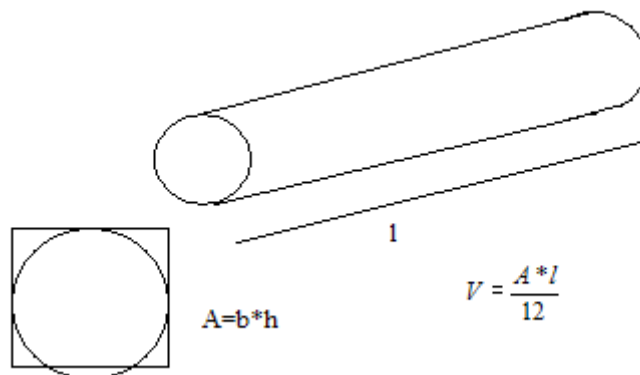
- a. Smallian: se mide el diámetro en los dos extremos de la troza, se calcula el área de cada extremo. Posteriormente se promedian las áreas y el resultado se multiplica por el largo de la troza. Para hacer más exacto el resultado se pueden tomar dos medidas del diámetro en cada extremo de la troza y sacar un promedio de éstos para el cálculo del área.

Figura 1. Medición por el método Smallian



- b. Método tradicional del maderero: en el extremo con menor dimensión se traza un rectángulo imaginario. Se mide en pulgadas la longitud de sus lados y al dato menor se le resta una pulgada. Se calcula el área del cuadrado, y se calcula el volumen en pies tablares.

Figura 2. Medición por el método tradicional del maderero



D. ESTUDIOS DE RENDIMIENTO

Un estudio de rendimiento es la evaluación del volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada (Chávez 1997:11). A manera general, se deben tomar el volumen inicial en troza, para finalmente evaluar el volumen de madera obtenido en productos principales y otros productos resultantes del proceso de aserrío. Se debe conocer la especie con que se trabajará para saber si existen suficientes muestras para garantizar un buen resultado. El número máximo de trozas por especie que se ha sugerido es de 120 y el mínimo de 10, para fines prácticos se recomienda utilizar 30 trozas por especie (Chávez 1997:15).

III. METODOLOGÍA

A. MATERIALES

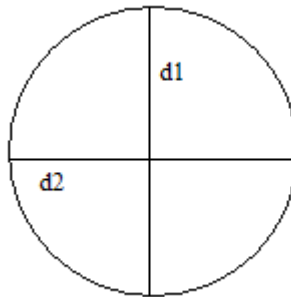
- Metro
- Pintura
- Brocha
- Barras de yeso

B. MÉTODOS

1. **Selección de área de trabajo.** Se trabajó en el aserradero Maderas y Machihombres S. A. (Myma), pues la empresa manifestó interés en la realización del estudio.
2. **Selección de la especie.** Se utilizaron varias especies de pino (*Pinus spp.*), pues es la madera que más se trabaja en Myma, no se estableció diferencia por especie pues comercialmente el valor es el mismo.
3. **Selección de trozas.** Se muestrearon las primeras cinco trozas aserradas en cada formato.
4. **Definición de formatos.** Se estudiaron los formatos de tabla (sección de 1"X12"), tabloncillo (sección de 1½"X12"), tablón (sección de 2"X12"), regla (sección de 2"X3") y viga (sección de 3"X6").
5. **Recolección de datos.**

a. Medición de troza: se tomaron dos medidas del diámetro en cada extremo de la troza. Las medidas se hicieron en pulgadas y en centímetros redondeando los decimales al entero inferior. La unidad de volumen utilizada en todo el estudio es el pie tablar (pt), pues es la medida tradicional utilizada en el país y es la que se utiliza también en la empresa donde se realizó el estudio.

Figura 3. Definición del método de medición en cada extremo de la troza



La segunda medida se tomó perpendicularmente a la primera en todas las trozas.

b. Marcado de la troza: se identificaron los extremos de las trozas a estudiar con pintura de aceite de distintos colores. Cuando más de una troza tenía el mismo color, se marcaron números con yeso sobre la pintura.

c. Cuantificación de madera obtenida: se midió el producto principal y los subproductos, determinando a la vez sus medidas comerciales.

d. Clasificación de productos: se agruparon en las siguientes categorías

- Producto principal: productos con el formato definido en las sierras alternativas,
- productos secundarios: productos de cualquier formato, con 7' o más de largo,
- productos cortos: productos de cualquier formato con menos de 7' de largo.

6. Evaluación y cálculos.

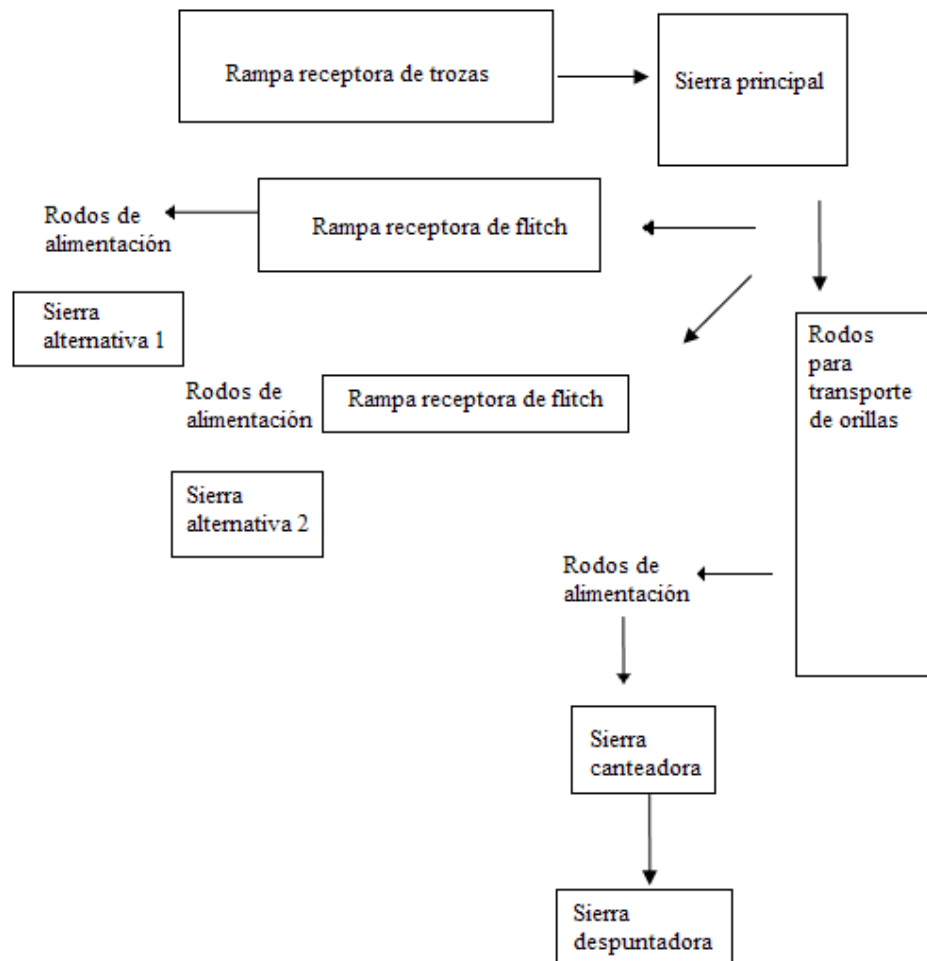
- a. Cubicación de troza: se cubicó la troza con la fórmula Smallian y con la fórmula de sección rectangular utilizada en la compra de la madera.
- b. Cubicación de madera: se midió el grosor, ancho y largo de cada pieza.
- c. Determinación del rendimiento: relación porcentual entre el producto y el insumo.
- d. Análisis de rendimiento comercial: se tomó como insumo el volumen pagado y como producto el volumen nominal de las piezas obtenidas.
- e. Análisis de rendimiento real: se tomó como insumo el volumen real de madera obtenida en la compra y como producto el volumen real de las piezas aserradas.
- f. Análisis de información: se hicieron análisis de correlación de las siguientes variables volumen aserrado - volumen recuperado, volumen aserrado - rendimiento, diámetro de troza – rendimiento.
- g. Proyección económica: se estableció el valor de mercado de los productos obtenidos de cada troza utilizando los precios de MYMSA para agosto de 2004:
 - Tabla, tablancillo y tablón: Q. 3.77/pt
 - Reglas: Q. 3.30/pt
 - Vigas: Q. 3.60/pt
 - Productos secundarios: Q. 3.30/pt
 - Productos cortos: Q. 2.15/pt

C. DESCRIPCIÓN DEL ASERRADERO Y EL PROCESO DE ASERRÍO

El aserradero cuenta con una sierra principal, la cual es alimentada por una rampa a base de cadenas. Los productos del escuadrado de las trozas son transportados por un sistema de rodos hasta la sierra desorilladora. La pieza escuadrada, que se conoce como

fitch, se transporta a las bandas de alimentación de una de las sierras alternativas. En las sierras alternativas la alimentación se realiza por un sistema de rodos. El producto principal se obtiene de las sierras alternativas, en las cuales se ha definido el formato de corte. En la sierra desorilladora, el operario se ayuda de un sistema de rodos para pasar la pieza por la máquina. Luego de pasar por la sierra desorilladora, según la calidad de sus extremos, una pieza puede ser despuntada.

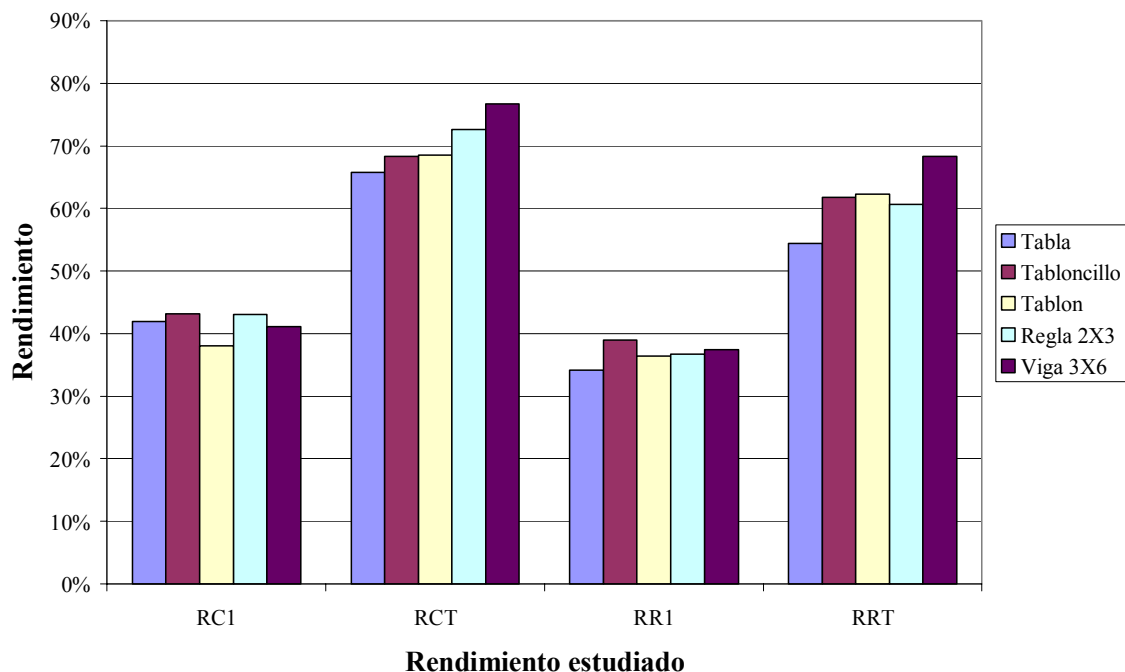
Figura 4. Diagrama de ubicación de sierras y del flujo de la madera



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. RENDIMIENTO GENERAL

Figura 5. Rendimiento general por formato



RC1: Rendimiento comercial de producto primario

RCT: Rendimiento comercial total

RR1: Rendimiento real de producto primario

RRT: Rendimiento real total

El rendimiento comercial del producto primario es similar, en todos los formatos es mayor a 40% con excepción en Tablón. En tablón se obtiene menos producto primario pues la sección transversal de la pieza es la más grande de todas las analizadas (2"X12") y por lo tanto se dificulta su obtención.

El rendimiento comercial total es similar en los tres formatos que tienen 12" de ancho, mientras que en los otros dos formatos el rendimiento es mayor. Se da un rendimiento muy parecido en tabla, tabloncillo y tablón, pues el proceso de aserrado es el mismo y únicamente varía la cantidad de producto primario que se obtiene en las sierras

alternativas. El rendimiento general fue de 70%, lo que indica que se encuentra sobre los valores estimados generalmente para las industrias del país.

El rendimiento total varía dependiendo de lo que se obtenga de las lepas en la sierra desorilladora. Según se observa, en el formato de viga es donde más madera se obtiene en el proceso de recuperación (36%), mientras que es en los formatos de tabla y tabloncillo donde menos se obtiene (24 y 25% respectivamente), en tablón y regla se obtiene 30%. Cuando el rendimiento del producto primario es alto, se obtiene baja cantidad de productos secundarios y viceversa. En este estudio no se observa una gran diferencia en los productos primarios por lo que la cantidad del producto secundario obtenido depende principalmente de la forma de la troza y la calidad de su madera. En trozas que no son totalmente cilíndricas es más difícil obtener madera aprovechable y de dimensiones grandes en las lepas, lo contrario ocurre con la troza cilíndrica. Otra causa que puede dar un bajo rendimiento son las pérdidas de aserrín en la sierra principal, pues este no es cuantificado en el rendimiento comercial y aunque la cantidad es poca, puede afectar una relación porcentual de madera perdida. Entre más cortes se hagan en la sierra principal para escuadrar la troza, menor será la cantidad de madera que se recuperará.

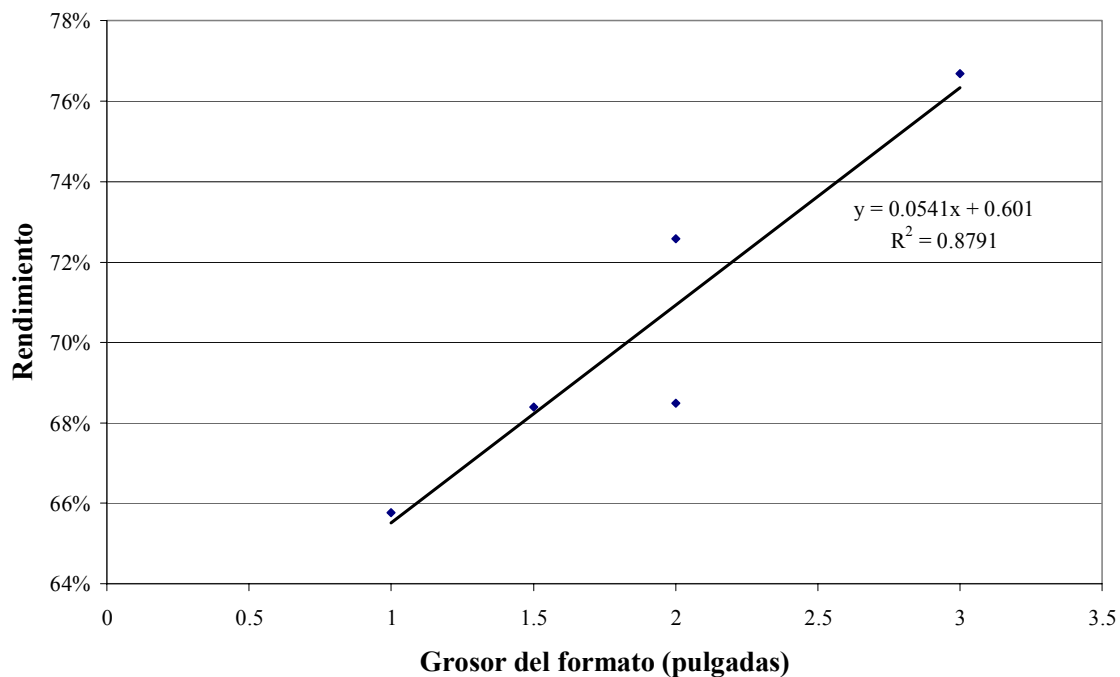
En el análisis de rendimiento real, se obtienen datos menores. Esto es de esperarse pues el volumen real obtenido es siempre menor al comercial. Aunque el volumen real de la troza sea generalmente menor que el comercial, esto no compensa la diferencia. Se observa con claridad que entre más gruesa es la sección transversal de la pieza, mayor es el rendimiento real del producto primario. Esto ocurre en cuatro de los cinco formatos estudiados y es sencillo de explicar mediante ejemplos:

- Una tabla de 10' de largo (1"X12"X10') tiene un volumen nominal de 10 pies tablares (pt), mientras que su volumen real es de 7.5pt pues su grosor real es de $\frac{3}{4}$ ".
- Un tabloncillo de 10' de largo (1 $\frac{1}{2}$ "X12"X10) tiene un volumen nominal de 15pt, el volumen real es de 12.5pt pues su grosor real es de 1 $\frac{1}{4}$ ".

- Un tablón de 10' de largo (2"X12X10) tiene 20pt de volumen nominal, mientras que realmente son 17.5pt pues su grosor real es de 1 ¾".

Al analizar estas relaciones vemos que el volumen real en tabla, tablón y tabloncillo será de, 75, 83 y 88% respectivamente, del volumen nominal.

Figura 6. Relación entre rendimiento total de troza y grosor del formato de corte

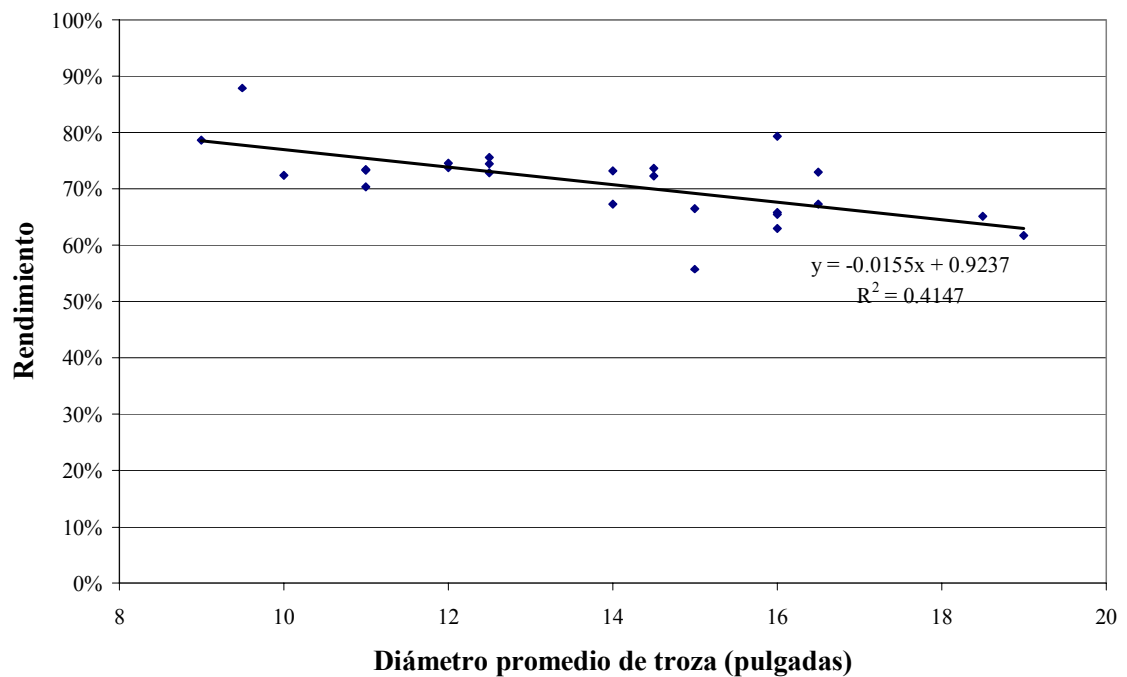


El rendimiento es mayor, entre mayor sea el grosor del formato de corte. En el formato de vigas de 3"X6" se obtuvo el mayor rendimiento mientras que en el de tabla se obtiene el menor. Esto se debe a que es necesario hacer menos cortes para obtener el grosor del producto principal.

La base de datos de esta correlación tiene limitantes pues no se hacen cortes intermedios entre los grosores definidos. La única variante que se podría implementar para establecer nuevas relaciones sería de tomar en cuenta la sección transversal del producto principal. Este análisis no se hace en este estudio pues se tienen tres formatos con 12" de ancho lo cual no implementaría ninguna variación o proveería fuentes de error

por la poca cantidad de datos que se tengan, pues puede haber muchas combinaciones de grosor y ancho.

Figura 7. Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para todos los formatos

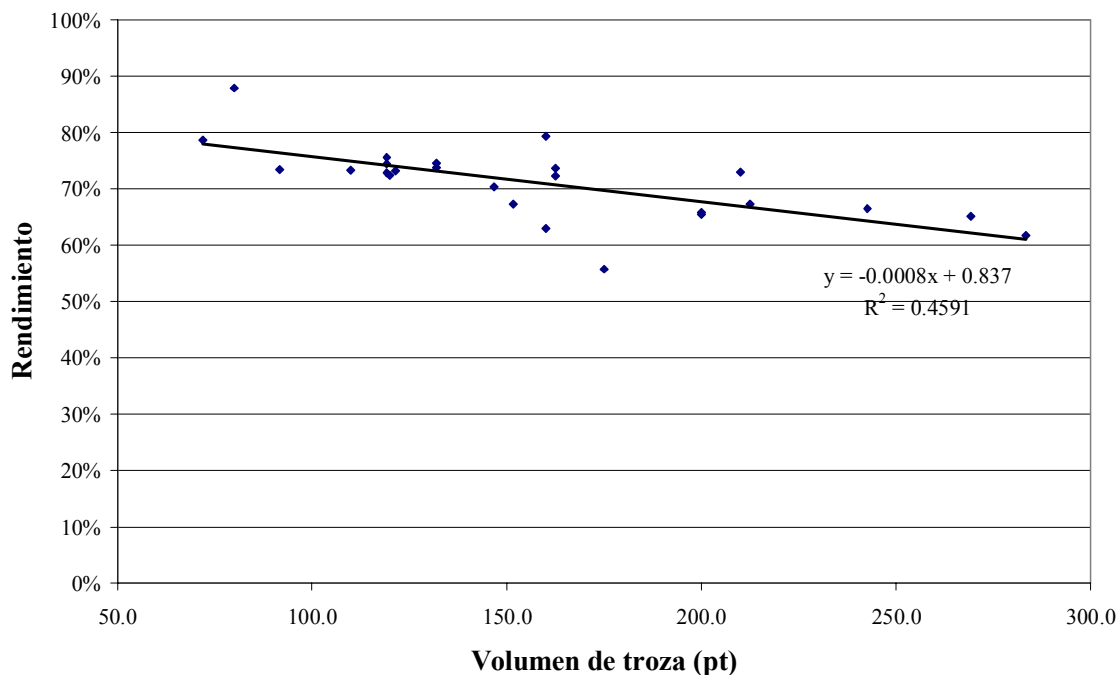


No se encuentra relación entre el diámetro de la troza y su rendimiento en el análisis general del estudio. Debe tomarse en cuenta que para la generación de esta serie de datos, se utilizaron los resultados de los estudios en diferentes formatos, lo que podría afectar una posible correlación. De acuerdo a estos resultados podría decirse que el rendimiento no depende del tamaño de la troza pues para cada formato se utiliza una clase diamétrica determinada. Más adelante se analizan estas variables en cada formato.

En el análisis de rendimiento en función de volumen, los resultados son similares (ver figura 8). El coeficiente de correlación es muy bajo como para decir que una variable dependa de la otra. Aún al no determinar una correlación, se obtiene información importante del análisis de resultados, pues se determina que el rendimiento es similar en todas las trozas sin importar su tamaño pues su utilización es distinta. Posteriormente se

hacen análisis para determinar si existe alguna correlación específica en algún formato, con las variables ya analizadas.

Figura 8. Relación entre rendimiento y volumen de troza para todos los formatos



B. RENDIMIENTO EN TABLA

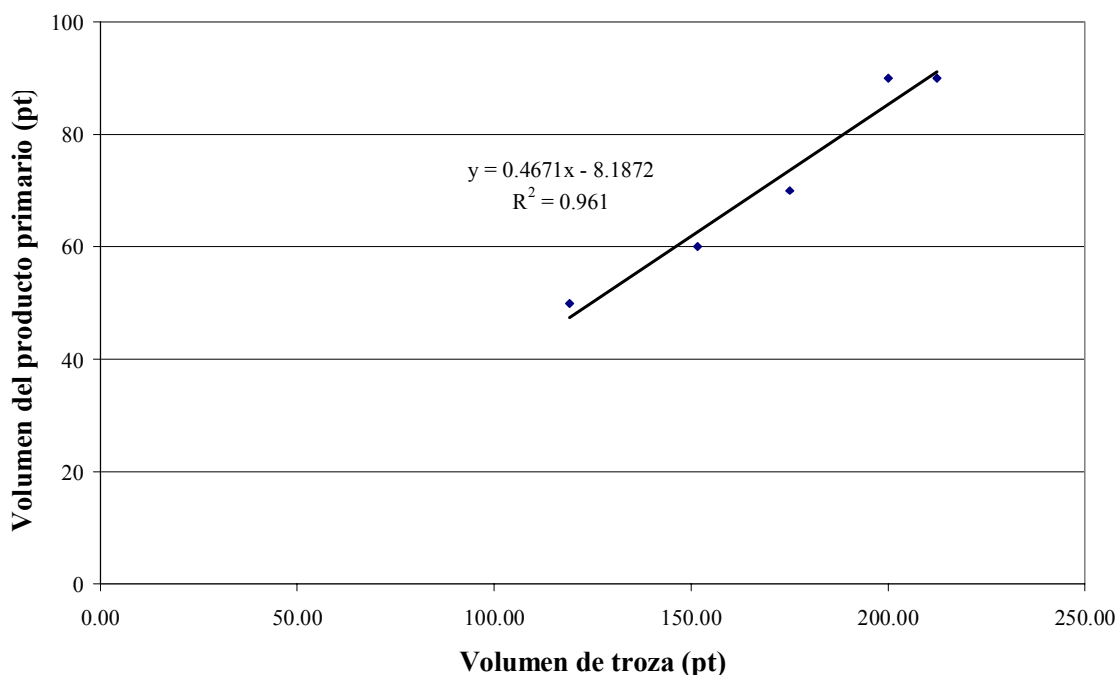
Cuadro 1. Resultados generales en estudio rendimiento para el formato de tabla

Rendimiento comercial del producto primario	42%
Rendimiento comercial general	66%
Rendimiento real del producto primario	34%
Rendimiento real general	54%
Relación producto comercial/volumen real	71%

El rendimiento real es el más bajo de todos debido a la relación que hay entre el volumen real y el comercial. En la relación entre el producto comercial y el volumen real, se observa que la proporción de madera desperdiciada es menor, por lo que podría

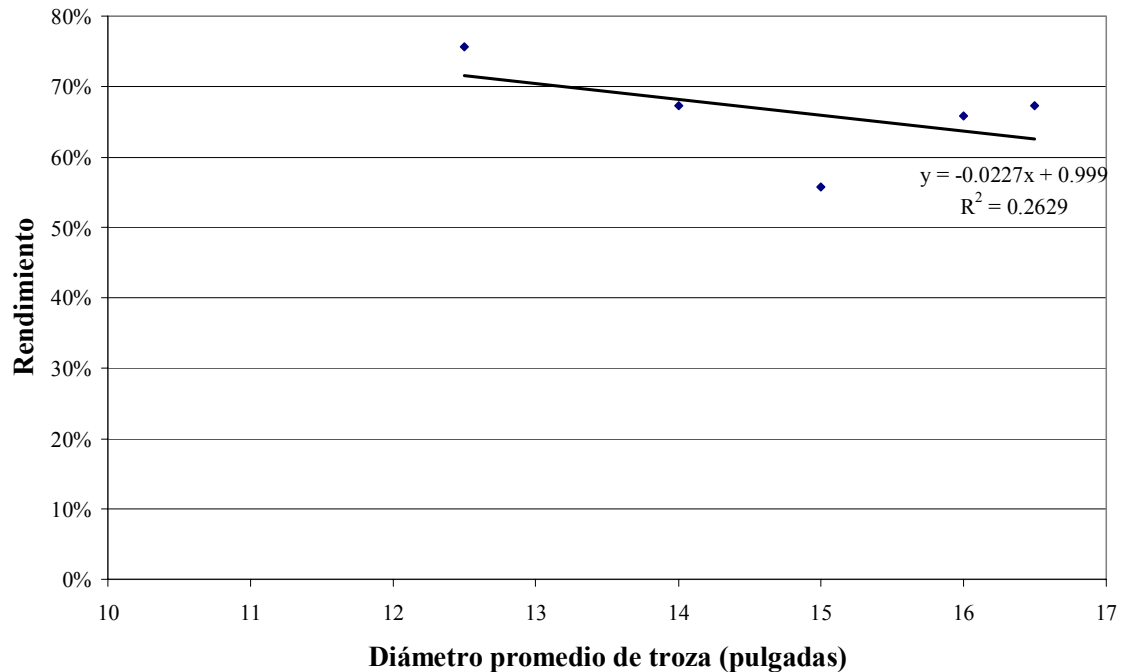
inferirse que una fuente de ineficiencia es el método de compra de la madera, posteriormente se hará un análisis de esto (ver cuadro 6). Existe una gran diferencia entre el rendimiento comercial y el general (8% en producto primario y 12% general) pues como se mencionó el volumen real de una pieza el 75% de su volumen comercial.

Figura 9. Relación entre volumen de producto primario y volumen aserrado para el formato de tabla



La figura 9 muestra que existe una correlación entre el volumen de la troza y el volumen del producto primario, lo que se puede generalizar diciendo que hay correlación entre el volumen total aserrado y el volumen del producto principal. Esto permite realizar una mejor planificación de producción pues provee un dato exacto de cuánto se obtendrá a partir de la cantidad de insumo utilizada. Para saber el volumen de tablas que se obtendrá según el volumen aserrado, se utiliza el dato en la fórmula y se debe hacer una corrección según la cantidad de trozas que conformen el volumen inicial. La corrección consiste en multiplicar el número de trozas por la constante 8.1872, la cual es el intercepto en el eje Y de la correlación. Esta es otra forma de predecir el volumen que se obtiene, en vez de utilizar solamente el 42% estimado en general para el total de las trozas.

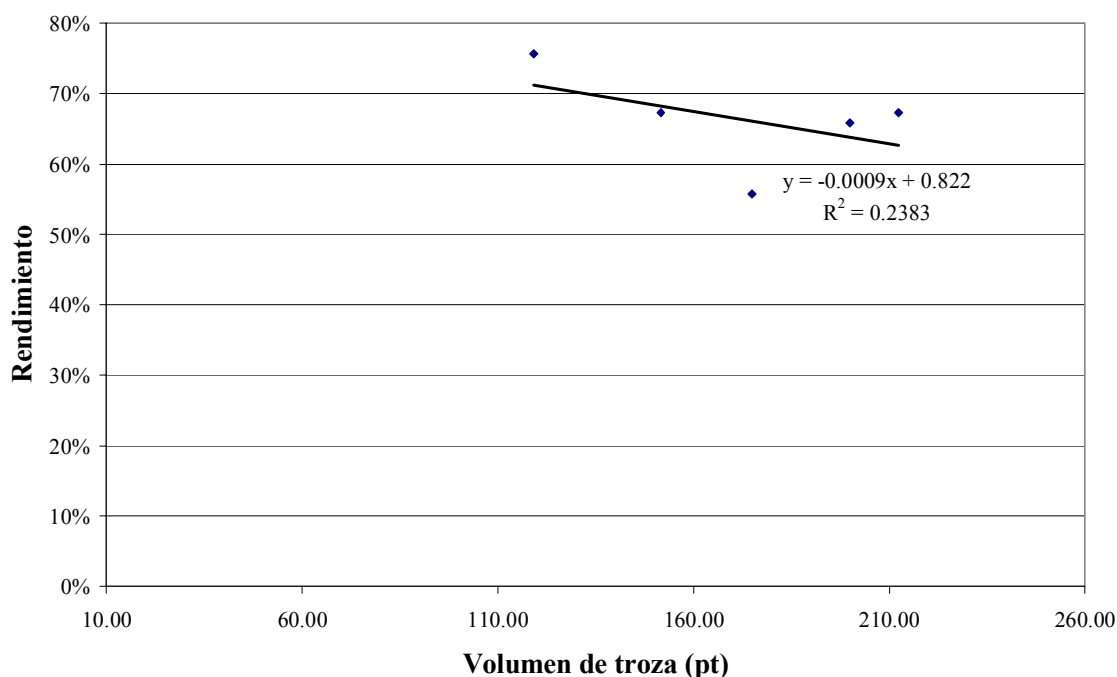
Figura 10. Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para el formato de tabla



No hay una correlación entre el rendimiento y el diámetro promedio de la troza. Se pensó que podría haber una correlación pues se cree que entre mayor sea la troza, se puede obtener mejor aprovechamiento de madera de las lepas provenientes del proceso de escuadrado. Otra posible correlación que pudo haber es que entre mayor fuera la troza, el rendimiento fuera menor porque es mayor la cantidad de madera perdida para escuadrar la troza. Los resultados no muestran correlación para este formato, lo cual puede deberse a que se tomaron solamente cinco trozas o que simplemente no existe relación entre las variables.

Al igual que en el análisis realizado con el diámetro de la troza, no hay correlación con el volumen de ésta (ver figura 11). El coeficiente de correlación es incluso menor por lo que para éste formato se puede decir que no hay una relación definida en la que el rendimiento dependa del volumen aserrado.

Figura 11. Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de tabla



C. RENDIMIENTO EN TABLONCILLO

Cuadro 2. Resultados generales en estudio rendimiento para el formato de tablancillo

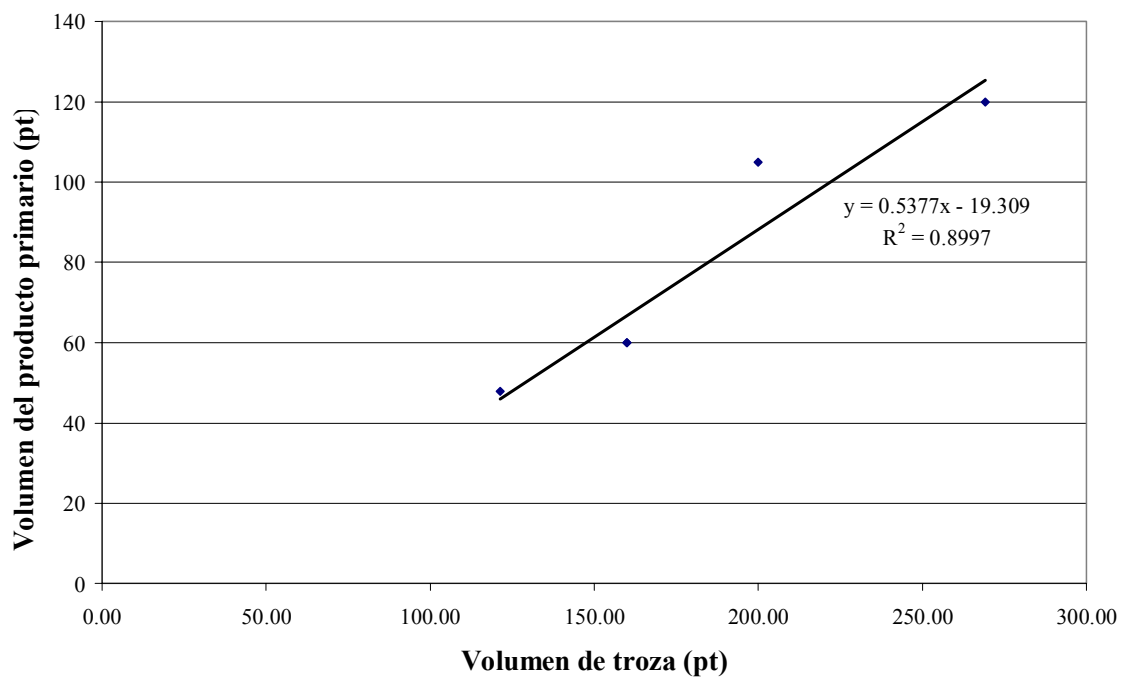
Rendimiento comercial del producto primario	43%
Rendimiento comercial general	68%
Rendimiento real del producto primario	39%
Rendimiento real general	62%
Relación producto comercial/volumen real	74%

En este formato se observa también una proporción mayor entre el producto comercial y el volumen real. En este caso es 6% mayor al rendimiento comercial, lo que muestra una vez más que la ineficiencia inicia en el método de compra de la madera. El rendimiento comercial difiere del real 4% en el producto primario y 6% en el general, en

este caso las diferencias son menores porque la variación por pieza es menor (El volumen real del producto principal es el 83% del volumen comercial de éste).

Se encuentra una correlación entre el volumen aserrado y el volumen del producto primario de cada troza. Para este formato, también es posible establecer planificaciones en la producción y realizar proyecciones de cuánto producto se obtendrá antes de realizar el proceso de aserrado. El encargado de planificar la producción puede decidir qué método utilizar, ya sea el de la correlación estadística o simplemente el porcentaje de producto primario que se obtiene.

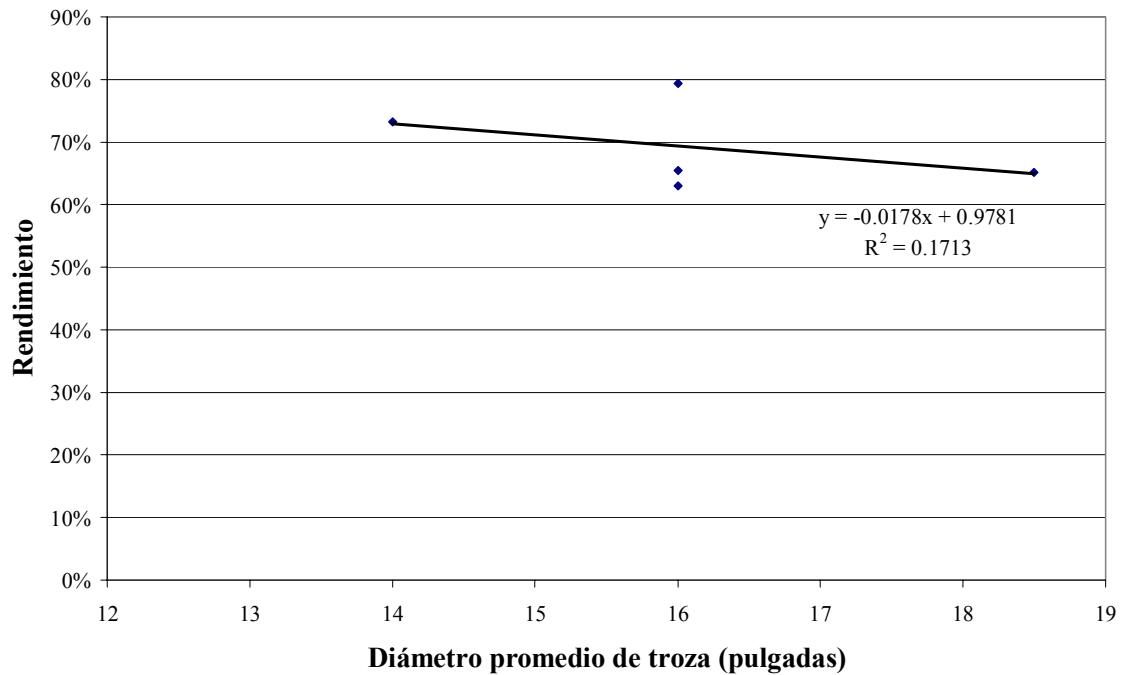
Figura 12. Relación entre volumen de producto primario y volumen aserrado para el formato de tablancillo



Para este formato tampoco se encuentra que el rendimiento dependa del tamaño de la troza (ver figura 13). Al igual que en el formato de tabla el coeficiente de correlación es

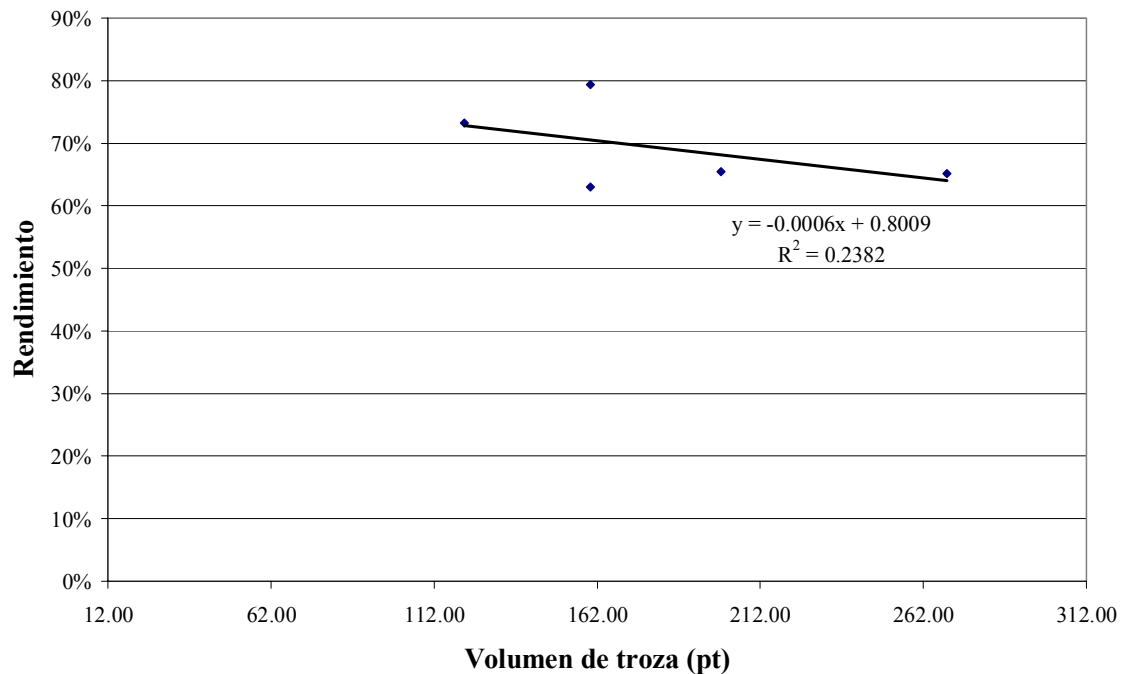
muy bajo indicando poca o ninguna relación entre las variables. Para un muestreo de cinco trozas se puede decir que no hay relación entre las variables.

Figura 13. Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para el formato de tablancillo



Al igual que en el anterior formato, no hay relación entre el volumen de la troza aserrada y el rendimiento de ésta (ver figura 14). El coeficiente de correlación es tan bajo que no es posible establecer una relación entre estas dos variables. Inicia así una separación en la cual es posible decir que el rendimiento no depende del volumen de la troza.

Figura 14. Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de tabloncillo



D. RENDIMIENTO EN TABLÓN

Cuadro 3. Resultados generales en estudio rendimiento para el formato de tablón

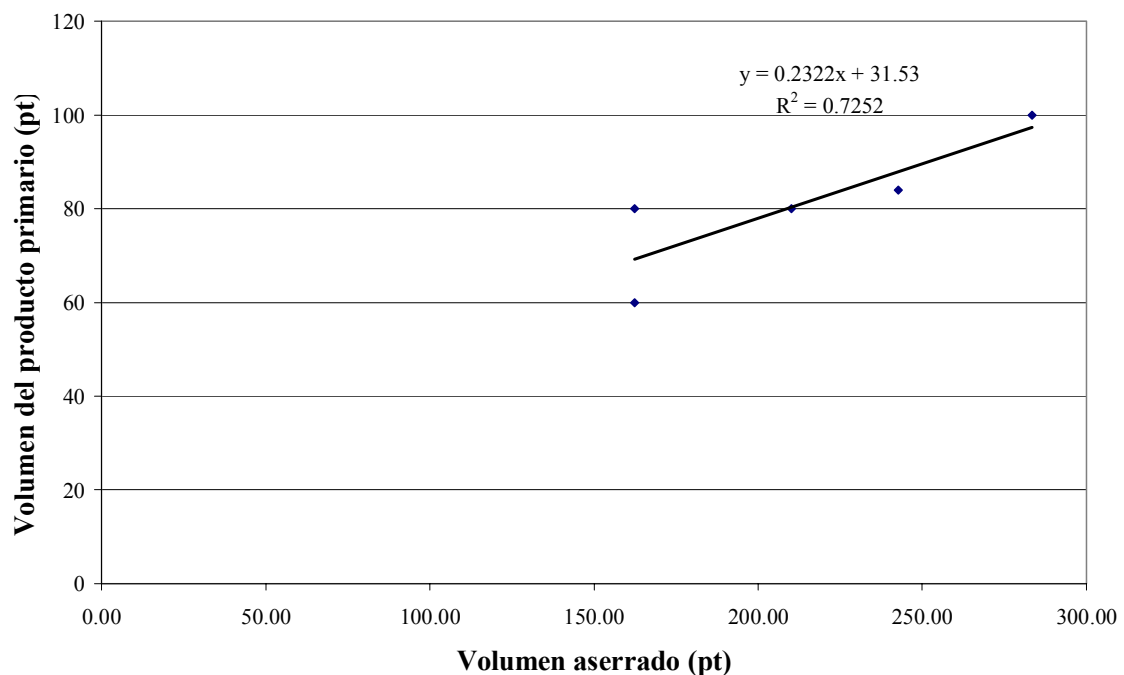
Rendimiento comercial del producto primario	38%
Rendimiento comercial general	68%
Rendimiento real del producto primario	36%
Rendimiento real general	62%
Relación producto comercial/volumen real	75%

La diferencia entre el rendimiento del producto principal es ahora solamente de 2% y en el rendimiento general es de 6%, en este formato se obtiene menor rendimiento real de productos secundarios pues muchos de éstos son de medidas menores a 2" por lo que la proporción del producto comercial y el real será menor. En este formato se encuentra también que la relación entre el producto comercial y el volumen real es mayor

al rendimiento comercial, por lo que solamente el 25% de la troza se pierde y no el 32% como lo indica el rendimiento comercial.

Existe correlación entre el volumen de la troza y el volumen del producto primario. También es posible realizar una planificación, aunque el coeficiente de correlación es menor que en casos anteriores. Deberá definirse entonces qué tan acertado sea el dato y si sería preferible utilizar el rendimiento del producto primario. La base de datos de rendimiento del producto primario puede ser incrementada por medio de estudios de corta duración en la empresa.

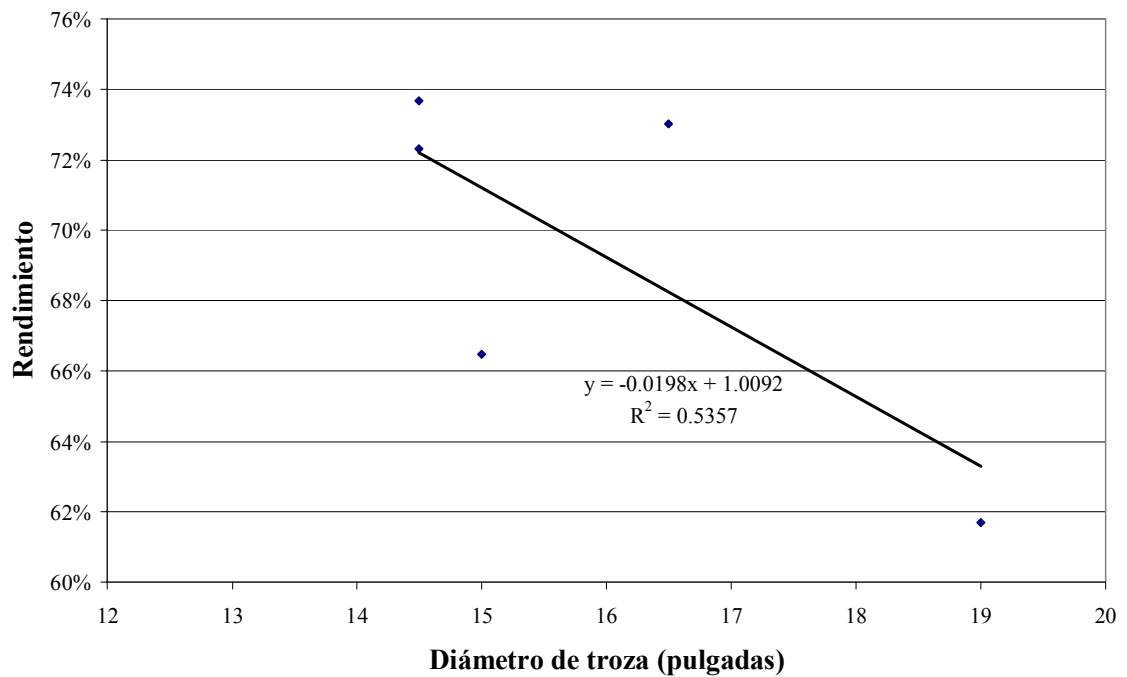
Figura 15. Relación entre volumen de producto primario y volumen aserrado para el formato de tablón



Para este formato sí se encontró una ligera correlación entre el diámetro de la troza y el rendimiento de esta (ver figura 16). La correlación es de carácter inversamente proporcional, indicando que entre mayor sea el diámetro de la troza, menor será el rendimiento. Esta dependencia se hace mayor al analizar el volumen aserrado y el

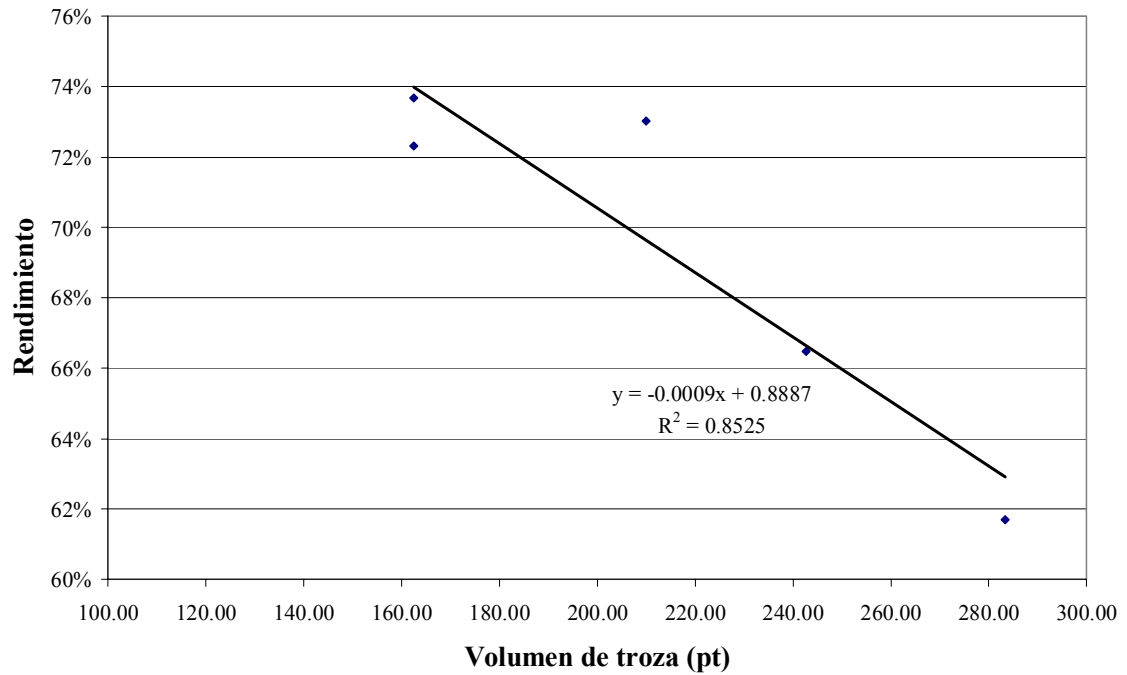
rendimiento de la troza, donde el coeficiente de correlación se hace mucho mayor (ver figura 17).

Figura 16. Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para el formato de tablón



En este caso aunque se tengan pocos datos se ha establecido una relación entre dos variables. La principal razón de que incremente la correlación cuando se toma como variable el volumen, es que éste toma en cuenta el cuadrado del diámetro para analizar la circunferencia de la troza además de incluir el factor de la longitud.

Figura 17. Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de tablón



Estos resultados son distintos a los de formatos anteriores y puede ser que hayan presentado una correlación por azar, ya que el proceso de aserrado que se sigue en los tres formatos hasta ahora analizados es similar y lo único que varía es el grosor de las piezas que afecta únicamente la cantidad de madera que se obtenga en el producto principal. El resto de cortes son exactamente iguales.

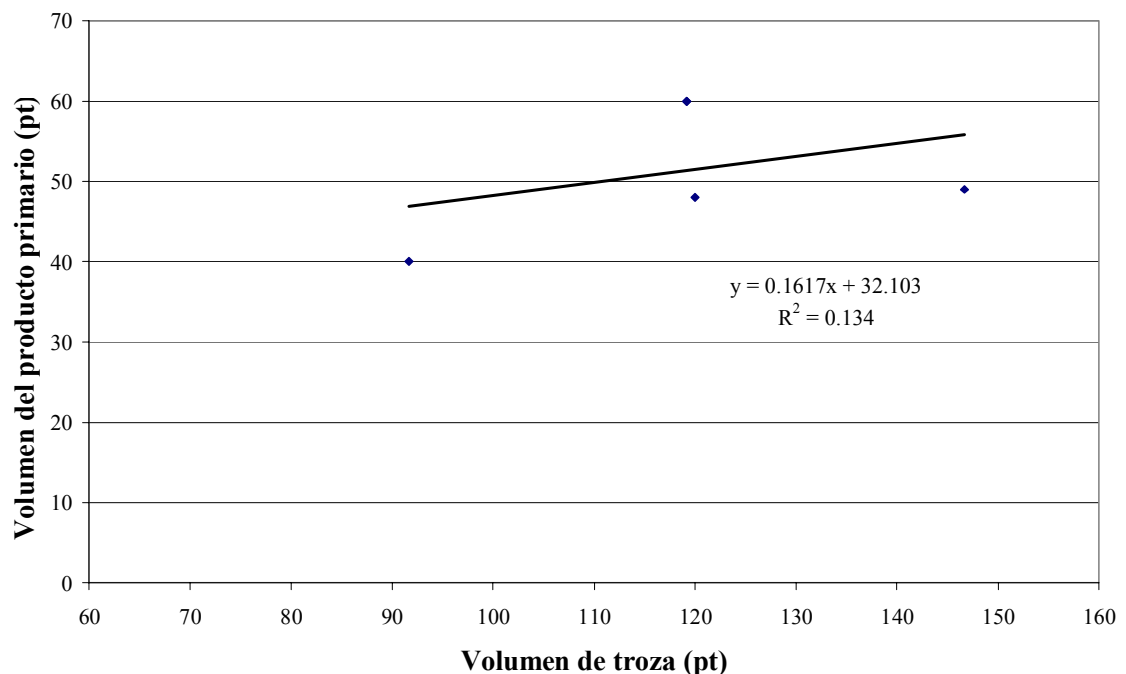
E. RENDIMIENTO EN REGLA

Cuadro 4. Resultados generales en estudio rendimiento para el formato de regla de 2”X3”

Rendimiento comercial del producto primario	43%
Rendimiento comercial general	73%
Rendimiento real del producto primario	38%
Rendimiento real general	63%
Relación producto comercial/volumen real	71%

En este formato la relación entre el producto comercial y el volumen real es menor que el rendimiento comercial. Esto se debe a que se obtuvo una ganancia de madera en la compra de las trozas. Contrario a lo ocurrido en trozas de los formatos anteriores, en estas trozas se obtuvo mayor volumen del que se pagó. Esto sucede cuando en la compra la medida no es exacta y se redondea al entero inferior. En la mayoría de los casos el descuento realizado no se compensa, en éste si lo hizo. Sin embargo la variación con respecto al rendimiento es solamente de 2%, y la diferencia en el volumen obtenido y no comprado no compensa las pérdidas de los formatos anteriores (ver cuadro 6).

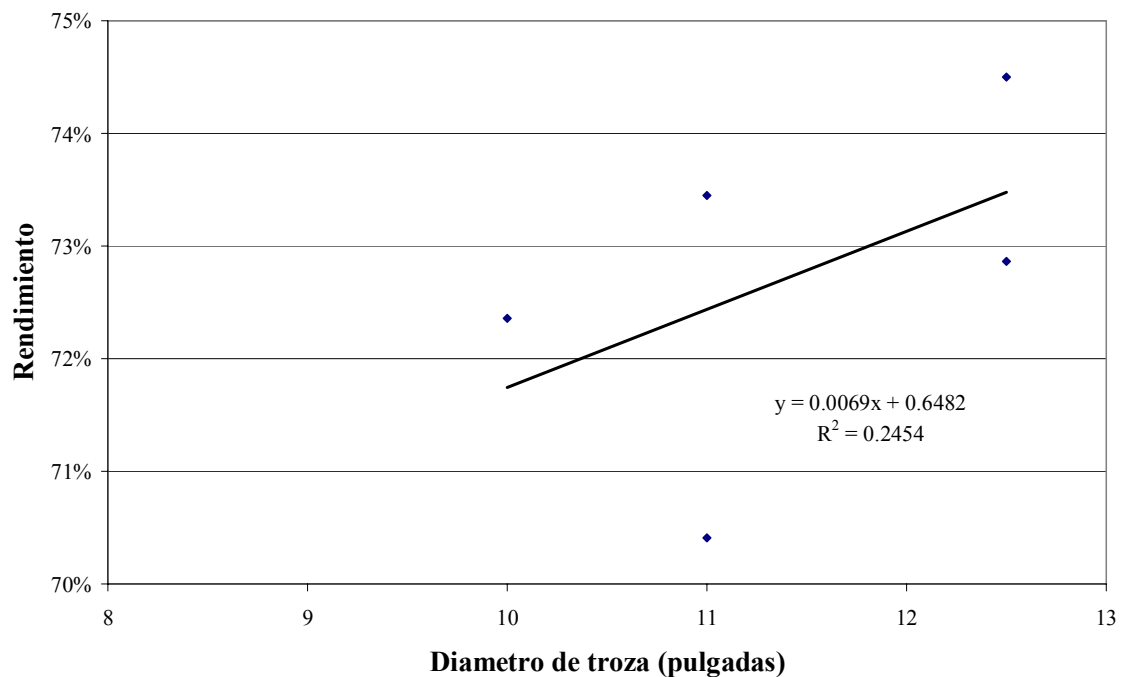
Figura 18. Relación entre volumen de producto primario y volumen aserrado para el formato de regla de 2”X3”



Para este formato no se encuentra una relación entre el volumen de la troza y el rendimiento del producto primario. La razón es que por ser un formato que requiere dos cortes en sierras alternativas, el proceso de aserrado es distinto al de otros formatos. Esto hace que se obtengan cantidades de madera definidas por los cortes que se hagan en un inicio y que el volumen principal no dependa del tamaño de la troza sino del tipo de corte

que se haga en la primera sierra alternativa. Se menciona la primera sierra alternativa pues es en ésta donde se define la cantidad de bloques se formarán para pasar a la segunda, y ésta última ya solo hace el corte de los bloques. En la primera sierra alternativa se forman bloques de 3" de grosor, para que en la segunda sierra se hagan los cortes de 2". Generalmente en la primera sierra alternativa se forman dos bloques y el resto de cortes son de menor grosor, condicionando así la cantidad de madera que se enviará a la segunda sierra alternativa y limitando la cantidad de producto principal que se obtiene de una troza.

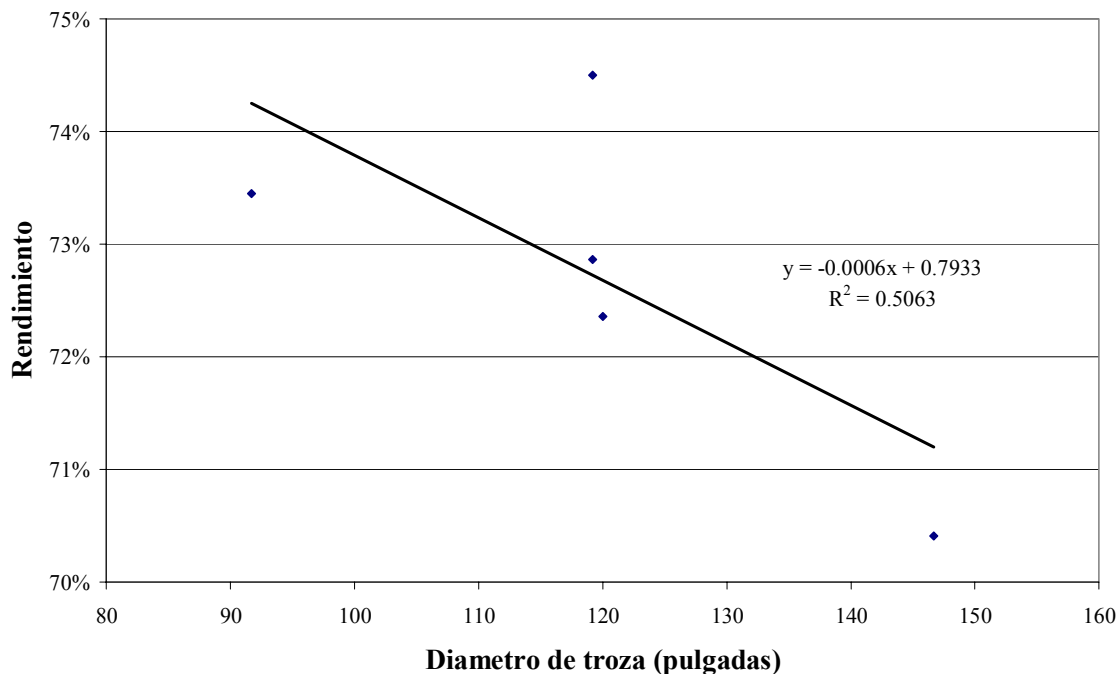
Figura 19. Relación entre rendimiento y diámetro de troza para el formato de regla de 2"X3"



No se encuentra relación entre el diámetro de la troza y el rendimiento. Los rendimientos se encuentran muy cercanos en un rango menor de 5%. No se determina una relación entre el rendimiento y el diámetro. Tampoco se encuentra relación con el volumen de la troza (ver figura 19). Incluso las relaciones que podrían presentarse se contradicen pues en la del diámetro indica que a mayor diámetro mayor rendimiento, y en

la que analiza el volumen se obtiene una relación inversa. Cualquiera que sea el caso la relación no se debe aceptar pues los coeficientes de correlación son muy bajos como para decir que haya una dependencia de variables.

Figura 20. Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de regla de 2”X3”



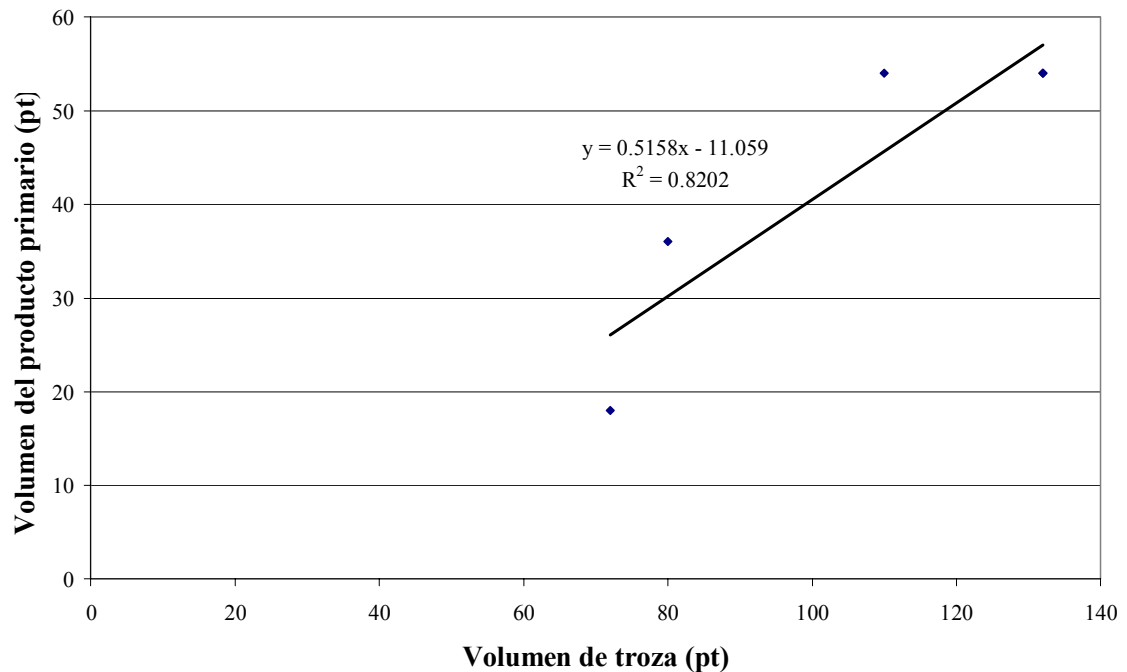
F. RENDIMIENTO EN VIGA

Cuadro 5. Resultados generales en estudio rendimiento para el formato de viga de 3”X6”

Rendimiento comercial del producto primario	41%
Rendimiento comercial general	77%
Rendimiento real del producto primario	37%
Rendimiento real general	68%
Relación producto comercial/volumen real	76%

Para este formato, la relación entre el producto comercial y el volumen real es menor al rendimiento comercial. Al igual que en el formato de reglas, se obtuvo una ganancia de madera en la compra de las trozas.

Figura 21. Relación entre volumen de producto primario y volumen aserrado para el formato de viga de 3”X6”



En este formato se encuentra relación entre el producto primario y el volumen de la troza. Tal y como ocurrió en los primeros cuatro formatos analizados, entre mayor sea la troza, mayor es el volumen del producto primario obtenido. Esto se puede generalizar para las piezas que solo pasan por una sierra alternativa.

No se encuentra una relación entre el rendimiento de la troza y el diámetro de ésta o su volumen (ver figuras 22 y 23). En los dos análisis realizados se obtiene una relación inversa de dependencia, pero el coeficiente de correlación no indica que una variable dependa realmente de la otra. Para generalizar los datos que se han estudiado en todos los formatos se debe referir a las figuras 6 y 7 donde se hace el análisis con todas las trozas estudiadas y sus respectivos rendimientos.

Figura 22. Relación entre rendimiento y diámetro promedio de troza para el formato de viga de 3"X6"

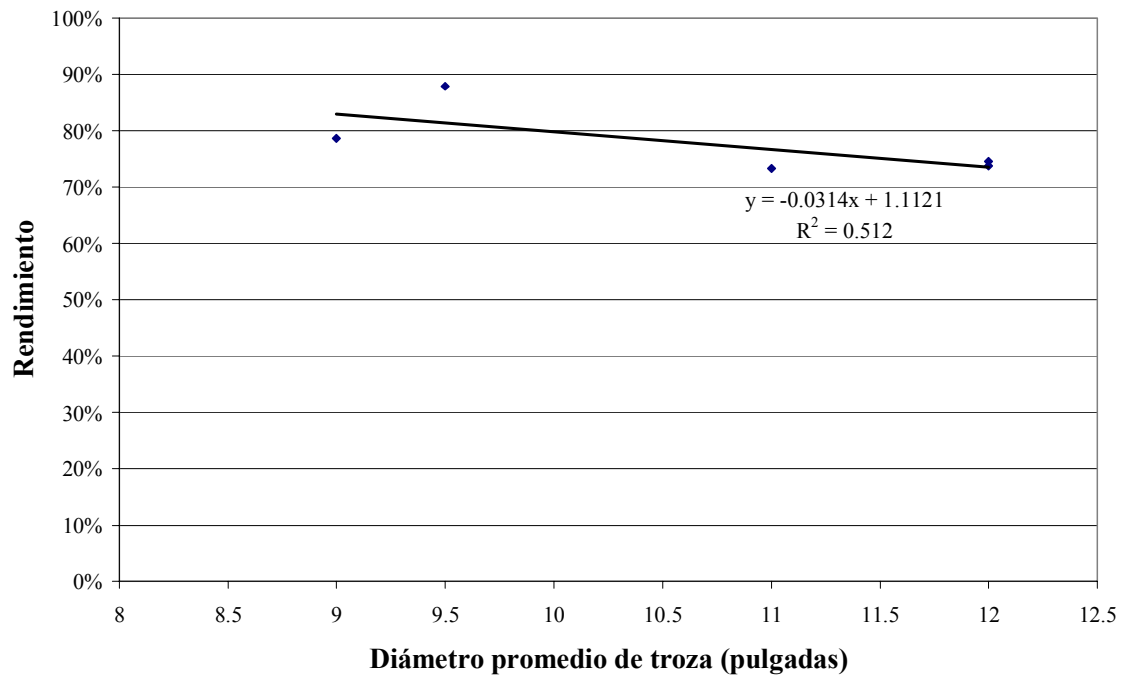
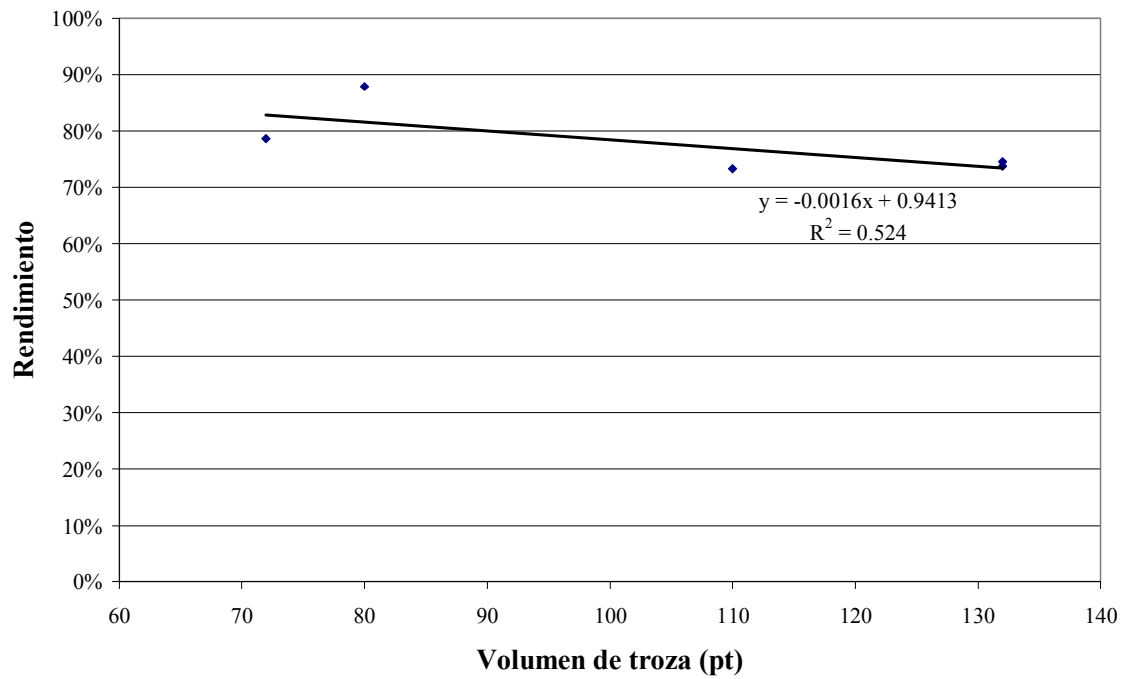


Figura 23. Relación entre rendimiento y volumen de troza para el formato de viga de 3"X6"



G. ANÁLISIS DE MÉTODO DE COMPRA DE TROZA

Cuadro 6. Volumen de madera pagado y obtenido en trozas aserradas

Formato	Volumen pagado (pt)	Volumen obtenido (pt)	Perdida
Tabla	858.33	789.78	8.0%
Tabloncillo	910.50	841.13	7.6%
Tablón	1061.00	971.05	8.5%
Regla 2X3	596.67	628.46	-5.3%
Viga 3X6	526.00	528.63	-0.5%
Total	3952.50	3759.05	5%

Como ya se mencionó, el volumen de madera pagado al maderero (volumen comercial) difiere del volumen que se obtiene (volumen real). Como se puede observar, en general hay una pérdida del 5% de madera en el momento de la compra. Esto indica que asumiendo que se tuviera una eficiencia total en el proceso de transformación, el rendimiento real sería de 95%. La razón de esta pérdida de madera es que se asume que la troza tiene una sección rectangular para simplificar el cálculo del volumen, sin embargo la pulgada que se descuenta de la medida menor no es suficiente para descontar las esquinas que no contienen madera (ver figura 4).

La mayor pérdida de madera se dio en las trozas que fueron aserradas para el formato de tablón donde se pagaron 90 pies tablares de más, lo que equivale a Q. 120.53 (tomando Q. 1.34/pt como precio de compra en julio de 2004). En las trozas utilizadas para regla y viga se obtuvo una ganancia en la compra de la troza, sin embargo la ganancia en éstas no compensa la pérdida que se tuvo en el resto.

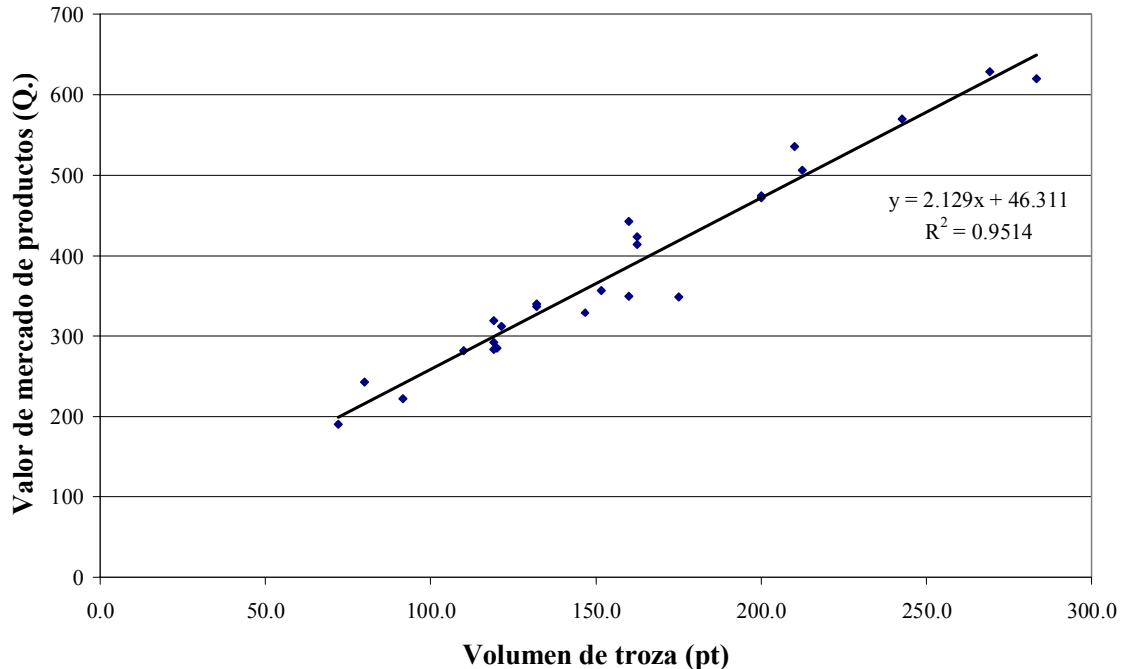
En general para 25 trozas analizadas se tuvo una pérdida de 193.45pt en la compra, los cuales equivalen a Q. 259.22. Esta es una cantidad que crece conforme aumenta la cantidad de trozas aserradas, asumiendo que se aserraran 75 trozas en un día, la pérdida diaria llegaría a ser de aproximadamente Q. 800.00 y mensualmente de Q. 17,600.00 si se trabajan 22 días al mes. Se debe tener atención en este rubro de costos pues es una pérdida

que la empresa no tiene como evitar pues el método tradicional de compra de madera es poco probable que sea variado por los madereros.

La principal fuente de ganancia de madera es la compra de trozas largas. Entre más larga sea la troza, mayor será la diferencia de tamaño entre los extremos de ésta. Puesto que se mide el extremo de menor dimensión, la ganancia se obtiene a lo largo de la troza. La mayoría de trozas en las que se presentó ganancia de madera eran más largas que en las que se presentó pérdida. Un posible método de reducir la pérdida sería pagar menor cantidad por unidad de volumen en las trozas cortas y aumentar el precio a las trozas largas.

H. ANÁLISIS ECONÓMICO

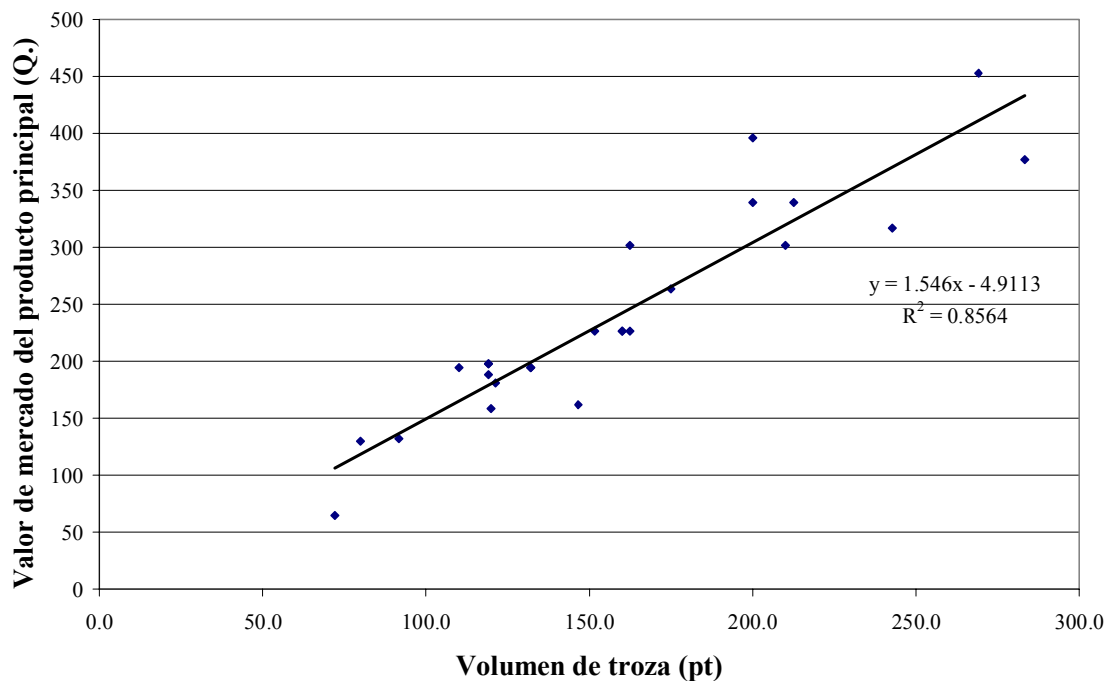
Figura 24. Relación entre volumen aserrado y valor de mercado de productos



Se encuentra una relación consistente entre el volumen de la troza y el valor de mercado de los productos que se obtienen de ésta. Para esta relación se tomó en cuenta el

valor del producto principal, productos secundarios y productos cortos, por lo que es una proyección muy cercana a la realidad. Sin embargo debe tomarse en cuenta que solo el producto principal se vende luego de aserrarse, los subproductos quedan en el inventario y se mueven de forma variada. Luego de determinar el valor de los productos de cada troza, se estableció que para las 25 trozas aserradas, con los precios previamente definidos, se tendría un valor total de mercado de Q. 9,572.79. De este valor total, Q. 5,987.59 corresponden al producto primario el cual es vendido inmediatamente representando el 63% del total del valor. El resto de madera se queda en el inventario y la cantidad restante de dinero se recupera conforme se vendan los productos, o sean utilizados dentro de la empresa para otros proyectos de valor agregado.

Figura 25. Relación entre volumen aserrado y valor de mercado del producto principal



La figura 25 muestra la relación entre el volumen de la troza y el valor de mercado del producto primario. El coeficiente de correlación es menor, pero aún hay una

dependencia importante entre el valor que se obtendrá de un volumen dado. Esta relación permite hacer proyecciones de flujos económicos en la empresa pues permite estimar el ingreso que se tendrá a partir de un insumo, además utilizando la relación anterior permite tener una idea general de lo que se tendrá en inventario.

V. CONCLUSIONES

- El rendimiento general en la industria analizada es de 70%, variando según los formatos: Tabla 66%, Tabloncillo 68%, Tablón, 68%, Reglas 73% y Vigas 78%.
- Para la empresa Maderas y Machihombres S. A., el rendimiento de la troza no está condicionado por el tamaño de ésta. El rendimiento está condicionado principalmente por la forma de la troza y la calidad de su madera, pues es ésta una de las principales fuentes de pérdida de madera.
- En los formatos que sólo requieren un corte en sierras alternativas, hay una relación de dependencia entre el volumen del producto primario y el volumen de la troza. Cuando se hacen dos cortes en sierras alternativas, no se tiene esta dependencia pues es el corte hecho en la primera sierra alternativa el que define cuánta madera se pasará a la segunda sierra, limitando de esta forma el rendimiento del producto primario.
- Se establecieron relaciones de primer orden entre el volumen aserrado y el volumen que se obtiene de producto primario por lo que éstas pueden ser utilizadas para planificar la producción.
- Únicamente para el formato de tablón se estableció una correlación entre el volumen aserrado y el rendimiento de la troza. Como el proceso de aserrado es similar al de tabla y tabloncillo, formatos en los que no se determinó correlación, ésta no se debe tomar como válida.
- La primera fuente de ineficiencia es la compra de la madera ya que se obtiene menos madera de la que se paga (se obtiene el 95% de la madera pagada). Esto limita el rendimiento pues aunque no hubiera ningún desperdicio en el proceso de corte, el rendimiento sería de 95%.

- Se estableció una relación entre el valor de mercado de los productos del proceso de aserrío, y el volumen de la troza. La relación permite a la administración de la empresa realizar proyecciones económicas en base al volumen de madera aserrado.
- La relación establecida entre el valor de mercado del producto primario permite conocer la cantidad de dinero que se obtendrá luego del aserrado de la troza. Esta proyección en conjunto con el valor de mercado de todos los productos permite establecer el valor que se tiene o podría tener en inventario.
- El producto primario representa el 63% del valor de mercado de todos los productos.

VI. RECOMENDACIONES

- Puesto que no se determinó una dependencia entre el tamaño de la troza y su rendimiento, deberían de comprarse las trozas por igual, es decir pagar al mismo precio las trozas grandes que las pequeñas. El criterio de selección en el momento de la compra debería ser según la forma de la troza para definir si se paga más o menos por unidad de volumen.
- Dado que el rendimiento es mayor en formatos más gruesos, quedará a disposición de la gerencia determinar la variación que pueda hacerse de los precios de los productos. Por el momento puede definir posibles descuentos o determinar incrementos en el precio según el formato que se trabaje.
- Obtener la mayor cantidad de producto principal de una troza. Como esta es la madera que se vende inmediatamente después del aserrado, se debe buscar incrementar el rendimiento del producto principal. En el formato de reglas es donde es posible incrementar éste, sacando la mayor cantidad de bloques en la primera sierra alternativa.
- Realizar estudios de corta duración en la empresa para incrementar la base de datos de rendimiento de producto primario. De esta forma se pueden tener con más certeza las proyecciones de volumen que se obtendrá.
- Analizar la posibilidad de utilizar otro método de compra de madera en la que se pague una cantidad más cercana al volumen real. Una posible alternativa sería pagar más caras las trozas largas que las cortas. Para definir el límite de longitud de troza se recomienda una evaluación entre el volumen real y comercial de trozas para distintas longitudes.

- Queda a criterio de la administración de la empresa el uso que pueda darle a la proyección económica de productos obtenidos. Estas proyecciones son acertadas por lo que se recomienda su utilización.
- De realizarse el estudio propuesto de rendimiento de producto primario, se recomienda fortalecer también la base de datos en la que se hace la proyección económica del valor del producto primario. De esta forma se tendrá un estimado de la cantidad de dinero que se dispondrá inmediatamente y la que quedará en inventario.

VII. LITERATURA CITADA

Brown, N. y J. Bethel. 1958. **Lumber**. 2ª. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 379pp.

Chávez, A. 1997. **Estudio de Rendimiento, Tiempos y Movimientos en el Aserrío, Manual Práctico**. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

Guatemala. Instituto Nacional Forestal. 1985. **Situación de la industria de aserrío en Guatemala**. Unidad de evaluación y promoción. INAFOR. Guatemala. 72pp.

Guatemala. Instituto Nacional de Bosques. 2001. **Boletín de Estadísticas Forestales 2000**. Instituto Nacional de Bosques. Ed. Guatemala. 57pp.

Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 2000. **Diagnóstico de la Industria de Aserrío de Coníferas en Guatemala**. Plan de Acción Forestal Para Guatemala, proyecto FAO/GCP/GUA/008/NET. 49pp.

Kiuru, J. 2003. **Asistencia técnica en industria forestal para asociaciones forestales de Guatemala**. Informe de consultoría. PROCAFOR, INAB. Guatemala. 61pp.

PAFG. 1991. **Documento Base y Perfiles de Proyectos**. Guatemala, AID. 227pp.

Panshin, A.; E. Harar, J. Bethel y W. Baker. 1962. **Forest Products**. 2ª. Ed. McGraw Hill Book Company INC. New Cork. 538pp.

Quezada, A. 1991. **Acondicionamiento de sierras y equipos de aserraderos. Informe de consultoría de 18 días**. INFORDE/IMCC. Guatemala. 38pp.

Vignote, S. y F. Jiménez. 1996. **Tecnología de la Madera**. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España. Mundiprensa. Madrid. 601pp.

VIII. ANEXOS

Resultados generales para cada troza

Troza	Formato	G	A	L	VC	VR	VPC	VSC	VCC	VPR	VSR	VCR
1	Tabla	15	15	10	175.0	140.9	70	22.3	5.3	52.5	17.5	4.4
2	Tabla	16	16	10	200.0	192.2	90	39.0	2.7	67.5	30.3	2.3
3	Tabla	14	14	10	151.7	145.1	60	34.7	7.4	45.0	27.0	5.8
4	Tabla	12	13	10	119.2	119.5	50	38.5	1.7	37.5	28.9	1.3
5	Tabla	16	17	10	212.5	192.1	90	45.5	7.5	67.5	36.5	6.0
6	Tabloncillo	18	19	10	269.2	233.8	120	49.7	5.7	100.0	43.5	4.5
7	Tabloncillo	16	16	10	200.0	183.3	105	17.9	8.0	87.5	14.7	6.9
8	Tabloncillo	14	14	8	121.3	135.9	48	37.8	3.0	40.0	32.1	2.5
9	Tabloncillo	16	16	8	160.0	146.6	60	30.8	10.0	50.0	25.9	8.7
10	Tabloncillo	16	16	8	160.0	141.5	60	62.5	4.5	50.0	50.0	3.6
11	3X6	12	12	12	132.0	124.8	54	43.5	0.9	49.5	37.4	0.9
12	3X6	9	9	12	72.0	70.2	18	36.7	2.0	16.5	33.2	1.7
13	3X6	9	10	12	80.0	91.0	36	34.3	0.0	33.0	29.6	0.0
14	3X6	11	11	12	110.0	107.8	54	26.6	0.0	49.5	22.8	0.0
15	3X6	12	12	12	132.0	134.8	54	42.6	0.8	49.5	37.1	0.6
16	2X3	10	10	16	120.0	127.4	48	37.5	1.3	42.0	31.1	1.2
17	2X3	11	11	16	146.7	172.9	49	44.0	10.3	49.0	38.0	8.1
18	2X3	12	13	10	119.2	119.5	60	27.8	0.9	52.5	25.3	0.8
19	2X3	11	11	10	91.7	90.1	40	27.3	0.0	35.0	24.7	0.0
20	2X3	12	13	10	119.2	118.5	60	23.8	3.0	52.5	19.1	2.3
21	Tablón	14	16	14	242.7	260.1	84	75.3	2.0	73.5	59.8	1.7
22	Tablón	18	20	10	283.3	222.0	100	71.5	3.3	87.5	45.3	2.5
23	Tablón	14	15	10	162.5	150.6	80	35.8	1.7	70.0	30.0	1.3
24	Tablón	15	18	10	210.0	187.7	80	66.2	7.2	70.0	53.3	6.0
25	Tablón	14	15	10	162.5	150.6	60	51.5	8.3	52.5	44.9	6.4

G = Grosor

A = Ancho

L = Largo

VC = Volumen comercial de troza

VR = Volumen real de troza

VPC = Volumen comercial, producto primario

VSC = Volumen comercial, productos secundarios

VCC = Volumen comercial, productos cortos

VPR = Volumen real, producto primario

VSR = Volumen real, productos secundarios

VCR = Volumen real, productos cortos

