

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Departamento de Ingeniería Forestal

Rendimientos de materia prima en procesos  
industriales de aserrío llevados a cabo en la  
empresa Gibor, S.A. en San Benito, Petén

Trabajo de graduación presentado por Kirsten Morales para  
optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería  
Forestal

Guatemala  
2003



Rendimientos de materia prima en procesos  
industriales de aserrío llevados a cabo en la  
empresa Gibor, S.A. en San Benito, Petén

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Departamento de Ingeniería Forestal

Rendimientos de materia prima en procesos  
industriales de aserrío llevados a cabo en la  
empresa Gibor, S.A. en San Benito, Petén

Trabajo de graduación presentado por Kirsten Morales para  
optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería  
Forestal

Guatemala  
2003

## PREFACIO

La intención de este trabajo es formar una guía para todas aquellas personas que necesitan llevar un control de la producción en un aserradero. Al introducirse en estudios de rendimiento, es necesario conocer cómo determinar el rendimiento en aserrío primario en vista que la madera aserrada es uno de los productos más importantes dentro de la industria forestal. El estudio del procesamiento de la madera en troza a madera aserrada y su calidad obtenida, son importantes para determinar la rentabilidad de la operación.

Adicionalmente se hace necesario conocer el nivel de esfuerzo que se está utilizando y cómo se está empleando de acuerdo a la forma en que se encuentra distribuida el área. Para esto es importante realizar estudios de tiempos dentro del flujo del área productiva.

Estos son dos temas distintos que están interrelacionados. En Guatemala se conoce muy poco sobre este tema y menos aún cómo obtener esta información; por esta razón y en vista de la importancia que se tiene por conocer cómo se puede determinar el rendimiento en aserrío primario, se ha elaborado este estudio de tesis para todas aquellas personas que necesitan contar con este tipo de información elaborada en base a estudios reales de rendimiento y observando directamente las labores de rutina en una planta de aserrado.

El objetivo del presente estudio es facilitar la implementación y estandarizar una metodología práctica que facilite posteriores estudios de rendimiento similares.

Muchas personas han contribuido a la elaboración de este estudio de trabajo. Deseo expresar mi gratitud a mi maestro y asesor de tesis Ingeniero Jorge René Escobar quien asistió, revisó y ayudó a mejorar y refinar el material presentado. También mi agradecimiento al Sr. Fidel Girón y hermanos por haberme brindado la oportunidad de realizar el presente estudio en el aserradero de Gibor, S.A.

También deseo reconocer el apoyo de todo el personal del área de producción del aserradero, en especial al Sr. José Vidal Acosta, Jefe de Producción; Aidán Morales, Clasificador; Herbert Martínez, Medidor; y Neri Ambeli Beltran, Punteador; que con sus esfuerzos fue posible registrar una base de datos sobre la producción del aserradero durante el tiempo de estudio.

Por último deseo agradecer a mi Madre por su paciencia y perseverancia durante los años de desarrollo y formación de mi carrera en Ingeniería Forestal. Sin su apoyo continuo y sin su motivación, este trabajo no hubiera sido posible.

# CONTENIDO

	Página
<b>PREFACIO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
Capítulos	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>2</b>
A. Historial de la industria forestal en Guatemala .....	2
B. Problema identificado en industria forestal .....	3
1. Los problemas que existen en los aserraderos .....	3
2. La calidad de los productos .....	3
3. Para el procesamiento y transformación de la madera, generalmente un aserradero (Vignote, 1996: 235, España) consta del siguiente equipo de aserrío .....	4
C. Empresa Gibor, S.A .....	6
1. Identidad Institucional .....	6
2. Historial de actividades de manejo de la industria forestal .....	6
D. OBJETIVOS .....	7
1. Objetivo principal .....	7
2. Objetivos específicos .....	7
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	<b>8</b>
A. Materiales .....	8
B. Estudio de rendimiento de trozas .....	8
1. Descripción del área de estudio .....	8
2. Selección de especies a estudiar .....	8
3. Recolección de datos .....	8
4. Proceso de aserrío .....	9
5. Medición del producto .....	9
6. Cuantificación del volumen de madera recuperada .....	10

C. Estudio de tiempos .....	10
1. Designación del área del estudio .....	10
2. El número de observaciones .....	10
3. Toma de datos (Observaciones) .....	11
<b>IV. EVALUACIÓN Y CÁLCULO .....</b>	<b>12</b>
A. Análisis de rendimientos .....	12
1. Cubicación de trozas .....	12
2. Cubicación de madera aserrada (Tablas) .....	12
3. Determinación del rendimiento .....	12
4. Volumen de desperdicios .....	12
5. Análisis estadístico de la información .....	13
6. Análisis de datos .....	13
B. Estudio de tiempos .....	14
1. Porcentaje de Eficiencia (%U) .....	14
2. Tiempo Eficaz ( TE%) .....	14
3. Análisis de datos .....	14
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
A. Descripción del área de estudio .....	15
1. Layout del aserradero de Gibor, S.A. ....	15
2. Descripción de área, maquinaria y personal .....	16
3. Flujo de transformación industrial de la madera .....	17
4. Distribución actual del área de producción en Gibor, S.A. contra los principios de buena distribución .....	18
B. Factor de conversión de volumen en rollo a volumen aserrado .....	19
1. Proceso de transformación de volumen diario en rollo a volumen aserrado .....	19
2. Proceso de transformación de volumen en rollo por muestra a volumen de aserradero .....	20
C. Rendimiento volumétrico del proceso de aserrío .....	21
1. Conversión de volumen en rollo diario a volumen aserrado de madera .....	21
2. Rendimiento de volumen en rolote muestras de madera en tabla .....	21
D. Rendimiento según la calidad de la madera obtenida .....	22
E. Evaluación del tiempo de producción .....	23
1. Evaluación de las variables del tiempo efectivo y paros, tanto medido como programado durante el horario laboral .....	23
2. Consumo de energía real vrs. energía teórica en base a paros internos de las máquinas y paros completos del flujo de producción .....	24
3. Capacidad instalada del flujo de producción en el aserradero .....	25
<b>VI. DISCUSIÓN .....</b>	<b>26</b>
A. Reconocimiento y distribución del aserradero .....	26
B. Rendimiento volumétrico del proceso de aserrío .....	27
C. Factor de conversión de volumen en rollo a volumen aserrado .....	28
D. Rendimiento en relación a la calidad de la madera .....	28
E. Evaluación del tiempo de la producción .....	29
F. Capacidad instalada .....	30

<b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>31</b>
A. Distribución de la planta .....	31
B. Rendimiento volumétrico del proceso de aserrío .....	32
C. Factor de conversión de volumen en rollo a volumen aserrado .....	32
D. Rendimiento en relación a la calidad de la madera .....	33
E. Evaluación del tiempo de la producción .....	33
F. Estudio de diagnóstico a mediano plazo (5 años) .....	34
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>35</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>37</b>
A. Anexo I .....	38
B. Anexo II .....	39

## LISTA DE CUADROS

### Cuadro

1	Resumen anual 2002 del volumen (mt <sup>3</sup> ) de producción de aserrío .....	6
2	Descripción de la maquinaria, áreas de movimiento y personal del área de producción .....	16
3	Criterios de distribución evaluados en el área de producción .....	18
4	Conversión de volumen en rollo a volumen aserrado .....	21
5	Rendimiento de volumen en rollo de muestras .....	21
6	Rendimiento en relación a la calidad de la madera .....	22
7	Comparación de las variables evaluadas tanto medidas como programadas de los paros y tiempo efectivo del horario laboral .....	24
8	Consumo aproximado de energía (KWh) del área de producción durante el período del 11 al 27 de septiembre del 2002 .....	24
9	Resumen del consumo aproximado de energía (KWh) del aserradero por día, por período y mensual .....	25
10	Rendimiento de la capacidad instalada de la línea de producción .....	25

## LISTA DE GRÁFICOS

### Gráfica

1	Volumen diario en rollo vrs. rendimiento .....	19
2	Volumen de muestra en rollo vrs. rendimiento .....	20
3	Paros vrs. tiempo efectivo .....	23

## LISTA DE ILUSTRACIONES

### Ilustración

1	Línea de aserradero clásica .....	5
2	Medición de la troza .....	9
3	Medición de diámetros.....	9
4	Layout de aserradero de Gibor, S.A. ....	15
5	Productos que se pueden obtener del diámetro .....	17

## RESUMEN

El presente trabajo ha sido elaborado según los estudios reales de rendimiento, observados directamente durante las labores de rutina en la planta de aserrado de Gibor, S.A. durante el período del 11 al 27 de septiembre del 2002. El objetivo principal fue medir la eficiencia del aserradero y con base a ello se elaboró una metodología para medir y evaluar el volumen de volumen en rollo a madera aserrada y la utilización del tiempo durante la producción.

Inicialmente se procedió a realizar un reconocimiento de la planta con el propósito de clarificar el área del proceso de producción a través de: la organización; la distribución del equipo y personal con base a criterios de diseño; la tecnología mediante la cual se realizan las actividades; y la línea del flujo de trabajo por la cual se obtiene el producto final. Con ello se preparó un modelo gráfico del aserradero.

Para medir el rendimiento y encontrar un factor de conversión de volumen en rollo a volumen aserrado se registro diariamente el volumen de trozas y posteriormente el volumen de piezas a comerciales aserradas y clasificadas. El rendimiento promedio que la empresa produjo es del 60% sin considerar el volumen de madera de recuperación el cual se estima que se encuentra entre un 20-25%. La madera que este aserradero procesa viene de bosque natural y el rendimiento esta por encima del promedio general que se reporta sobre las industrias forestales del país. El proceso de aserrío puede absorber un promedio de 51 trozas diarias, 795 piezas largas y 472 piezas cortas. Con lo anterior la empresa podrá planificar, controlar y organizar espacios de almacenamiento para la producción.

La clasificación de calidades por defecto en la producción se manifiestan bajo las normas de NHLA (National Hardwood Lumber Association). El propósito de registrar el volumen diario de calidades en la producción fue para estimar la proporción en que se encuentran en el área. Los resultados fueron más confiables al final del período que los diariamente obtenidos, encontrándose así que la calidad común con un rango que oscila en un 24.15%, luego la fas (17.27%) por último la selecta con 12.48% siendo ésta la más estable.

El propósito de hacer un estudio de tiempos fue para obtener información y conocimiento sobre el consumo de tiempo para tratar de mejorar las condiciones de ése trabajo. El objetivo fue mostrar cómo se está utilizando el mismo, así como todos los factores que afectan la eficiencia del flujo de producción. Para ello se registraron los paros diarios en número y tiempo y a partir de ello se determinaron los motivos en proporción de los mismos, el tiempo efectivo real y se encontró un tiempo eficaz de 77% de trabajo.

Otro factor evaluado fue el consumo de energía. En base al registro de motivos de paro por unidad interna y total del flujo, y la capacidad (KWh) de los motores se estimó que durante este estudio el área de producción teóricamente debió consumir 88.245 KWh, mientras que los datos experimentales para este período muestran un consumo de 177.227 KWh. Con los resultados sobre el balance entre arranques y tiempo de consumo productivo se comprobó que sí existen irregularidades en el flujo de producción.

La capacidad instalada de la línea de producción juega un papel importante para conocer la eficiencia del aserradero, ésta se midió a través de la relación en tiempo de proceso de es un 71.86 % eficiente y que se debe a una multiplicidad de factores tanto humanos como tecnológicos ya antes mencionados.

A toda área y proceso que sea parte o tenga relación con el área de producción se le debe prestar atención y cuidar que funcionen bien para que sea eficiente y cumpla con el objetivo de la empresa.

## I. INTRODUCCIÓN

Un aserradero es una industria forestal de transformación primaria. Su principal función es transformar la materia prima, madera en rollo, en madera aserrada. Es una industria primaria porque la madera como materia prima es la que proviene directamente del bosque, sin una transformación formal previa (Castellanos, 1996, Guatemala). Es el sitio donde se le da el primer valor agregado a la madera. Los productos que se obtienen del aserradero, pueden ser utilizados aún en líneas de transformación consecuentes, como lo es la ebanistería, para agregarle más valor.

La madera aserrada es uno de los productos más importantes dentro de la industria forestal. El estudio del procesamiento de la madera en troza resultante en madera aserrada y su calidad obtenida, son importantes para determinar la rentabilidad de la operación (Cruz, 1998, Guatemala). Adicionalmente al introducirnos en estudios de rendimiento, se hace necesario conocer el nivel de esfuerzo que se está utilizando y cómo se está empleando. Para esto es importante realizar estudios de tiempos y movimientos. El objetivo de un aserradero, como cualquier industria, es transformar el mayor volumen de materia prima, en el menor tiempo, utilizando los mínimos recursos; en resumen, ser eficientes (Vignote, 1996, España). La eficiencia industrial se puede definir como el resultado o producto del buen desempeño de los factores de la producción, principalmente: maquinaria, equipo, insumos y recursos humanos. La efectividad se puede entender como la capacidad de producción en una relación tiempo-producto; la productividad es la forma de medirla (Lockyer, 1995, Colombia).

En Guatemala la industria del aserrío posee grandes problemas en lo que se refiere a rendimiento y eficiencia. Esto está relacionado a la falta de maquinaria adecuada, deficiencias de los operarios y estándares de calidad muy bajos que hacen que no se obtengan rendimientos altos. Para que una industria sea eficiente, debe monitorear constantemente su funcionamiento. Para evaluar esta actividad, se puede calcular el rendimiento, tanto de la materia prima, como el del personal.

El rendimiento de la materia prima, en este caso, se define como la relación entre el volumen de la madera en rollo (volumen total de una troza) y el volumen total de los productos aserrados que de ella se obtienen. Se puede expresar en metros cúbicos, pies tablares o en porcentaje (Cordero, 1989, Costa Rica). El cálculo del rendimiento debería ser una tarea periódica en este tipo de industria, con el objetivo de demostrar la eficiencia de su maquinaria y personal, al transformar la materia prima que entra, en madera procesada. Realizar este cálculo y analizarlo en el tiempo, debería ser una herramienta para maximizar la productividad de sus operaciones y minimizar los gastos de operación, haciendo más competitiva a la industria (Schoeder, 1992, México).

Adicionalmente al introducirnos en estudios de rendimiento, es necesario conocer cómo determinar el rendimiento en aserrío primario. En este sentido, se pretende que este trabajo sea un ejemplo, para todas aquellas personas que necesitan llevar un control de la producción en un aserradero.

## II. MARCO REFERENCIAL

### A. Historial de la industria forestal en Guatemala

Un análisis (IDC, 1999, Guatemala) sobre el desarrollo forestal en Guatemala concluye que los mismos problemas que han afectado al manejo y la industria desde su inicio han permanecido hasta nuestros días, entre estos se mencionan: baja oferta maderable en volúmenes constantes, procesos de transformación tecnológica deficiente, baja organización forestal, cadenas productivas poco desarrolladas, financiamiento inadecuado, incertidumbre en la aplicación del marco jurídico y legal, y recurso humano a todo nivel escaso y deficiente.

Las cifras del sector relacionadas con la producción forestal (Kiuru, 2003:29) nos muestran en resumen la situación actual en el país:

- Se aprovechan 700,000 m<sup>3</sup> de madera para fines industriales de los 25 millones que anualmente se cortan 2.8 %. De esos 25 millones, aproximadamente 19 millones constituyen leña para uso doméstico utilizada como fuente energética.
- Hay 300 empresas entre pequeñas, medianas y grandes registradas en INAB, se estiman en más de 500 las carpinterías familiares distribuidas por todo el país y en las cuales se ubican en el rango de la subsistencia.
- Existen 60 empresas exportadoras de las cuales 6 tienen el 80% del total de exportaciones que en el año 2001 fueron US \$ 41 millones.
- Balanza comercial desfavorable en más de 230 US \$ (importación de papel y cartón) en el año 2001.
- Baja utilización de la tecnología en los procesos de transformación lo que implica bajo valor agregado.
- En las áreas rurales hay grupos organizados con fines de manejo forestal, pero con bajos niveles del conocimiento del negocio forestal, gestión empresarial e industria de la madera.

Entre los estudios realizados sobre la situación de la industria forestal del país (Kiuru, 2003, Guatemala) se encuentran: el Diagnóstico de la Industria Forestal de Las Verapaces, el Diagnóstico de la Industria de Aserrío de Coníferas de Guatemala, El Diagnóstico de la Industria Artesanal de Transformación Secundaria de La Madera en Guatemala, Estudio de las Principales Tendencias de la Industria Artesanal de transformación Secundaria de La Madera en Guatemala, Diagnóstico del Cluster Forestal de Guatemala. Entre las conclusiones y recomendaciones de dichos estudios, se indica la necesidad de:

- Fortalecer las actividades que promuevan la innovación de productos, así como la mejora en el nivel tecnológico utilizado por las empresas del sector, son factores críticos que necesitan ser mejorados en el corto plazo. Un mejor conocimiento de las tendencias internacionales en cuanto a requerimientos y preferencias de los principales productos, la creación de estándares, así como una actualización continua de la maquinaria y los procesos de producción que permitan disminuir los costos de producción, permitirán al sector forestal satisfacer la demanda en forma competitiva.
- Fortalecer el desarrollo empresarial en el subsector de la industria primaria, reconociendo que es el vínculo entre el bosque y el valor agregado que se le dé a los productos finales, por lo que se deberá incentivar la disminución de desperdicios (uso integral de los recursos forestales) mediante la actualización tecnológica de la ma
- En las Verapaces (pero también se conoce que ocurre lo mismo en el resto del país) la industria forestal se caracteriza por poseer un nivel tecnológico bajo (50% de los casos) en el proceso de producción, sin llegar a un óptimo nivel tecnológico. La maquinaria y e

- equipo en algunos casos son obsoletos, con procesos de producción ineficientes y bajos rendimientos, en otros casos máquinas sencillas han sido adaptadas a procesos que deben ser realizados por máquinas especializadas.
- Desde el punto de vista de la administración, la industria forestal no ha logrado desarrollar las diferentes etapas del proceso administrativo que se reflejan en una oferta irregular de materia prima, un bajo nivel tecnológico, una demanda inestable, una baja capacidad operativa del personal, bajos niveles de inversión y bajo nivel de desarrollo empresarial.

## B. Problema identificado en industria forestal

Enfocando el análisis en el problema del proceso productivo de la industria forestal del país, el principal problema identificado (IDC, 1999:27) es el poco conocimiento que se tiene de la técnica y tecnología para la producción, principalmente ante una deficiente formación de recursos humanos. Actualmente en el país ninguna universidad o centro educativo forestal, forma recurso humano en el área de tecnología e industria de la madera, por lo que de las más de 300 industrias identificadas apenas un 5% posee personal calificado para dirigir los procesos productivos mientras que el restante posee de regular a deficiente personal para la dirección del mismo.

En algunos casos las pérdidas por transformación industrial llegan a ser hasta un 60% del volumen de madera y aún no se logra comprender la importancia de la utilización del árbol en forma integral ( PAFG, 1998, Guatemala).

Estos grupos, unos consolidados y otros emergentes, requieren de una pronta y adecuada asistencia técnica que les permita mejorar sus procesos productivos y su gestión empresarial, así como fortalecer los conceptos de la administración del negocio forestal.

### 1. Los problemas que existen en los aserraderos son los siguientes:

- Los aserraderos reciben trozas de pobre calidad en términos de su forma, longitud y diámetros. El corte en el bosque se hace mal (forma acepada, longitud, diámetro). También hay una falta de información apropiada e instrucción entre el aserradero y los dueños de los bosques.
- Los aserraderos no implementan ningún tipo de clasificación (evaluación) de calidad o tamaño de las trozas para hacer sus operaciones de producción más eficientes. El rendimiento de la materia prima mejoraría en volumen, calidad y en formas económicas. Si esto se hiciera, la clasificación haría las operaciones más fáciles y más rápidas.
- El manejo de la madera aserrada es muy pobre y esto aumenta los costos de las planchas de madera y su mantenimiento enormemente y tienen un alto efecto en la calidad final de los productos fabricados.
- La mejor protección contra los defectos de la madera es el proceso rápido y su manejo cuando ya está aserrada.

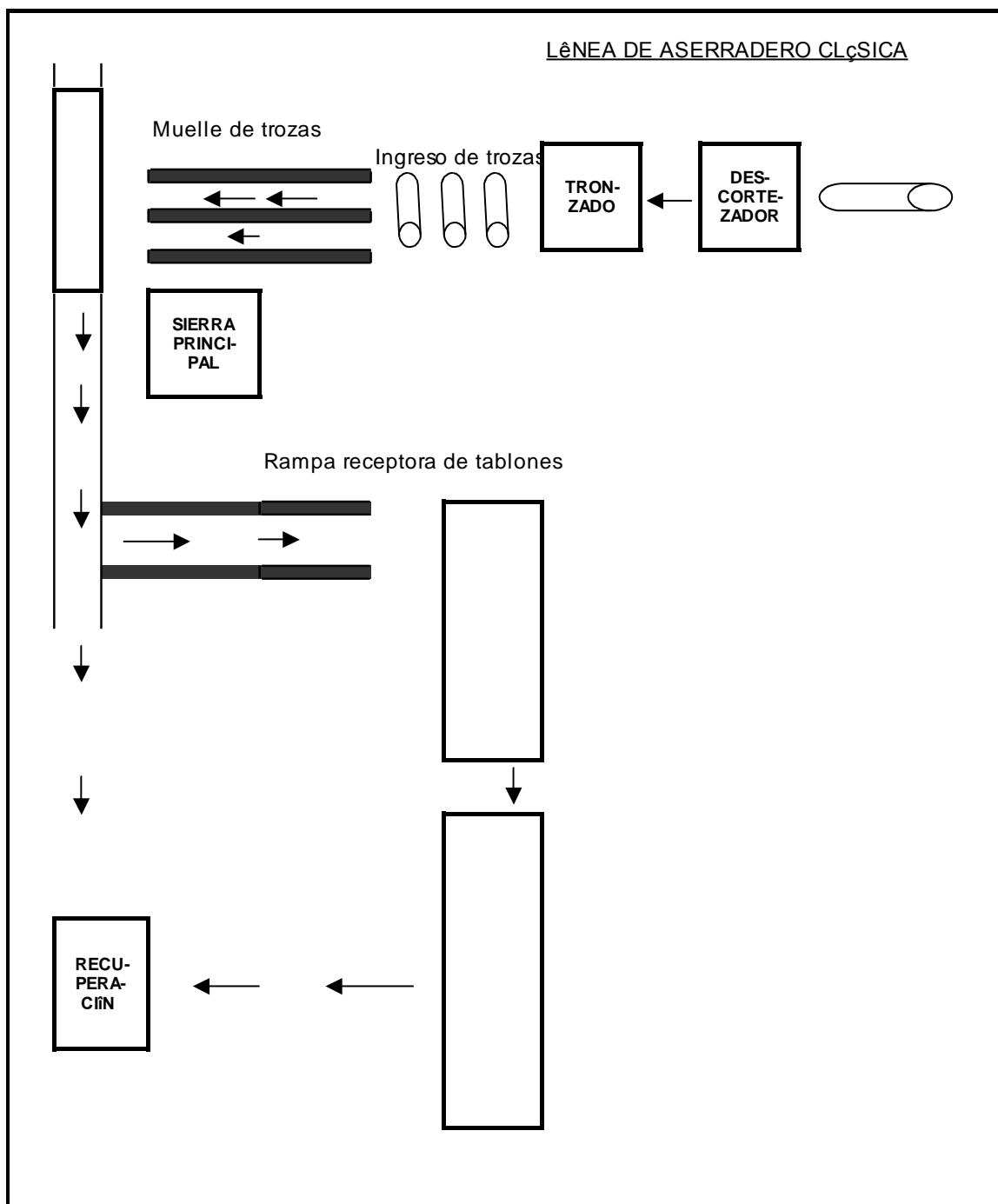
**2. Calidad de los productos.** La mayoría de los productores de troza creen que no hay necesidad de considerar la calidad de sus productos mientras que esto no sea una exigencia de los aserraderos; y estos a su vez piensan que no hay que clasificar la madera aserrada por calidades, mientras el consumidor la siga adquiriendo sin importarle la calidad. Actualmente, solo las empresas más grandes tienen sus propias especificaciones para calificar la madera aserrada; únicamente clasifican la madera aserrada con especificaciones internacionales las que trabajan maderas preciosas y secundarias que aplican el sistema de clasificación NHLA (National Lumber Harwood Association) porque los mercados y las negociaciones en que se desenvuelven se los

exigen. El resto y la mayoría de las empresas no tienen alguna implementación de estos sistemas, lo cual causa problemas por las variaciones en los productos (madera de buena y mala calidad al mismo precio) que salen al mercado interno. En consecuencia la ganancia es alta si se consideran los defectos del producto. Esto es comprensible si la madera que actualmente se procesa en el país proviene de bosques naturales, sin embargo los que se encuentran involucrados en este ámbito tienen el conocimiento sobre la diferencia que habría a beneficio común si optaran por madera proveniente de bosques manejados y productos de calidad y clasificados.

**3. Para el procesamiento y transformación de la madera, generalmente un aserradero (Vignote, 1996: 235, España) consta del siguiente equipo de aserrío:**

- a. Sierra de cinta o sierra principal. Este tipo de maquinaria se denomina sin fin vertical u horizontal simple; su corte es en un solo sentido. El sistema de corte más empleado es el de desdoble tangencial.
- b. Carro porta trozas. El movimiento longitudinal del carro se lo realiza sobre rieles. El movimiento hacia el elemento cortante (sierra cinta) y hacia atrás (después del corte), se lo transmite por el sistema de cables de acero. El movimiento transversal se realiza a través de las escuadras de accionado mecánico para dar a la madera el espesor requerido. El sistema de fijación de la troza es mediante sujetadores tipo gancho accionados en forma manual.
- c. Desorilladota. La desorilladora o canteadora se utiliza para producir tablas o tablonces con cantos paralelos, eliminando los cantos con inclusión de corteza y albura. Las tablas o tablonces provenientes de la sierra principal, son transportadas y alimentadas a la desorilladora en forma manual para su canteado por medio de una o más sierras circulares.
- d. Despuntadota. Por lo general son de tipo pendular y realizan cortes transversales o perpendiculares al eje de la tabla. Su función es cortar los extremos de las tablas o tablonces de forma que éstas tengan ángulos rectos en sus extremos. También se las utiliza para eliminar defectos en las tablas como rajaduras, extremos podridos, grietas, etc.
- e. Reaserradoras o recuperadoras de banco. Son máquinas más pequeñas que constan de una sierra circular de mesa, las cuales se utilizan para recuperar piezas sanas de dimensiones menores eliminando los cantos muertos dañados.
- d. Área de afilado. La sala de afilado de sierras es la que se encarga de aprovisionar en forma permanente las sierras cintas o circulares debidamente acondicionadas para actividades de aserrío y reaserrío. Consta para sus operaciones de una laminadora, afiladora, biceladora y otros. En esta sala se realizan los trabajos de amoldado, tensionado, aplanado y trabado, también es depósito de sierras cintas.

La distribución de un aserradero tradicional se presenta en el siguiente flujo:



(Vignote, 1996)

## C. EMPRESA GIBOR, S.A.

**1. Identidad Institucional.** GIBOR S.A. fue constituido bajo el modelo jurídico de una sociedad anónima, está integrado en un ambiente familiar, socios que crecieron y se desarrollaron en el departamento de Petén, por lo que siempre se han identificado con el patrimonio natural y cultural, ya que forma parte de su vida. Preocupados por la problemática del deterioro ambiental promovido por el avance de la frontera agrícola y la colonización desordenada, debido básicamente a la falta de alternativas sociales como fuentes de trabajo, decidieron tomar acciones y participar en la búsqueda de soluciones, por lo que determinaron invertir su capital económico en el establecimiento de una empresa forestal que velaría por el manejo sostenible de los recursos y a la vez representaría un medio de desarrollo social. Es una organización del interior del país que trabaja en aprovechamiento de recursos maderables bajo normas que garanticen la conservación de los bosques productores, involucrando en su manejo a las instancias municipales, comunidades rurales y a otros usuarios (Gibor, 2002, Guatemala).

**2. Historial de actividades de manejo de la industria forestal.** Desde el año de 1980, en el municipio de San Benito, el aserradero de la empresa GIBOR, S. A. se encuentra procesando como materia prima maderas preciosas y secundarias procedentes del bosque tropical petenero. Desde que la empresa inició sus operaciones ha tratado de cumplir con llevar a cabo la búsqueda de procesos que le permitieran alcanzar la mejor utilización de la madera en rollo; mejorar constantemente la calidad de sus productos; y, buscar la excelencia en el servicio a sus clientes. Estos principios han sido la razón por la cual, la empresa ha llevado a cabo ya varias transformaciones en sus diversos sistemas, las que le han permitido en lo tecnológico, alcanzar un nivel de aprovechamiento de la materia prima que disminuye cada vez el nivel de desperdicio; y a la vez mejoras en la calidad de sus productos. Esto se puede observar en el siguiente cuadro de resultados mensuales de rendimientos presentados por Gibor, S.A. (Gibor, 2002, Guatemala).

GIBOR, S.A.  
Sn. Benito Peten  
9 de abril del 200

Cuadro 1.

Resumen anual 2002 del volumen (mt<sup>3</sup>) de producción de aserr'o

Mes	Caoba	Cedro	Sra. Mar'a	Ama-pola	Manchi-che	Chichi-pate	Danto	Puct□	Total
Ene.	0	0	5075	0	9368	7210	2761	0	24414
Feb.	0	12651	1367	0	14117	0	0	0	28135
Mar.	0	27559	0	0	13505	0	0	0	41064
Abr	69757	0	0	0	19834	0	0	0	89591
May.	199797	0	535	0	0	0	0	0	200332
Jun.	99450	21756	1229	0	3576	0	0	0	126011
Jul.	174893	3109	0	0	427	0	0	0	178429
Ago.	116839	3473	0	0	13093	0	0	0	133405
Sept.	123589	0	0	0	0	0	0	4089	127678
Oct.	51316	7187	0	0	0	0	0	0	58503
Nov.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dic.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	835641	75735	8206	0	73920	7210	2761	4089	1007562

FUENTE: Contabilidad de Gibor, S.A.

Sin embargo, no existen estudios de rendimiento industrial que respalden los valores presentados en el cuadro anterior. Existen varios factores que afectan directamente la eficiencia del aserradero y que deben ser tomados en cuenta durante el procesamiento de la madera en troza resultante a madera aserrada y su calidad obtenida, son importantes para determinar la rentabilidad de la operación para el esfuerzo que se está realizando. Tanto en Gibor, S.A. como en muchas otras empresas industriales madereras se conoce poco sobre este tema y cómo obtener esta información. Por esta razón y en vista de la importancia que tiene el conocer cómo se puede determinar el rendimiento en aserrío primario, se ha elaborado un estudio de rendimientos, que pretende ser una guía para todas aquellas otras empresas que necesitan contar con este tipo de información.

Este estudio ha sido elaborado de acuerdo a estudios reales de rendimiento, observados directamente durante las labores de rutina en la planta de aserrado de Gibor, S.A.

#### D. OBJETIVOS

##### 1. Objetivo principal

- Determinar la eficiencia del proceso de aserrío en la Empresa Gibor, S.A.

##### 2. Objetivos específicos

- Hacer un reconocimiento de la planta para determinar la distribución de maquinaria y operaciones.
- Definir un factor de conversión de volumen en rollo a volumen aserrado.
- Medir el rendimiento volumétrico del proceso de aserrío.
- Evaluar el rendimiento en relación a la selección y calidad de la madera obtenida.
- Evaluar la utilización del tiempo durante flujo de producción.

### III. METODOLOGÍA

#### A. Materiales

- cronómetro
- metro de albañil (+/- 20 mts)
- formularios/ planillas
- hojas en blanco
- lápiz
- rapidógrafo
- tapones para los oídos
- lentes
- mascarilla

#### B. Estudio de rendimiento de trozas

El estudio se realizó en condiciones normales de trabajo y al ritmo de trabajo que se impone en Aserradero Gibor, S.A.

**1. Descripción del área de estudio.** El área de estudio fue en el área de producción de la planta de GIBOR, S.A. en Sn. Benito, Petén. La distribución (Lockyer, 1995:217) afecta a la organización de la planta, a la tecnología mediante la cual se realizan las actividades y el flujo de trabajo a través de la unidad por la cual se obtiene el producto final. El propósito es visualizar el área del proceso de producción a través de un modelo gráfico se tomó en cuenta lo siguiente:

- Se preparó un <layout> de la planta
- Se estudió la secuencia de operaciones
- Se determinaron las operaciones claves
- Se ubicaron las operaciones claves en el plano
- Se ubicaron los pasillos principales
- Se ubicaron las áreas de trabajo restantes
- Se ubicaron los pasillos secundarios
- Se comparó la distribución actual contra los principios de buena distribución
- Se verificó la distribución sobre el espacio

Adicionalmente se registraron: Los datos de cada máquina / motor dentro del área; y el número de trabajadores / su desempeño.

**2. Selección de especies a estudiar.** Con el fin de encontrar el rendimiento real, la madera en troza como materia prima no fue seleccionada por especie ni por clase diamétrica, si no que se trabajó de acuerdo al registro diario de todas las trozas ingresadas al aserradero en el tiempo de 13 días. En este tiempo sólo se muestreó Caoba (*Sweetenia macrophylla*), lo cual representa el 9.3% del período de producción para ésta especie.

**3. Recolección de datos.** La recolección de datos se realizó a través de diferentes planillas diseñadas de acuerdo a la especificación de la información (ver anexo I). El registro de información se inició al momento en que las trozas fueron colocadas por medio del montacargas en el alimentador de trozas para ingresar a la Sierra Principal.

a. Marcado de la troza. Para el marcado de las trozas se utilizó un yeso de color blanco y se designó a cada troza un número ascendente. La persona encargada de seleccionar las trozas a ingresar diariamente al aserradero llevo a cabo el marcado y registro de datos

b. Medición de la troza. Una vez marcada la troza (ver Fig. 1), se procedió a la medición de su longitud en metros y los diámetros con corteza en los extremos mayor y menor en centímetros (ver Fig. 2). A cada extremo se midió el diámetro mayor y menor. Para ello se utilizó un metro metálico diamétrico graduado tanto en centímetros como pulgadas (ver Anexo I, Planilla 1).

D = Diámetro mayor  
d = Diámetro menor  
L = Longitud

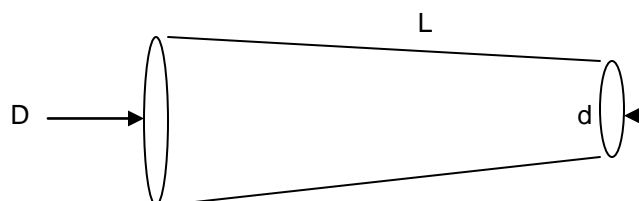


Fig. 1 Medición de la troza.

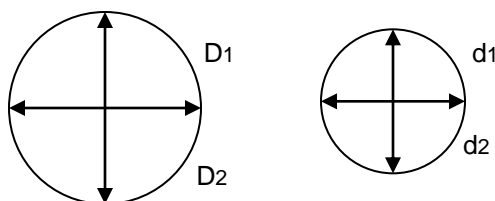


Fig. 2 Medición de diámetros

(Cruz, 1998:13)

**4. Proceso de aserrío.** El proceso de aserrío consta de una serie de operaciones (Vignote, 1995:234) que van desde que la troza es normalmente trasladada mediante un <winche> al carro porta troza, donde por medio del mismo se ejecuta el corte en la sierra de cinta o sierra principal, saliendo de allí tablonces que posteriormente son recibidos en la plataforma receptora de tablonces donde pasan por una desorilladora y luego por una despuntadora hasta que son convertidas en madera aserrada como tablas, tablonces, vigas, etc.

a. Estimación del tiempo de aserrío por unidad de volumen. Con el propósito de estimar el promedio de unidad por tiempo de transformación del aserradero y verificar si el dato obtenido es compatible tanto con el número y volumen diariamente ingresado y la capacidad teórica del flujo del aserradero, se registró con un cronómetro el tiempo en que tardan las primeras cinco trozas de madera en pasar desde la máquina principal hasta la última máquina despuntadora del área de producción. Los datos se registraron durante 12 días, lo cual equivale a una muestra del 8.6% del período de producción en el aserradero Gibor, S.A. durante el año 2002 (ver Anexo I, Planilla 3)

## 5. Medición del producto

a. Marcado de tablonces. Los tablonces obtenidos y correspondientes a cada una de las primeras cinco trozas evaluadas se marcaron con yeso en la superficie con el número correspondiente a la troza y el espesor de las puntas fue pintado. Por cada cambio de troza, a los tablonces se les designó un color diferente.

Los tablonces de las siguientes trozas no se marcaron ya que se evaluará la producción total en relación al volumen ingresado.

b. Medición y clasificación de tablas. Una vez desorilladas y despuntadas todas las tablas, inmediatamente y por efectos prácticos, se procedió a tomar las medidas correspondientes a cada tabla: a. ancho y espesor en pulgadas; y b. el largo del producto se recolectó del dato escrito sobre la tabla por el numerador. (ver Anexo I, Planilla 2).

Las tablas se clasificaron de acuerdo a las normas de la NHLA (National Lumber Harwood Association) ya que establecen los requisitos y rangos de calidad sobre las maderas tropicales. También se trabajó con los siguientes largos: madera corta menor a 6 pies y madera larga mayor o igual a 6 pies. Para lo anterior se tuvo el apoyo de un clasificador de madera en NHLA contratado por la empresa.

Para el proceso inicial de transformación de las cinco primeras trozas se utilizó la misma metodología para el producto obtenido por cada troza. Al final de cada día los datos fueron recolectados y registrados.

**6. Cuantificación del volumen de madera recuperada.** Un trabajador del aserradero se responsabilizó de cuantificar los cortos obtenidos de las trozas aserradas, tanto del desdoble como de recuperadora y otros, ya que aún forman parte del rendimiento comercial de un aserradero en función sus objetivos. Este volumen se obtuvo con la medición del ancho por el largo (pulg.) y el largo en pies tablares menores de 6 pies pues es el sistema de medición inglés que aún se utiliza.

Al final de cada día se recolectaron los datos registrados por el personal y se verificaron en el área de almacenamiento.

### C. Estudio de tiempos

En general, el propósito de hacer un estudio de tiempos en un trabajo es para obtener información y conocimiento sobre el consumo de tiempo para tratar de mejorar las condiciones de ése trabajo.

Con éste estudio se determinó el tiempo en el que, con este flujo de proceso de aserrío, se puede realizar el trabajo. El estudio consistió en el análisis del proceso de producción utilizado, con el fin de mejorar la eficiencia, optimizar el costo y utilizar el personal necesario (menor riesgo, menos cansancio, mayor ingreso, etc.). El objetivo es que el estudio de tiempos muestre cómo se está utilizando el mismo, así como de todos los factores que afectan su eficiencia y la economía de la empresa.

El estudio de tiempo se dividió en:

- Tiempo trabajado, que a la vez se subdividió en trabajo efectivo y trabajo no efectivo.
- Tiempo no trabajado, que se subdivide en tiempo justificado y no justificado.

**1. Designación del área del estudio.** Se observó el área de proceso de aserrío para el estudio de tiempos y a partir de esto, se estableció el lugar mas estratégico para llevar a cabo las observaciones de manera que no interfiriera con las operaciones normales de trabajo y permitiera dominar visualmente el área de trabajo donde ocurre todo el flujo de producción.

**2. El número de observaciones.** Las observaciones se realizaron de acuerdo al surgimiento de cualquier actividad que no se encuentra dentro de las actividades de la labor diaria, definido como tiempo no productivo (paros y retrasos) por lo que no se establece un número determinado.

**3. Toma de datos (Observaciones).** En este paso se usó el modelo de planilla para estudio de tiempos (ver Apéndice I, Planilla 4). Las observaciones se llevaron a cabo durante 13 días (9.6% producción total) desde el inicio del trabajo de aserrío hasta concluir una jornada normal. Toda la información fue analizada por sección de trabajo y también en forma general, haciendo resaltar los aspectos más sobresalientes encontrados en las jornadas de trabajo. Se identificaron fallas, humanas o de máquina, y si esto repercutía de manera positiva o negativa en las secciones de trabajo.

Los tiempos y períodos de trabajo que se registraron durante la jornada de trabajo fueron los siguientes:

- a. Tiempo total: es el tiempo total incluido dentro del período considerado.
- b. Tiempo programado: es el número de horas que se programa para trabajar en una determinada actividad en un día. Normalmente son 8 horas y se expresa en horas programadas.
- c. Tiempo medido o efectivo: es el número de horas en que la cuadrilla, máquina u otro elemento está verdaderamente trabajando; se expresa en horas efectivas.
- d. Tiempo no efectivo o atrasos: en esta categoría se incluye el tiempo durante el cual la máquina o cuadrilla no está produciendo.

## IV. EVALUACIÓN Y CÁLCULOS

### A. Análisis de Rendimientos

**1. Cubicación de trozas.** Para determinar el volumen de las trozas en estudio, se aplicó únicamente la fórmula del Sistema métrico llamado Smalian ya que con el Sistema inglés llamado Doyle los datos obtenidos sub- y sobre estimaron el valor real de las trozas por lo que no se consideraron confiables. La fórmula utilizada se indica a continuación.

#### - Fórmula de Smalian

$$V = 0.7854 \times (D + d^2)/2 \times L$$

Donde:

V = Volumen en m<sup>3</sup>

D = Diámetro mayor en metros

d = Diámetro menor en metros

L = Longitud

(INAB, 2000:03)

**2. Cubicación de madera aserrada (Tablas).** Para determinar el volumen de las tablas se aplicó la siguiente fórmula:

$$V = \frac{E \times A \times L}{12}$$

Donde:

V = Volumen en pies tablares

E = Espesor de la tabla en pulgadas

A = Ancho de la tabla en pulgadas

L = Longitud de la tabla en pies

(INAB, 2000:04)

El volumen en tablas generalmente se obtiene en pies tablares; sin embargo todos los datos obtenidos fueron convertidos al sistema métrico ya que es el más confiable y oficialmente determinado para Guatemala por la Constitución de la República. Para esto se utilizó la siguiente equivalencia:

$$1 \text{ m}^3 = 423.84 \text{ pt (aproximadamente 424pt)}$$

**3. Determinación del rendimiento.** Para obtener el rendimiento en porcentajes se aplicó la siguiente relación:

$$R = \frac{\text{Volumen en tablas en m}^3 \times 100}{\text{Volumen en troza en m}^3}$$

(Castellanos, 1996:38)

**4. Volumen de desperdicios.** El volumen de los desperdicios es el resultado de la diferencia del volumen en troza y el volumen de madera aserrado

**5. Análisis estadístico de la información.** Para el análisis de correlación ( Marshal, 1980:82) se determinó el grado de relación que existe entre dos o más variables. En este caso la variable independiente es el % rendimiento y dependiente el volumen Smalian para lo cual se utilizó la regresión lineal. La hipótesis se basó en probar si hay una relación entre **X** y **Y**. El volumen en troza se representó con la variable independiente **X** y el rendimiento como la variable dependiente **Y**. Esto permite estimar una de las variables (dependiente), en función del conocimiento de la otra (independiente), en base a la ecuación de la recta. Luego se graficó y observó la tendencia que presenta la curva y si se ajusta al modelo que mejor represente la curva o al que presente el  $r^2$  más elevado o que más se aproxime a uno.

Los valores estimados fueron:

	<b>x y</b>
Promedio (x); (y)	
Desviación estándar de la población (Sx); (Sy)	
Suma de cuadrados ( $\sum x^2$ ); ( $\sum y^2$ )	
Suma total ( $\sum x$ ); ( $\sum y$ )	
Producto interior ( $\sum xy$ )	
Número de datos (n)	

Para el cálculo de la desviación estándar primeramente se determinó la varianza con la siguiente fórmula:

$$S^2 = 1/n [\sum x^2 - 1/n (\sum x)^2]$$

La desviación estándar **S** es la raíz cuadrada de la varianza:

$$S = (s)^{(1/2)}$$

Este dato no interviene en el cálculo de la regresión; pero sí es importante obtenerlo.

### Cálculo de la regresión

La ecuación de la recta es:  $y = a + bx$

La constante **a** se la obtiene a través de :

$$a = \sum y - b * \sum x$$

El coeficiente de regresión **b** es:

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

(Cruz,1998:17)

Numéricamente el grado de asociación entre variables está en un intervalo que va desde  $-1$  hasta  $+1$ , pasando por cero. Cuando **r** es igual a  $+1$  indica una perfecta asociación positiva, y si **r** es igual a  $-1$  indica una perfecta asociación negativa. Cuando **r** es igual a cero indica que no hay asociación y que existe una total independencia entre las dos variables (Marshal,1984:83).

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

**6. Análisis de datos.** La información recabada se analizó mediante el paquete electrónico Excel .

## B. Estudio de tiempos

**1. Porcentaje de Eficiencia (%U).** Es el porcentaje del tiempo programado en que verdaderamente la cuadrilla o máquina estuvo produciendo.

- a. Tiempo efectivo, se subdividió en trabajo productivo y trabajo no productivo.
- b. Tiempo de paros, que se subdividirá en Tiempo justificado y tiempo no justificado.

$$\%U = \frac{\text{Tiempo medido} \times 100}{\text{Tiempo programado}}$$

Para obtener el volumen de las trozas registradas en los períodos de observaciones se aplicó la fórmula utilizada para Estudio de Rendimiento (Lockyer, 1996: 232) y con ello se ordenaron los siguientes datos:

- Porcentaje de los Tiempos efectivos y paros
- Número total de observaciones realizadas
- Horas de observación
- Jornadas de trabajo muestreadas
- Número y volumen de trozas aserradas
- Trabajadores que intervienen en la planta de aserrío
- Rendimiento en horas/ m<sup>3</sup>
- Rendimiento en trozas/ hora

**2. Tiempo Eficaz ( TE%).** La fórmula se utilizó en función equivalente a una muestra del 9.3% del trabajo realizado en el aserradero Gibor, S.A. durante el año 2002 El resultando del registro de tiempo del flujo de aserrío de 5 trozas se extrapola para un día laboral.

$$TE\% = \frac{(\text{mt}^3/\text{día experimental})}{(\text{mt}^3/\text{día esperado})}$$

(Cruz, 1998: 27)

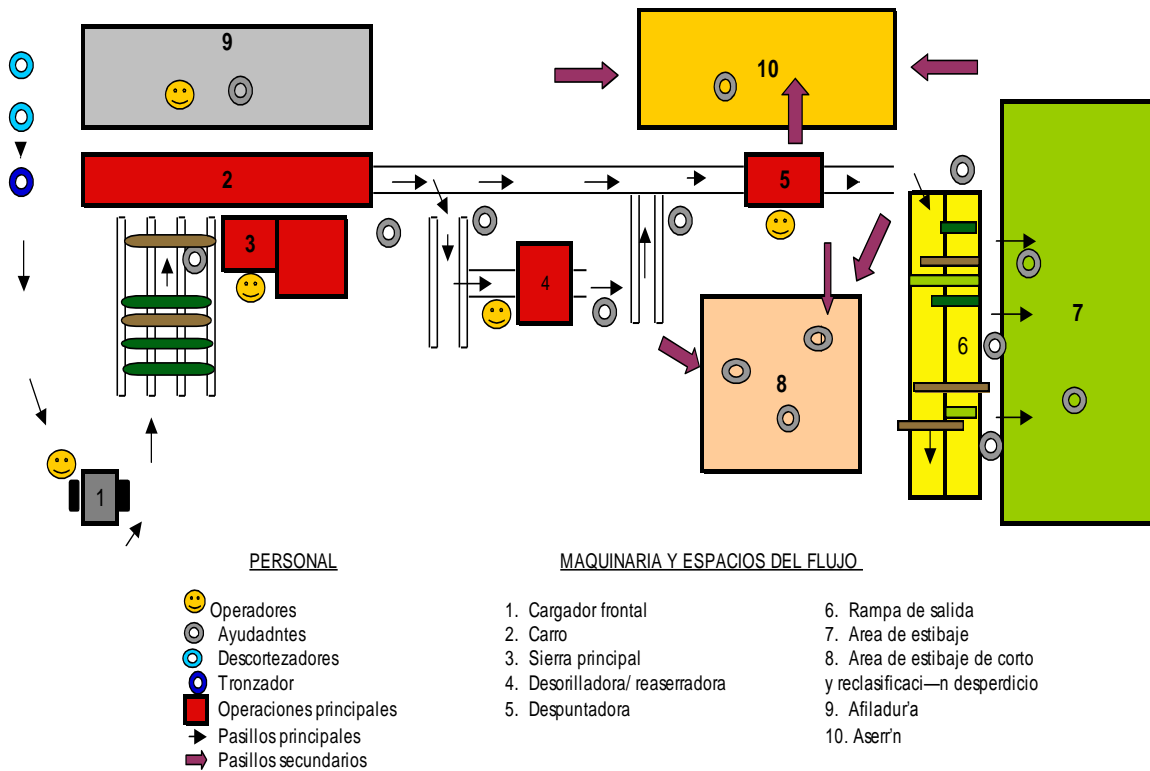
**3. Análisis de datos.** La información recabada se analizará mediante el paquete electrónico Excel

## V. RESULTADOS

### A. Descripción del área de estudio.

Se procedió a realizar un reconocimiento sobre la ubicación y distribución de la planta ya que ésta puede tener un efecto sustancial sobre la operación de la unidad y el grupo completo de trabajo. No es posible establecer un grupo de reglas para programar la solución a ello, pero si enfatizar algunos factores que deben considerarse y que se presentan a continuación:

#### 1. Layout del aserradero de Gibor, S.A.



## 2. Descripción de área, maquinaria y personal.

Cuadro 2. Descripción de la maquinaria, áreas de movimiento y personal del área de producción

MAQUINARIA Y AREAS DE TRABAJO EN MOVIMIENTO						PERSONAL			
No. Orden	Tipo	Descripción	Motor (KW/h Hr)	Voltaje	Función	Cant.	Desempeño		
1	Descortezado	Espacio fuera del área de producción de extensión variable.			Designado a la remoción de la corteza de los árboles.	2	Peladores y/o descortezadores.		
2	Tronzado	-			División transversal de los fustes en un tamaño comercial adecuado.	1	Motosierrista		
1	Cargador frontal	Marca Caterpillar 914G, Serie *72M00609*	5HK90866	---	Recoger las trozas destinadas a producción y colocarlas en el muelle de carga.	1	Operador		
2	Muelle de carga	Vigas de madera dispuesta paralelamente que se encuentran a la altura del carro.	---	---	Sirve como elemento de depósito y de alimentador de trozas para la Sierra Principal.	1	Rampero: recibe y coloca las trozas en el carro.		
3	Carro hidráulico	Automático de 3 escuadras, marca SALEM, operado por el sistema de computador existente en la cabina de comandos del operador de la sierra principal.	93.75	480	Es un dispositivo que mantiene rígida la troza en una posición mientras se realiza el corte, y la hace moverse hacia la sierra. Acerca o aleja la troza de la sierra, determinando el grueso de las piezas a obtener.	---	Operador de la sierra principal		
3.1		Motor	9.375	480					
3.2		Motor	0.25	480					
3.3		Compresor	27.5	480					
4	Sierra Principal	Una sierra principal de cinta de 100' de ancho, con una torre de dos volantes verticales de 96" de diámetro cada uno; marca DEMEGUA, No. de serie: 1381-13.	156.25	480	Realiza dos cortes a cada pieza, perpendiculares a los de referencia y en dirección axial, distanciados entre sí el ancho de la tabla que se quiere obtener. También sirve como reaserradora.	1	Operador		
4.1		Guía de la sierra.	0.25	480					
4.2		Motor para tensar y aflojar la sierra.	0.625	480					
5	Desorilladora	Marca Shurman.	31.25	480	Realiza dos cortes a cada pieza, perpendiculares a los de referencia y en dirección axial, distanciados entre sí el ancho de la tabla que se quiere obtener. También sirve como reaserradora.	1	Pasador: pasa de piezas hacia la canteadora o desorilladora.		
5.1		Rodas de entrada	6.25	480				1	Operador
5.2		Motor que permite variar la medida de los anchos en las piezas.	1.875	480				1	Pasador: recibe las piezas y las manda al Pasador de la Despuntadora
6	Despuntadora	Marca BOTTENE, serie 100L. Consiste en una sierra circular suspendida de un brazo perpendicular rectilíneo.	6.25	480	Realiza cortes perpendiculares a los de referencia y dirección transversal a la madera, determinando la longitud de la tabla que se quiere obtener, saneamiento y los defectos principales de la pieza.	1	Recibidor: recibe las piezas que provienen de la sierra principal y desorilladora.		
1							Operador		
7	Registro de datos	Espacio lineal dentro del flujo de producción, entre la Despuntadora y Rampa de salida.	---	---	Área de paso de registro y documentación de datos del producto obtenido diariamente	1	Numerador: escribe el largo de la pieza		
						1	Puntero: mide el volumen de las piezas con una regla Doyle, registra el volumen de las piezas en tallys y separa largos y cortos.		
						1	Clasificador NHLA		
						1	Puntero de clasificador: registra las calidades de las piezas en un Tally		
8	Rampa de salida	Conjunto de tres cadenas de alimentación automática para la salida de piezas terminadas.	6.25	480	Las piezas registradas son colocadas sobre las cadenas de la rampa y transportadas fuera del área de producción.	1	Pasador: traslada el producto terminado y registrado hacia la rampa de salida.		
						4	Cargadores/ estibadores: recogen la madera de la rampa y la estiban en grupos con dimensiones iguales.		
9	Reclasificación de producto	Espacio dentro de aserradero, a la par de la Despuntadora.	---	---	Reclasificación y estibación de cortos y remanentes	1	Repartidor de piezas remanentes		
						1	Estibador de cortos		
						1	Estibador de polines y lena		
						1	Afilador de sierras		
10.1	Afiladuría*	Motor p. Tensado de la sierra 3X1	1.875	480	Afilar, calibrar, soldar y tensar las herramientas de corte, principalmente las sierras de cinta y circulares.	1	Ayudante		
10.2		Motor p. accionar el esmeril C/3 HR, 1/2 HORA	0.625	480					
	Aserrín	Producto de desperdicio del proceso de transformación de la madera.	---	---	Combustible para hornos.	1	Recoge y deposita el aserrín de toda el área		

344.25

27

## TOTAL

\* Interviene como proceso de mantenimiento para las herramientas de corte de las máquinas pero no en forma directa en el proceso de aserrío.

## DATOS ADICIONALES

11 Planta de emergencia generadora de electricidad de 12 cilindros en V de potencia 300, 500 y 80 KVA de diesel.

12 Servicio de la planta de ORSA con 300KWh

13 Banco de transformador de 300 KVA.

FUENTE: Inventario de equipo de Gabor, S.A.

**3. Flujo de transformación industrial de la madera.** La secuencia de operaciones que sigue la madera en su transformación de rolliza a piezas aserradas es el siguiente:

- División transversal de fustes en trozas de tamaño comercial adecuado.
- Colocación de trozas en la muelle de carga para el carro del aserradero.
- División longitudinal de la madera rolliza en piezas de grosor comercial por medio de la sierra principal.
- Corte longitudinal de costaneras para dimensionar el ancho de las piezas aserradas.
- Corte transversal de los extremos de las piezas aserradas para dimensionar el largo de las mismas.
- Medición y cubicación de las piezas.
- Clasificación de las piezas por defectos, según normas NHLA para maderas duras.
- Estibado de la madera aserrada en grupos del mismo grosor, largo, y clase.
- Enfardado.
- Almacenamiento.
- Registro de inventario.

a. Productos obtenidos. De la transformación de la madera rolliza en piezas aserradas en general da como resultado tres tipos de productos:

- Cortos: madera de grosor y ancho variable, cuyos largos están entre 2 a 5 pies (30 a 1.52 metros);
- Largos: madera de grosor y ancho variable, cuyos largos varían de 6 a 14 pies (1.83 a 4.27 metros); y,
- Madera de recuperación: madera de grosor, ancho y largos variables, obtenida a partir de las partes lepas y costaneras.

El siguiente esquema muestra los productos que se pueden obtener del diámetro pero no la forma en que se corta.

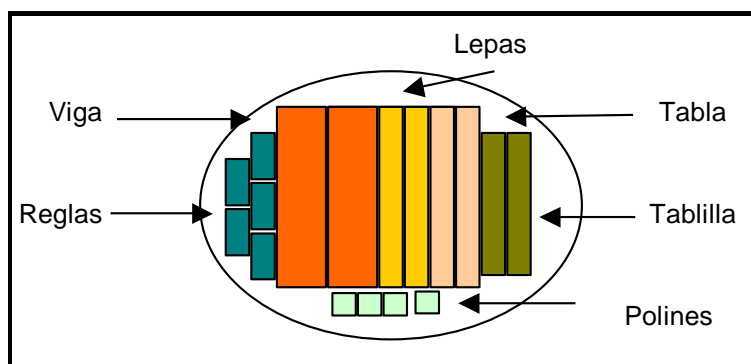


Fig. 3 Productos que se pueden obtener del diámetro

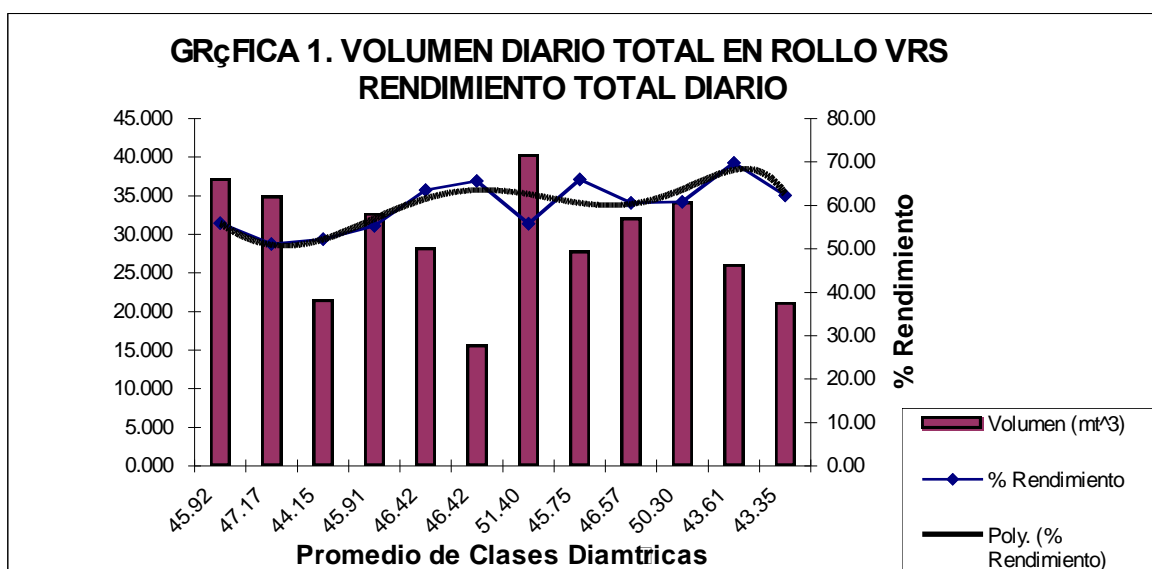
#### 4. Distribución actual del área de producción en Gibor, S.A. contra los principios de la buena distribución.

Cuadro 3. Criterios de distribución evaluados en el área de producción

No.	CRITERIOS	DESCRIPCIONES	VENTAJAS
1	Flexibilidad máxima	<p>La flexibilidad de modificación de espacio es posible a excepción de las máquinas que se encuentran operando sobre sus motores subterráneos. Es factible si los centros de trabajo / máquinas hacia cualquier cambio en sus extensiones no entorpecieran el flujo de producción. Se observó que la desorilladora/ reaserradora (doble función) muchas veces se convierte en un cue de botella y pareciera ser porque la distancia con la Principal no es suficiente, sin embargo es un problema de velocidad que no se ha de haber tomado en cuenta al momento de colocar o comprar las máquinas ya que cada máquina consecuentemente a la principal debe ser más rápida por los volúmenes y piezas resultantes que producen. Sería conveniente hacer un estudio de ruta crítica para determinar las acciones a tomar si desean mantener constante el ritmo de producción actual y/o aumentarlo.</p> <p>El punto de entrada de abastecimiento es amplio y de fácil acceso, mientras que la salida se encuentra entorpecida muchas veces por la falta de espacio para estibar la madera. Debe designarse un área específica y para volumen máximo de producto. Deben establecerse los límites correspondientes en cada área y respetarse los caminos de conexión.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El tiempo y el costo de proceso general se minimiza reduciendo el manejo innecesario e incrementando en general la eficacia de todo el trabajo.</li> <li>2. La supervisión del personal y el control de la producción se simplifica eliminando los rincones ocultos donde tanto hombres como materiales pueden permanecer indebidamente.</li> <li>3. Los cambios de programa se facilitan mucho.</li> <li>4. La producción total de la planta será lo más alta posible empleando el máximo espacio disponible.</li> <li>5. Se mantiene la calidad de los productos mediante métodos de producción más seguros y mejores.</li> </ol>
2	Coordinación máxima	El aserradero se encuentra como un conjunto integral de remitentes y receptores, por lo que no se observó problemas de recepción y envío en sus diferentes áreas.	
3	Utilización máxima del volumen	<p>El espacio para el estibado se podrá optimizar ya que la madera se puede apilar a alturas considerables, inclusive se podrán utilizar almacenes móviles.</p> <p>Una bodega con el equipo de repuestos y mantenimiento de la planta, pequeña podrá construirse alrededor del área.</p>	
4	Visibilidad máxima	Tanto las máquinas, trabajadores y productos son fácilmente observables en todo punto de la planta.	
5	Accesibilidad máxima	Todas las máquinas tienen la accesibilidad para cualquier servicio o mantenimiento; si se desea engrasar las graderas con una pistola no hay impedimento, como p.e. lo sería una pared.	
6	Distancia mínima	Todos los movimientos son a la vez y necesarios, ajen al volumen de remanentes que se manejan; detrás de la despuntadora se arreglan como bancos de almacenamiento temporales y que constantemente están siendo vaciados y a la vez no entorpecen la producción.	
7	Manejo mínimo	<p>Consiste en el manejo nulo, el manejo se reduce en la planta mediante la utilización de cargadores frontales, rampas, aunque se le podrá adecuar toboganes y carretas de transporte y estibación mayor manejo de trabajo se incrementa el costo, pero no el valor.</p> <p>Los bancos temporales de remanentes deberán estar colocados a la altura del trabajo y no en el suelo ya que este debe ser levantado después.</p> <p>El esfuerzo que deben hacer los pasadores también entorpece el flujo por los pesos que se están manejando, principalmente los volúmenes iniciales que maneja el pasador de la canteadora, los tres movimientos diferentes (recibir, reaserrar y pasar) que debe hacer el receptor de la canteadora y por último el pasador que se encuentra en la rampa de salida que debe hacer un movimiento giratorio el cual es siempre un sobre esfuerzo por la dimensión y peso del producto. Estos sobre esfuerzos maximizan el manejo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El espacio ocupado por una máquina debe incluir cualquier proyección causada por el viaje de las partes móviles o material en movimiento.</li> <li>2. Los pasillos deben ser adecuados para la recolección y entrega de materiales.</li> <li>3. Los pisos deben tener la resistencia suficiente para soportar no sólo la máquina sino también el trabajo terminado y los artículos que se almacenen localmente.</li> </ol>
8	Incomodidad mínima	<p>Varias veces las corrientes de aire que pasan a través del aserradero son fuertes y levantan todo el aserrín de las máquinas depositado en el suelo restando respiración y visibilidad a los trabajadores. Esto no será un problema si las máquinas contarán con filtros de aserrín o bien un sistema de aspiración. La despuntadora es la que genera mayor cantidad de aserrín y donde se cae se encuentra su depósito; lo único que protege al operador es una tabla de plywood colocada detrás del pivote de la sierra lo cual disminuye el problema, pero no lo soluciona.</p> <p>Deben habilitarse las redes de iluminación existentes en el aserradero, ya sea para cualquier tipo de reparación nocturna necesaria, turnos, etc. La ventaja es que la cantidad de focos va de acuerdo a la acción necesaria, se mantienen protegidos en bodega y al mismo tiempo son un repuesto. El voltaje para las redes debe ser uniforme para alcanzar una iluminación uniforme en caso que se requiera de su uso completo.</p> <p>El ruido que produce en conjunto el aserradero es bastante alto, lo cual se debe al tipo de máquinas y herramientas. De no ser posible a la empresa reducir el ruido, los trabajadores deberán usar tapones para los oídos.</p>	
9	Seguridad máxima	<p>El fuego es un riesgo permanente que se encuentra principalmente en el depósito de aserrín que encuentra a la par del aserradero. Este se considera el producto más fácil y propenso a incendiarse por un descuido o un rayo porque se encuentra al aire libre. Es recomendable trasladarlo o depositarlo en una "bodega" en donde por cualquier incidente el aserradero y sus trabajadores no sean afectados directamente y cause pérdidas muy altas a la empresa.</p> <p>Se recomienda colocar extinguidores de fuego alrededor del aserradero por seguridad y en caso de incendio, los daños se pueden reducir.</p> <p>Esto también depende del buen mantenimiento que se le da a las sierras, p.e. A veces la soldadura de la cinta se revienta y puede dañar directamente a los ayudantes y los otros trabajadores peligran al recibir pedazos de metal. Asimismo las máquinas deben contar con seguros de arranque y retroceso de las sierras, etc.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Deben estar accesibles las instalaciones de servicio y los dispositivos de seguridad. La falta de atención de estas características puede dar origen a que el mantenimiento no se efectúe eficientemente en consecuencia haya un incremento de averías en la planta.</li> </ol>
10	Flujo unidireccional	Las rutas de trabajo no se cruzan con las de transporte y todo el flujo se encuentra en una dirección. Sobre el área de estibado que se se encuentra transversal y muy cerca de la rampa de salida (ver recomendaciones anteriores).	
11	Rutas visibles	Las rutas del recorrido de las piezas están bien definidas y visibles. No hay espacios que den lugar a escondrijos ni pasillos con bancos de almacenamiento temporales.	

## B. Factor de conversión de volumen en rollo a volumen aserrado

**1. Proceso de transformación de volumen diario en rollo a volumen aserrado.** La complejidad de la fórmula encontrada para el factor de conversión como se puede observar en la Gráfica 1, se debe a la variabilidad de los diámetros de las trozas que ingresan al flujo de producción diariamente; es flexible y adaptada al tipo de producto planificado y egresado de éste aserradero prometiendo una asociación positiva de variables tanto independientes como dependientes equivalentes a 0.8616, cerca de  $R = +1$ . La fórmula es más precisa mientras el diámetro promedio de las trozas se acerque a 46.41 cm, siendo así el aserradero capaz de producir un volumen comercial promedio diario de 15.321  $\text{m}^3$  con un promedio de 51.73 trozas.



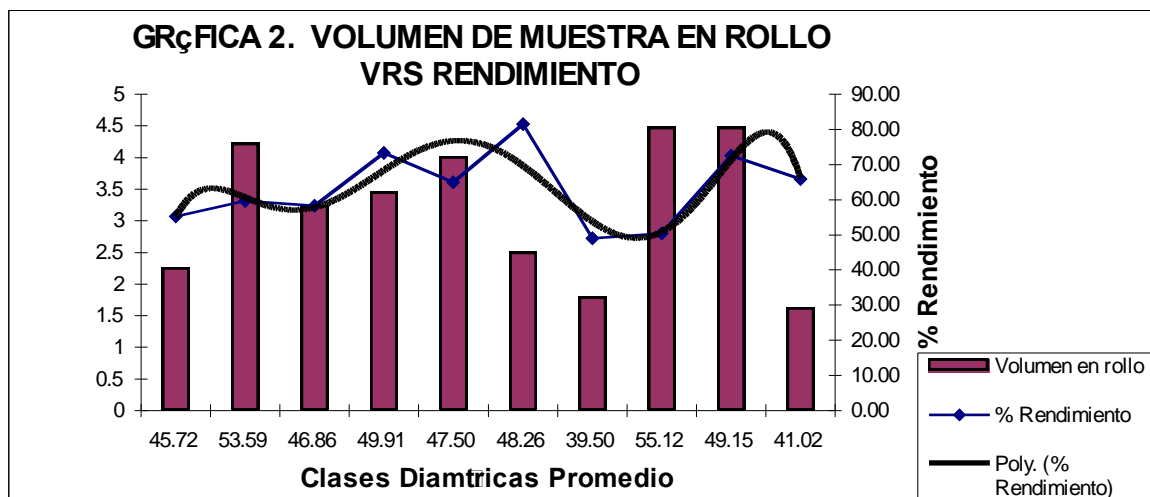
FUENTE: Cuadro 5. Conversión de volumen en rollo diario a volumen aserrado.

$$y = -0.0015x^6 + 0.0482x^5 - 0.5546x^4 + 2.4726x^3 - 1.729x^2 - 10.224x + 65.948$$

$$R^2 = 0.7423 \text{ y/o } R = 0.8666$$

<b>Análisis Descriptivo</b>	<b>Vol. Smalian</b>	<b>% Rend.</b>
Desv. Estandar	6.98	5.60
Varianza	48.67	31.33
Coef. Variación	0.24	0.09
Media	29.38	59.93
Rango	24.63	18.65
Máximo	40.35	69.82
Mínimo	15.72	51.17
Cantidad	12	12

**2. Proceso de transformación de volumen en rollo por muestra a volumen de aserrado.** La complejidad de la fórmula encontrada para el factor de conversión rectifica la fórmula encontrada en el inciso anterior. Como se puede observar, la variabilidad de los diámetros de 5 trozas muestreadas al azar por 10 días se asemeja bastante a la Gráfica 1. La diferencia que separa ambas gráficas cerca de ser iguales es la cantidad de datos colectados y promediados, sin embargo también refleja las dimensiones variables de las trozas que egresan y son procesadas diariamente. Además se observa que la fórmula es más precisa mientras el diámetro promedio de las trozas se acerque a 47.66 cm (similar a 46.41cm), siendo así el aserradero capaz de producir un volumen comercial promedio diario de 16.728 mt<sup>3</sup> con un promedio de 50 trozas diarias, bajo un  $R = 0.8188$ , cerca de  $R = +1$ .



FUENTE: Cuadro 7. Rendimientos de volumen en rollo de muestras

$$y = -0.0306x^6 + 0.9716x^5 - 11.845x^4 + 69.629x^3 - 204.09x^2 + 279.95x - 79.542$$

$$R^2 = 0.6704 \quad R = 0.8188$$

<i>Análisis Descriptivo</i>	<i>Vol. Smalian</i>	<i>% Rend.</i>
Desv. Estandar	1.04	10.00
Varianza	1.09	100.04
Coef. Variación	0.32	0.16
Media	3.22	63.07
Rango	2.85	32.54
Máximo	4.49	81.52
Mínimo	1.63	48.99
Cantidad	10	10

### C. Rendimiento volumétrico del proceso de aserrío.

Los cuadros que se presentan a continuación muestran los rendimientos diarios que se obtienen en el aserradero, el cual tiene un promedio del 60% respaldado por el volumen comercial obtenido entre ambos cuadros, el resto es desperdicio. Este dato absorbe diámetros de troza entre de 15 a 55 cm que ingresan en un día al aserradero, así como volúmenes de 0.311 mt<sup>3</sup> hasta de 1.400 mt<sup>3</sup> aproximadamente. El cuadro 6 es una sub muestra de la producción diaria y las variables observadas en diámetros, volúmenes y rendimientos son reales. Al observar los promedios obtenidos para éste cuadro, si se multiplicaran o extrapolaran se obtendrán los datos aproximadamente correspondientes a cada día que se reportan en el cuadro 6 y más en el promedio final, siendo éstos el diámetro aproximado de 47 cm, el volumen de 3.000 mt<sup>3</sup>, cantidad de largos por troza, entre 10 y 16, así como el rendimiento.

#### 1. Conversión de volumen en rollo diario a volumen aserrado.

Cuadro 4. Conversión de volumen en rollo diario a volumen aserrado

Datos	VOLUMEN EN ROLLO				VOLUMEN DE PIEZAS OBTENIDAS POR ASERRERO				RENDIMIENTO %			DESP. %
	Datos Troza				Largos		Cortos		Largos	Cortos	Total	
	D'a	No.	D* (cm)	L	Vol. Smalian (mt <sup>3</sup> )	Pzs	Vol. (mt <sup>3</sup> )	Pzs				
9/11/02	60	45.92	3.66	37.268	858	18.595	483	2.238	49.89	6.01	55.90	44.10
9/12/02	71	47.17	2.74	34.981	871	14.762	628	3.137	42.20	8.97	51.17	48.83
9/13/02	48	44.15	2.81	21.598	609	9.567	449	1.722	44.29	7.97	52.27	47.73
9/16/02	54	45.91	3.49	32.781	818	15.917	528	2.229	48.56	6.80	55.36	44.64
9/17/02	50	46.42	3.21	28.301	780	16.129	458	1.856	56.99	6.56	63.55	36.45
9/19/02	21	46.42	3.21	15.721	630	8.483	226	1.825	53.96	11.61	65.57	34.43
9/20/02	49	51.40	3.87	40.352	882	20.672	455	1.844	51.23	4.57	55.80	44.20
9/23/02	59	45.75	2.79	27.882	860	16.693	423	1.696	59.87	6.08	65.95	34.05
9/24/02	53	46.57	3.37	32.130	886	17.433	524	2.040	54.26	6.35	60.61	39.39
9/25/02	46	50.30	3.65	34.204	796	18.446	541	2.370	53.93	6.93	60.86	39.14
9/26/02	53	43.61	2.99	26.098	786	15.908	500	2.314	60.95	8.87	69.82	30.18
9/27/02	57	43.35	2.44	21.233	768	11.251	457	1.991	52.99	9.37	62.36	37.64
<b>Total</b>	<b>621</b>			<b>352.551</b>	<b>9544</b>	<b>183.855</b>	<b>5672</b>	<b>25.262</b>				
<b>Promed.</b>	<b>51.75</b>	<b>46.41</b>	<b>3.18</b>	<b>29.38</b>	<b>795.33</b>	<b>15.321</b>	<b>472.67</b>	<b>2.105</b>	<b>52.43</b>	<b>7.51</b>	<b>59.93</b>	<b>40.07</b>

FUENTE: ( Anexo II), Cuadro A. Volumen diario trozas

D: diámetro promedio

#### 2. Rendimiento de volumen en rollo de muestras de madera en tabla.

Cuadro 5. Rendimiento de volumen en rollo de muestras

Datos	VOLUMEN EN ROLLO				VOLUMEN DE PIEZAS OBTENIDAS POR ASERRERO				RENDIMIENTO %			DESP %
	Datos Troza				Largos		Cortos		Largos	Cortos	Total	
	D'a	No.	D (cm)	L (mt)	Vol. Smalian (mt <sup>3</sup> )	Pzs	Vol. (mt <sup>3</sup> )	Pzs				
9/13/02	3,4,5,6,7	45.72	2.74	2.269	70	0.944	67	0.304	42.31	13.00	55.31	44.69
9/16/02	3,4,5,6,7	53.59	3.60	4.236	90	2.049	85	0.562	47.56	12.02	59.58	40.42
9/17/02	10,11,12,13,14	46.86	3.049	3.248	81	1.547	9	0.047	56.82	1.47	58.29	41.71
9/19/02	14,15,17,18,19	49.91	3.659	3.467	91	2.276	45	0.227	66.71	6.60	73.30	26.70
9/20/02	1,2,3,4,5	47.50	4.268	4.022	92	2.156	123	0.482	52.88	12.04	64.92	35.08
9/23/02	1,2,3,4,5	48.26	2.744	2.516	85	1.908	43	0.13	76.60	4.92	81.52	18.48
9/24/02	1,2,4,6,7	39.50	2.744	1.807	54	0.794	30	0.155	41.87	7.12	48.99	51.01
9/25/02	1,2,3,4,5	55.12	3.659	4.486	76	2.062	38	0.215	45.80	4.57	50.37	49.63
9/26/02	1,2,3,4,5	49.15	3.659	4.486	76	2.062	38	0.215	68.09	4.40	72.49	27.51
9/27/03	1,2,3,5,6	41.02	2.439	1.633	64	0.930	37	0.158	56.23	9.69	65.93	34.07
<b>Total</b>	<b>50</b>			<b>32.170</b>	<b>779</b>	<b>16.728</b>	<b>515</b>	<b>2.495</b>				
<b>Promedio</b>	<b>5</b>	<b>47.66</b>	<b>3.256</b>	<b>3.217</b>	<b>77.90</b>	<b>1.673</b>	<b>52</b>	<b>0.250</b>	<b>55.49</b>	<b>7.58</b>	<b>63.07</b>	<b>36.93</b>

FUENTE: Cuadro B (Anexo II) Resultado de volumen de aserrío de muestras y cálculos de rendimiento

D\*: diámetro promedio

#### D. Rendimiento según la calidad de la madera obtenida

Como se puede observar en el siguiente cuadro la relación en rendimientos de las calidades obtenidas se mantienen inestable entre las calidades de fas y selecta por la misma variabilidad de los porcentajes que presentan, mientras la clase común se mantiene entre un 60-80%. El promedio al final del período de estudio muestra con claridad las proporciones en que se encuentran estibadas en el aserradero: selecta en un 20.98% (41.995 mt<sup>3</sup>) es dos veces la fas con 9.91% (20.100 mt<sup>3</sup>) y las comunes ocurren en mayor proporción con un 61.42% (121.760 mt<sup>3</sup>) son tres veces el volumen de selecta.

Cuadro 6. Rendimiento en relación a la calidad de la madera

Calidad	FAS		SELECTA		COMUN		% Rendimiento		
	Día	Pzs.	( mt <sup>3</sup> )	Pzs.	( mt <sup>3</sup> )	Pzs.	( mt <sup>3</sup> )	F	S
11/09/02	68	2.143	194	5.344	595	11.108	11.52	28.74	59.74
12/09/02	18	0.410	174	2.400	679	11.952	2.78	16.26	80.96
13/09/02	6	0.269	156	2.686	447	6.612	2.81	28.08	69.12
16/09/02	19	0.650	171	4.259	629	11.008	4.09	26.75	69.16
17/09/02	36	1.180	179	4.587	565	10.363	7.31	28.44	64.25
19/09/02	53	1.701	65	1.726	242	5.056	20.05	20.34	59.60
20/09/02	127	3.407	216	5.521	539	11.744	16.48	26.71	56.81
23/09/02	48	1.420	146	3.049	666	12.224	8.51	18.27	73.23
24/09/02	100	3.032	164	3.501	629	10.900	17.39	20.08	62.53
25/09/02	55	2.225	138	3.488	603	12.732	12.06	18.91	69.03
26/09/02	80	2.605	152	3.137	555	10.166	16.38	19.72	63.90
27/09/03	57	1.058	146	2.297	575	7.895	9.41	20.42	70.18
<b>Total</b>	<b>667</b>	<b>20.100</b>	<b>1901</b>	<b>41.995</b>	<b>6724</b>	<b>121.760</b>			
<b>Promedio</b>	<b>56</b>	<b>1.675</b>	<b>158</b>	<b>3.500</b>	<b>560</b>	<b>10.147</b>	<b>9.91</b>	<b>20.98</b>	<b>61.42</b>

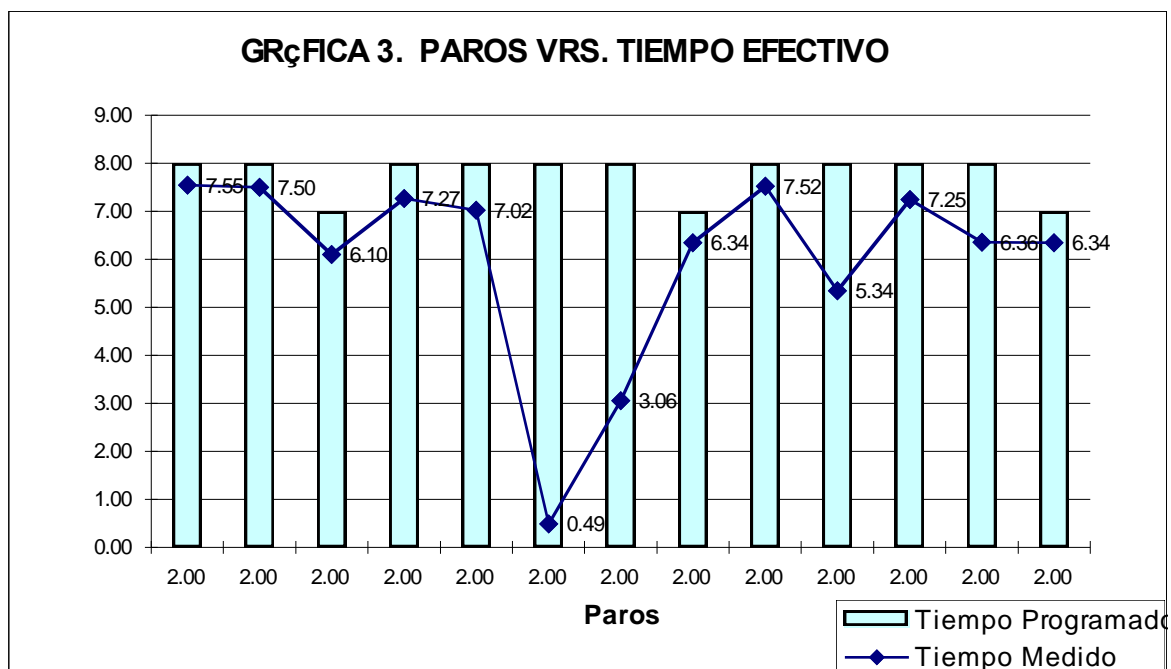
FUENTE: Datos colectados durante el tiempo del trabajo de campo en el área de producción.

NHLA (National Hardwood Lumber Association): criterios de calificación por defecto para maderas tropicales.  
F= fas

S = selecta  
C = común 1,2,3

#### E. Evaluación del tiempo de producción

**1. Evaluación de las variables del tiempo efectivo y paros, tanto medido como programados durante el horario laboral.** En la siguiente gráfica se puede observar que los paros medidos son inversamente proporcionales al tiempo efectivo y la irregularidad con que se trabaja diariamente. El día menos efectivo se trabajó 0.49 min. mientras que el tiempo que más se asemeja al laboral es de 7.52 hrs.



FUENTE: Cuadro 8. Comparación de las variables evaluadas tanto medidas como programadas de los paros y tiempo efectivo del horario laboral.

A continuación se presenta un cuadro de resumen sobre las variables evaluadas que evitan que el trabajo efectivo no se cumplan y asimismo poder evaluar donde se puede reducir el tiempo no trabajado. Se puede observar que no se sigue un programa de cambios de sierra, mantenimiento de máquinas y herramientas. Consecuentemente se presenta otro cuadro que resume el consumo de energía de la planta en relación a los paros medidos y el gasto que en teoría debería de resultar durante el período de estudio.

Cuadro 7. Comparación de las variables evaluadas tanto medidas como programadas de los paros y tiempo efectivo del horario laboral.

Datos	Paros Medidos												Paros		Tiempo Laboral	
	Refacción		Almuerzo		CSC		RM		OTROS		Total		Prog.		Medi.	Prog.
	No.	Hr.	No.	Hr.	No.	Hr.	No.	Hr.	No.	Hr.	No.	Hr.	No.	Hr.	Hr.	Hr.
9/11/02	1	0.10	1	1.00	2	0.55	0	0.00	0	0.00	4	2.05	5	2.00	7.55	8.00
9/12/02	1	0.10	1	1.00	2	0.40	1	0.20	1	0.00	6	2.10	5	2.00	7.50	8.00
9/13/02	1	0.10	1	1.00	3	1.35	0	0.00	1	0.15	6	2.50	5	2.00	6.10	7.00
9/16/02	1	0.10	1	1.00	1	0.15	1	1.25	1	0.03	5	2.33	5	2.00	7.27	8.00
9/17/02	1	0.10	1	1.00	4	1.42	0	0.00	1	0.06	7	2.58	5	2.00	7.02	8.00
9/18/02	1	0.10	1	1.00	2	1.10	1	5.51	0	0.00	5	7.01	5	2.00	0.49	8.00
9/19/02	1	0.10	1	1.00	4	2.39	2	2.46	3	0.19	11	6.54	5	2.00	3.06	8.00
9/20/02	1	0.10	1	1.00	3	0.37	0	0.00	2	0.39	7	2.26	5	2.00	6.34	7.00
9/23/02	1	0.10	1	1.00	2	0.38	1	0.05	1	0.15	6	2.08	5	2.00	7.52	8.00
9/24/02	1	0.10	1	1.00	3	0.40	2	1.02	5	0.34	12	3.26	5	2.00	5.34	8.00
9/25/02	1	0.10	1	1.00	2	0.27	2	0.26	3	0.32	9	2.35	5	2.00	7.25	8.00
9/26/02	1	0.10	1	1.00	4	1.48	0	0.00	0	0.26	6	3.24	5	2.00	6.36	8.00
9/27/02	1	0.10	1	1.00	2	0.49	0	0.00	0	1.05	4	3.04	5	2.00	6.34	7.00
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>1.30</b>	<b>13</b>	<b>13.00</b>	<b>34</b>	<b>13.45</b>	<b>10</b>	<b>11.55</b>	<b>18</b>	<b>4.14</b>	<b>88</b>	<b>44.44</b>	<b>65</b>	<b>26.00</b>	<b>80.54</b>	<b>101.00</b>
<i>Promedio</i>			<i>1.00</i>	<i>1.00</i>	<i>2.62</i>	<i>1.03</i>	<i>0.77</i>	<i>0.89</i>	<i>1.38</i>	<i>0.32</i>	<i>6.77</i>	<i>3.42</i>	<i>5.00</i>	<i>2.00</i>	<i>6.20</i>	<i>7.77</i>

FUENTE (Anexos II) Cuadro C. Control de paros durante el período del 11 al 27 de septiembre del 2002.

CSC: cambio de sierra de cinta

RM: reparación de máquina

OTROS: incluye paros por acumulación de levas en la máquina desorilladora y/o despuntadora, atrancamiento de la sierra de cinta y/o en sierras circulares, desviación de las trozas en el carril alimentar intervenciones del monta cargas, falta de energía.

Horario laboral programado			Tiempo estudiado	
D'as	Período	Hrs	13 d'as	Hr.
Lunes - Jueves	7.00 - 17.00	10		100
Viernes	7.00 - 16.00	9	127 hr	27

## 2. Consumo de energía real vrs. energía teórica en base a paros internos de las máquinas y paros completos del flujo de producción.

Cuadro 8. Consumo aproximado de energía (KWh) del área de producción durante el período del 11 al 27 de septiembre del 2002

Maquinaria			Arranque					Tiempo Laboral				
No.	Tipo	Capacidad motor	Motor	Mtq.	Medido		Programado		Medido		Prog.	
		(KW h/Hr)	KW h	KW h	Cant.	KW h	Cant.	KW h	Hr.	KW h	Hr	KW h
1	Carro hidráulico	93.75	0.586	0.818	42	24.609	3	1.758	80.54	7550.625	101	9468.75
1.1		9.375	0.059			2.461		0.176		755.0625		946.875
1.2		0.25	0.002			0.066		0.005		20.135		25.25
1.3		27.5	0.172			7.219		0.516		2214.85		2777.5
2	Sierra Principal	156.25	0.977	0.982	42	41.016	3	2.930	80.54	12584.375	101	15781.25
2.2		0.25	0.002			0.066		0.005		20.135		25.25
2.3		0.625	0.004			0.164		0.012		50.3375		63.125
3	Desoriladora	31.25	0.195	0.246	6	1.172	0	0.000	80.54	2516.875	101	3156.25
3.1		6.25	0.039			0.234		0.000		503.375		631.25
3.2		1.875	0.012			0.070		0.000		151.0125		189.375
4		Despuntadora	6.25			0.039		0.039		5		0.195
5	Rampa de salida	6.25	0.039	0.039	3	0.117	0	0.000	80.54	503.375	101	631.25
6	Area producción	339.875	2.124	2.124	47	99.838	39	82.845	0	0	0	0
<b>SubTotal 1</b>		<b>339.875</b>	<b>2.124</b>	<b>2.124</b>	<b>145</b>	<b>177.227</b>	<b>39</b>	<b>88.245</b>	<b>80.54</b>	<b>27373.5325</b>	<b>101</b>	<b>34327.375</b>
7	Afiladora	1.875	0.012	0.012	39	0.457	39	0.457	39	73.125	39	73.125
7.1		1.875	0.012	0.016	39	0.457	39	0.457	19.5	36.5625	19.5	36.563
7.2		0.625	0.004			0.152		0.152		12.1875		12.188
<b>SubTotal 2</b>		<b>4.375</b>	<b>0.027</b>	<b>0.027</b>	<b>39</b>	<b>0.914</b>	<b>39</b>	<b>0.914</b>		<b>121.875</b>		<b>121.875</b>
<b>TOTAL</b>		<b>344.25</b>	<b>2.152</b>	<b>2.152</b>	<b>184</b>	<b>178.141</b>	<b>60</b>	<b>89.159</b>		<b>27495.408</b>		<b>34449.250</b>

FUENTE: (Anexo I) Cuadro de consumo aproximado de energía (KWh) teórico del área de producción en base al abalaje (HP) de los motores de las máquinas.

Se estima que cada arranque de motor asciende 3 veces su valor en un tiempo aproximado y promedio de 13 seg.

Se considera un sistema que trabaja en conjunto con el área de producción pero trabaja en un horario diferente y no constante, aunque el número de arranques coincide. La máquina afiladora trabaja 1 hora 3 veces al día y la tensora a 1/2 hora 3 veces al día.

Cuadro 9. Resumen del consumo aproximados de energía (KWh) del aseradero por día, por período de estudio y mensual.

Datos	Diario		Tiempo de estudio (13 días)				Mensual (20 días)	
	Prog.		Medido		Prog.		Prog.	
	Cant.	KW h	Cant.	KW h	Cant.	KW h	Cant.	KW h
<b>Area producción</b>								
Arranque	3	8.173	145	177.227	39	88.245	60	163.453
Tiempo efectivo	7.48 hr	2542.265	85 hr	27373.533	101 hr	34327.375	156 hr	50845.300
Subtotal 1		2550.438		27550.760		34415.620		50845.300
<b>Afiladora</b>								
Arranque	3	0.0703125	39	0.914	39	0.914	60	1.40625
Tiempo efectivo		8.875		121.875		121.875		177.5
Subtotal 2		8.9453125		122.789		122.789		178.90625
<b>Total</b>		<b>2559.383</b>		<b>27673.549</b>		<b>34538.409</b>		<b>51024.206</b>

FUENTE 1: (Anexo I) Cuadro D. Consumo aproximado de energía (KWh) teórico del área de producción en base al abalaje (HP) de los motores de las máquinas

FUENTE 2: Cuadro 9. Consumo aproximado de energía (KWh) del área de producción durante el período del 11 al 27 de septiembre del 2002

### 3. Capacidad instalada del flujo de producción en el aseradero.

Cuadro 10. Rendimiento de la capacidad instalada de la línea de producción

DATOS	VOLUMEN EN ROLLO DIARIO					Tiempo Laboral			Capacidad Instalada de la Línea de Producción		
	Datos Troza				% Rend.	Hr.			(mt <sup>3</sup> / hr)		% Rend.
	D'a	No.	D (cm)	L (mt)		Vol. Smalian (mt <sup>3</sup> )	Medido	Progr.	% Eficaz	Medida	
9/11/02	60	45.92	3.66	37.269	55.90	7.55	8.00	94.38	4.936	5.896	83.72
9/12/02	71	47.17	2.74	34.981	51.17	7.50	8.00	93.75	4.664	5.896	79.10
9/13/02	48	44.15	2.81	21.598	52.27	6.10	7.00	87.14	3.541	5.896	60.05
9/16/02	54	45.91	3.49	32.781	55.36	7.27	8.00	90.88	4.509	5.896	76.47
9/17/02	50	46.42	3.21	28.301	63.55	7.02	8.00	87.75	4.032	5.896	68.37
9/19/02	21	46.42	3.21	15.721	65.57	3.06	8.00	38.25	5.138	5.896	87.14
9/20/02	49	51.40	3.87	40.352	55.80	6.34	7.00	90.57	6.365	5.896	107.95
9/23/02	59	45.75	2.79	27.882	65.95	7.52	8.00	94.00	3.708	5.896	62.88
9/24/02	53	46.57	3.37	32.130	60.61	5.34	8.00	66.75	6.017	5.896	102.04
9/25/02	46	50.30	3.65	34.204	60.86	7.25	8.00	90.63	4.718	5.896	80.01
9/26/02	53	43.61	2.99	26.098	69.82	6.36	8.00	79.50	4.103	5.896	69.60
9/27/03	57	43.35	2.44	21.233	62.36	6.34	7.00	90.57	3.349	5.896	56.80
<b>Total</b>	<b>621</b>			<b>352.55</b>		<b>77.65</b>	<b>78.00</b>				
<b>Promedio</b>	<b>51.75</b>	<b>46.41</b>	<b>3.18</b>	<b>29.38</b>	<b>59.93</b>	<b>5.97</b>	<b>6.00</b>	<b>77.24</b>	<b>4.237</b>	<b>5.443</b>	<b>71.86</b>

FUENTE: (Anexos II) Cuadro E. Tiempo de proceso de aserrío de trozas muestreadas.

Capacidad Instalada Teórica:	47.170 mt <sup>3</sup> / d'a
Turno 1 d'a = 8 hr	20000 pt/ d'a
Capacidad Instalada Teórica:	41.274 mt <sup>3</sup> / d'a
Turno 1 d'a = 7 hr	17500 pt/ d'a

Capacidad instalada:  $\frac{\text{tiempo medido} \times \text{capacidad teórica}}{\text{tiempo programado}}$

FUENTE: Inventario de equipo de Gibor, S.A.

(Cruz, 1988: 12)

## VI. DISCUSIÓN

### A. Reconocimiento y distribución del aserradero

La distribución de la planta puede y tiene un efecto sustancial sobre la operación interna y externa del sistema y sobre el grupo de personas laborando. La distribución del aserradero se encuentra orientada a satisfacer las necesidades del proceso, sin embargo existen dentro del área recursos físicos que pueden mejorar las necesidades del producto, aligerando y simplificando el proceso. Para ello se utilizaron algunos criterios que satisfacen una buena distribución, por ejemplo la flexibilidad de modificación de espacio en el área es posible a excepción de las máquinas que se encuentran operando sobre sus motores subterráneos, lo cual es una limitación ya que todo cambio de flujo debe girar hacia ellas y sólo sería factible si las máquinas hacia cualquier cambio en sus extensiones no entorpecieran el flujo de producción.

La tecnología mediante la cual se realizan las actividades y el flujo de trabajo también se ven afectados por la distribución, así mismo la velocidad con que fluye el trabajo. El flujo

constantemente tiene problemas de embotellamiento y pareciera que fuera porque la distancia desorilladora/ reaserradora desde la sierra principal para el manejo del producto no es suficiente, pero en realidad es un problema de velocidad que no se tomó en cuenta al establecer el sistema. En cada etapa de transformación continua el producto se multiplica y simultáneamente la velocidad por unidad de proceso de las máquinas también. Además, la desorilladora funciona como una reaserradora, lo cual crea un nudo en su propio flujo porque no es lo suficientemente rápida para absorber todos los productos que vienen de las demás máquinas y el que ella como desorilladora produce. Se estima que esta máquina trabaja diariamente en un 100% de capacidad instalada y es una de las causas principales que sólo se rinda en un 71 % de la capacidad total. El operario de la sierra principal debe controlar que la velocidad del flujo sea continua ya que las demás máquinas dependen de la velocidad de transformación que este genere por que él maneja la máquina con mayor potencial de producción. Sería conveniente hacer un estudio de ruta crítica para determinar las acciones a tomar si desean optimizar y simplificar el ritmo de producción actual y/o aumentarlo.

El punto de entrada de abastecimiento es amplio y de fácil acceso, mientras que la salida se encuentra entorpecida muchas veces por la falta de espacio para estibar la madera. Primero se debe asignar un área específica para el producto y que el espacio y área máximo estén en función del volumen máximo de producción. La madera se puede apilar a alturas considerables, inclusive se podrían utilizar almacenes móviles para optimizar espacios libres. Para estimar el espacio que ocupará diariamente el producto, se debe conocer el número de piezas y volumen esperado al final del día y de acuerdo a ello planificar el espacio disponible. Si el aserradero es capaz de absorber un promedio de 51 trozas diariamente (ver cuadro 5), esto produce un promedio de 795 piezas largas y 472 piezas cortas, el jefe de producción deberá saber si tiene suficiente espacio y el lugar indicado para estibar las piezas para que no corran riesgo de algún daño. Aquí es muy importantes el orden y control de la producción bajo planificación semanal.

Se sugiere que mientras no exista una bodega cerca del área de producción, ésta deberá contar con los repuestos, equipo de mantenimiento e inclusive un pequeño botiquín. Lo anterior debe de estar siempre en existencia a partir de un control de consumo, ya que varias veces se presenciaron diversos paros en la producción por averías y/o daños en las máquinas por falta de mantenimiento preventivo y repuestos. Inclusive varias veces se corrió el riesgo de que la sierra de cinta se reventara a causa de una mala soldadura o afilado de los dientes. El mantenimiento de las máquinas (aunque sean muy antiguas) y herramientas correspondientes son una inversión para la empresa y la calidad del producto. Una empresa que basa la obtención de su producto a la distribución y necesidades del proceso debe operar bajo el seguro del mantenimiento preventivo y no correctivo, pues una falla en una máquina para todo el flujo y pierde dinero en reparaciones y salarios que no trabajó y no produjo.

Parte del mantenimiento es la limpieza de área, por lo que a futuro se recomienda integrar canales que filtren el aserrín que se produce. Además su depósito esta muy cerca de las máquinas y además no puede ser bien limpiado por el tipo de suelo, esto representa un peligro constante de incendio y también respiratorio para el personal que labora en el área. La limpieza en general, es mejor si se cuenta con un suelo de concreto y no tierra, inclusive es mejor por el tipo de trabajo y maquinaria pesada del área. Es recomendable trasladar o depositar el aserrín en una "bodega" lejos del área de producción, colocar extinguidores de fuego alrededor del aserradero por seguridad para que en caso de incendio los daños se puedan reducir.

Todos los movimientos en el flujo deben ser a la vez y necesarios, y aunque no pareciera que el flujo requiera de ello se debe evaluar el esfuerzo que se realiza por cada movimiento, por ejemplo: el esfuerzo que deben hacer los pasadores para manejar y levantar el peso del producto también entorpece el flujo, principalmente el pasador de la Principal que maneja volúmenes iniciales y el pasador de la canteadora, que debe manejar tantos diferentes pesos como número de piezas, ahí realiza tres movimientos diferentes; recibir, reaserrar y pasar. Por último el pasador que se encuentra en la rampa de salida debe hacer un movimiento giratorio el cual es siempre un sobre esfuerzo por la dimensión y peso del producto. Estos sobreesfuerzos maximizan el manejo, se incrementa el costo pero no el valor. También, los bancos temporales

de remanentes y desperdicio deberían de estar colocados a la altura del trabajo y no en el suelo ya que esto implica un doble movimiento innecesario.

El ruido que produce en conjunto el aserradero es bastante alto, lo cual se debe al tipo de máquinas y herramientas. De no serle posible a la empresa reducirlo, los trabajadores deberían usar tapones para los oídos como medida de seguridad o al menos por obligación a los operarios y auxiliares que se encuentren cerca de las máquinas. También deberán usar lentes y mascarilla quienes trabajen o se encuentren cerca de máquinas que despidan mucho aserrín. Las anteriores son medidas mínimas de seguridad.

#### B. Rendimiento volumétrico del proceso de aserrío

El rendimiento promedio que la empresa produjo es del 60% sin considerar el volumen de madera de recuperación el cual se estima que se encuentra entre un 20-25% y consiste en: tablillas, reglas, polines, etc. El resultado representa el 9.3% del período de la producción de caoba, ya que fue la única especie que se utilizó durante éste tiempo. Lo mismo ocurre en el cuadro 6, donde el rendimiento promedio fue de 63.07%, pero es porque la misma variabilidad (para mayor detalle ver Apéndice II, Cuadro B) de dimensiones y volúmenes que ingresan diariamente al flujo de producción, pero en promedio los resultados son similares y son una muestra que respalda la producción diaria reportada en el cuadro 5. Si bien, se puede estimar que los diámetros entre 43 y 46 cm van a producir un promedio de 12-15 largos con un promedio de 8-10 cortos, y los diámetros de 47-50 producirán un promedio de 16-18 largos y de 10-12 cortos. Sabiendo esto, la planificación de producción y estibado se simplificaría.

El rendimiento se encuentra intrínsecamente relacionado con el mayor aprovechamiento de la troza y esto también implica un mínimo de desbaste de corte en la piezas, lo cuál se sustenta con buenas herramientas de corte y respectivo mantenimiento así como un sistema operacional simple y eficiente. Aceptar un desbaste por corte de 1/8 " rectifica que la operación tiene alguna deficiencia para el manejo adecuado del producto en cualesquiera de sus etapas de transformación y/o las herramientas no son las correctas. En consecuencia se pierde madera comercial, se crea mayor desperdicio, el tiempo de vida de las herramientas se reduce por mayor demanda de corrección y la empresa pierde dinero. El defecto de manejo a ingreso del producto deberá de ser corregido desde su inicio (p.e. con un buen mantenimiento de la sierra de cinta). Es aquí donde se debe contar con operadores capacitados en el manejo de la maquinaria, conocimiento de la madera y sus propiedades, aprovechamiento y selección de calidad para lograr un producto de calidad.

Aunque la madera que este aserradero procesa viene de bosque natural el rendimiento esta por encima del promedio general que se reporta sobre las industrias forestales del país. Podría elevar aún más su rendimiento comercial si se dimensionara y seleccionara las trozas con el fin de homogenizar el volumen de producción por día ya que un futuro estudio de rendimiento tendría mayor confiabilidad con menos variabilidad de datos, y las cifras de resultados más exactas. Esto es muy importante, la empresa debe saber que puede obtener a partir del bosque, en cuánto tiempo puede procesar el producto en bruto diariamente e inclusive bajo períodos de tiempo, saber si cuenta con suficiente espacio para abastecer el volumen de producción diaria y a largo plazo, tener conocimiento del volumen que espera a futuro y poder ofertar con mayor seguridad para las siguientes negociaciones. Esto se resume en orden, planificación, organización de espacios y control preciso de la producción.

#### C. Factor de conversión de volumen en rollo a volumen aserrado

El factor de conversión de volumen en rollo a volumen aserrado se creó en base a los volúmenes y rendimientos que corresponden al cuadro 5. La fórmula encontrada es la siguiente:  

$$y = -0.0015x^6 + 0.0482x^5 - 0.5546x^4 + 2.4726x^3 - 1.729x^2 - 10.224x + 65.948; \text{ su}$$

complejidad se debe a la variabilidad de diámetros y volúmenes de las trozas que egresan diariamente al flujo de producción (ver Ref. Cuadro 6, Cuadro A y B en Apéndice II), posiblemente a una no esmerada selección y/o dimensionamiento de las trozas, lo cual se puede ver en la desviación estándar con 6.98 que indica que tanto se desvía la recta de la ecuación por día en que varía el volumen diario en rollo, para un rango de 24.63. Sin embargo, la fórmula es directamente funcional, flexible y creada para el régimen de producción de éste aserradero, promete así una asociación positiva equivalente a 0.8616, cerca de  $R = +1$ . La fórmula es más precisa mientras el diámetro promedio de las trozas se acerque a 46.41 cm, siendo así el aserradero capaz de producir un volumen comercial promedio diario de 15.321  $\text{m}^3$  con un promedio de 51.73 trozas diariamente procesadas. Sabiendo esto la curva de producción se puede extrapolar y planificar a futuro (p.e. el Plan Operacional Anual) tanto en inversiones como espacio y distribución de la planta ya que su producción es continua. En respaldo a ello, considérese los datos que se presentan en el cuadro 6 y representan en la gráfica 2, la diferencia que separa ambas gráficas cerca de ser iguales es la cantidad de datos colectados y promediados; sin embargo también refleja las dimensiones variables de las trozas que egresan y son procesadas diariamente. Además se observa que la fórmula es más precisa mientras el diámetro promedio de las trozas se acerque a 47.66 cm (similar a 46.41cm), siendo así el aserradero capaz de producir un volumen comercial promedio diario de 16.728  $\text{m}^3$  con un promedio de 50 trozas diarias, bajo un  $R = 0.8188$ , cerca de  $R = +1$ .

#### D. Rendimiento en relación a la calidad de la madera

La relación entre los rendimientos de las calidades obtenidas se mantienen inestables, principalmente la calidad común con un rango que oscila en un 24.15%, luego la fas 17.27% por último la selecta con 12.48% siendo ésta la más estable. Es de comprender que éstos rangos tienen razón debido a que la madera que procesa Gibor proviene de bosque natural no manejado por lo que no es posible una relación por la cantidad de datos dispersos a menos que a futuro se tenga madera de plantaciones ya mejorada. Sin embargo, es indispensable tener conocimiento de la proporción en que se encuentran estibadas, para ello se puede estimar de mejor manera el volumen en proporción de las calidades pero bajo períodos de tiempo y no diariamente. El promedio al final del período de estudio muestra con claridad las proporciones en que se encuentran estibadas en el aserradero: selecta en un 20.98% (41.995  $\text{m}^3$ ) es dos veces la fas con 9.91% (20.100  $\text{m}^3$ ) y las comunes ocurren en mayor proporción con un 61.42% (121.760  $\text{m}^3$ ) son tres veces el volumen de selecta. Con este conocimiento se puede realizar un estudio de costos en relación a la proporción de calidades y comprobar si se puede elevar la ganancia para la empresa bajo otras estrategias de venta.

#### E. Evaluación del tiempo de la producción

Como se puede observar en la Gráfica 3, existe una irregularidad diaria en tiempo efectivo (7.48hrs promed.) establecido por la empresa y el tiempo efectivo real que en resumen dan como resultado un 77% de tiempo eficaz. El estudio de paros realizado durante 13 días demuestra las razones por las cuales el área de producción no está trabajando el 100% del tiempo. Por ejemplo, el cambio de sierra de cinta es el paro que mayor tiempo (13.45 hr) ocupó al final y tiene un menor número de paros con respecto al que el programa exige (3 veces al día), y según se pudo observar, el problema está en que la sierra la utilizan a menudo hasta que el corte en la madera es deficiente, por lo que paran la producción en cualquier tiempo. Además fueron pocas las veces que el cambio de sierra se realizó a tiempo (ver Apéndice II, cuadro C) programado y hasta en un lapso menor de 16 minutos. El motivo de los tiempos extendidos de cambios de sierra se debe a la falta de repuestos, por descuidos en el mantenimiento de afilado, tensado y soldado de las sierras. Se debe comprender también que el programa de cambios está hecho para mantener un tiempo promedio de vida efectivo en las sierras y ahorro tanto de tiempo como de energía.

Se recomienda establecer un programa de mantenimiento preventivo, debido a que las reparaciones de las máquinas pueden parar todo un día de producción especialmente si los repuestos no se encuentran en bodega y pertenecen a máquinas viejas. Esto es una realidad y se puede observar que el día 18/09 no hubo producción por las razones anteriores, e inclusive al día siguiente la producción fue baja por la falta de herramientas en buen estado. Como anteriormente se mencionó, una empresa de producción continua debe mantener sus máquinas en buen estado aunque éstas sean antiguas ya que si una se daña toda la producción se estanca hasta que sea reparada. Todo lo anterior implica un costo para la empresa y, además si se suman al final del período las horas no efectivas y no justificadas, dan como resultado 20.46 hrs, donde además la empresa regaló el salario equivalente a aproximadamente 3 días de 7 horas, no produjo y perdió dinero. Con ello se podría estimar que la empresa ésta 100% activa en producción durante 16 días al mes y lo demás en pérdidas.

La suma de paros al final del período de estudio fue de 88 y por cada paro esto implicaba un arranque y un gasto mayor de energía. Se estima que por cada arranque de motor, la energía por tiempo de aproximadamente 13 segundos es tres veces más a la que normalmente fluye durante la horas efectivas, por lo se procedió a encontrar una cifra aproximada al gasto real de energía y comprobar si ésta marca una diferencia a la que se le debería prestar atención. De acuerdo al registro de motivos de paro por unidad interna y total del flujo, y la capacidad (KWh) de los motores se estimó (ver cuadro 10) que teóricamente por día el área de producción consume por arranque 8.173 KWh, en trece días debería consumir 88.245 KWh, mientras que los datos experimentales para éste período muestran un consumo de 177.227 KWh. La diferencia por arranques innecesarios es de 88.982 KWh, los cuales se multiplican a lo largo del mes. También se tomó en cuenta el consumo por horas de producción, el cual teóricamente debería ser 34,327.375 KWh y medido fue de 27550.750 KWh, ésta diferencia entre datos 6776.625 KWh se debe a la irregularidad con que se trabaja; y al final el consumo de energía total en el tiempo de estudio, teórico es de 34415.620 KWh y medido es de 27550.760 KWh. Esto expresa la irregularidad con que se trabaja y a la larga representa una ganancia de energía pero perdida porque no se empleó para producir y tener mayores ganancias. Además el balance entre arranques y tiempo de consumo productivo son irregulares y esto se debe al origen y tiempo de paros que se realizan. Para regularizar el consumo de energía y que éste sea invertido para producir se debe regularizar, restringir y programar tanto el número como tiempo de paros.

#### F. Capacidad instalada

Parte de la eficiencia de un aserradero es conocer a que porcentaje de la capacidad instalada de la línea de producción se trabaja y detectar cualquier irregularidad que la reduzca. Teóricamente el flujo tiene una capacidad de  $5.896 \text{ mt}^3 / \text{hr}$ , sin embargo se encontró un promedio de  $4.237 \text{ mt}^3 / \text{hr}$  por lo que la velocidad de producción es eficiente en un 71.86 %. Esto se debe a los factores de personal y equipo que no funcionan con regularidad dentro del área como ya se explicó anteriormente. Pero siempre existen excepciones (ver cuadro 11), donde la capacidad instalada tiene un rendimiento del 107%, pero esto se debe posiblemente a que los diámetros promedio fueron de 51.40 cm y los cortes iniciales mantuvieron un espesor de 5.08 y 7.62 cm y un largo promedio de 3.84 mt, estos datos indican un menor número de cortes y mayor volumen de calidad obtenido; además si el rendimiento fue de un 55% también es posible que hubo algunas trozas totalmente defectuosas y/o podridas ya que el fuste de la caoba proveniente del bosque natural presenta muchos defectos de pudrición interna, principalmente si éstas presentan este tipo de diámetros. También, el rendimiento del 102% se explica posiblemente a los espesores de corte se mantuvieron en 7.62 cm de corte transversal de la troza.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### A. Distribución de la planta

- La velocidad con que fluye el trabajo es uno de los factores determinantes de la supervivencia de la unidad de trabajo y por lo tanto el problema de la distribución y organización es importante y fundamental para el aserradero y la empresa.
- La distribución del aserradero se encuentra orientada a satisfacer las necesidades del proceso, sin embargo existen dentro del área recursos físicos que pueden mejorar las necesidades del producto, aligerando y simplificando el proceso: ej. la madera se puede apilar a alturas considerables con almacenes móviles para optimizar espacios baldíos, los bancos temporales de remanentes y desperdicio deberían de estar colocados a la altura del trabajo y no en el suelo y el esfuerzo del trabado debe ser minimizado.

- La flexibilidad de modificación de espacio en el área es posible a excepción de las máquinas que se encuentran operando sobre sus motores subterráneos, lo cual es una limitación ya que todo cambio de flujo debe girar hacia ellas y sólo sería factible si las máquinas hacia cualquier cambio en sus extensiones no entorpecieran el flujo de producción.
- La tecnología mediante la cual se realizan las actividades y el flujo de trabajo se ven afectados por una planificación pobre del diseño del aserradero, lo cual se manifiesta con un desnivel de velocidad de producción entre máquinas creando un cuello de botella en la desorilladora y que a la vez es reaserradora. Se recomienda mantener un flujo de trabajo que no sobrecargue de producto a las máquinas y en lo posible invertir en una reaserradora.
- Sería conveniente hacer un estudio de ruta crítica para determinar las acciones a tomar si desean optimizar y simplificar el ritmo de producción actual y/o aumentarlo. El tiempo y costo de la producción se minimizaría reduciendo el manejo innecesario e incrementando en general la eficiencia de todo el trabajo.
- El gerente de producción deberá mejorar el orden y control de la producción mediante una planificación semanal de la producción. P.e. La salida del producto se encuentra entorpecida muchas veces por la falta de espacio para estibar la madera.
- El aserradero tiene la capacidad de filtrar para el proceso de aserrío un promedio de 51 trozas diarias, 795 piezas largas y 472 piezas cortas. Se debe asignar un área específica para el producto y que el espacio y área máximo estén en función del volumen máximo de producción.
- La bodega debe contar con un control de consumo de productos y mantener los repuestos, equipo de mantenimiento para las máquinas e inclusive un pequeño botiquín en caso de accidentes.
- La empresa deberá implementar el mantenimiento preventivo ya que cualquier fallo en una máquina para todo el flujo y pierde dinero en reparaciones y en salarios que no trabajó y no produjo. El mantenimiento de las máquinas (aunque sean muy antiguas) y las herramientas son una inversión para la empresa y la calidad del producto.
- Se debería dar especial atención a la limpieza diaria de las áreas de trabajo y aserradero, reparación del equipo roto, herramientas, bancos de trabajo y mantenimiento de maquinaria.
- Los trabajadores del aserradero deberían estar provistos de equipo e instrumentos de seguridad necesarios para su trabajo. Por lo menos protectores para los oídos, lentes y mascarilla.
- Con un buen control, el aserradero debería ser equipado con extinguidores, cubetas de arena y establecer un depósito de agua en caso de incendio.
- El mantenimiento de hojas de sierra en el aserradero es un área que debería siempre ir junto a la calidad de madera aserrada o producto final. Sin buenas herramientas, sierras y cortadores, uno no fabrica productos de alta calidad.
- Debería planificarse y organizarse un entrenamiento para administradores y supervisores para analizar los problemas de producción causados por los diseños pobres, cuellos de botella, distribución desigual del trabajo y en el uso de accesorios manuales y mecánicos para lograr una productividad más alta y operaciones de eficiente costo.

#### B. Rendimiento volumétrico del proceso de aserrío

- El rendimiento promedio que la empresa produjo es del 60% (esto no incluye un estimado entre el 20-25 % de madera de recuperación), valor que representa el 9.3% del período de la producción de caoba, ya que fue la única especie que se utilizó durante éste tiempo.
- Los diámetros entre 43 y 46 cm van a producir un promedio de 12-15 largos con un promedio de 8-10 cortos, y los diámetros de 47-50 producirán un promedio de 16-18 largos y de 10-12 cortos. Sabiendo esto, la planificación de producción y estibado se simplificaría.
- La empresa debe reducir el desbaste (1/8") de madera sobre el producto a un 1/16" para obtener mayores cifras de rendimiento/ troza, mejor calidad y eficiencia en al producción y ganancia económica. Se debe empezar por cambiar los espesores de corte de corte iniciales y utilizar las herramientas y mantenimiento adecuados.
- Se debe contar con operadores capacitados en el manejo de la maquinaria, conocimiento de la madera y sus propiedades, aprovechamiento y selección de calidad para lograr un producto de calidad.
- Debería hacer dibujos e instrucciones para patrones de corte apropiados de las trozas y demás productos, y estar disponibles para los operadores. Los patrones de corte para diferentes sierras deberían cambiarse de acuerdo a los requerimientos del mercado y ventas del aserradero
- Deberían comenzarse más sistemas de desarrollo de la producción y métodos para tener mejor manejo de materiales y residuos.

#### C. Factor de conversión de volumen en rollo a volumen aserrado

- La fórmula para el factor de conversión encontrada fue:  $y = -0.0015x^6 + 0.0482x^5 - 0.5546x^4 + 2.4726x^3 - 1.729x^2 - 10.224x + 65.948$ ; su complejidad se debe a la variabilidad de diámetros y volúmenes de las trozas que egresan diariamente al flujo de producción. La desviación estándar es de 6.98 con un rango de 24.63. La fórmula es directamente funcional, flexible y creada para el régimen de producción del aserradero bajo una asociación positiva equivalente a 0.8616, cerca de  $R = +1$ .
- La fórmula es más precisa mientras el diámetro promedio de las trozas se acerque a 46.41 cm, siendo así el aserradero capaz de producir un volumen comercial promedio diario de 15.321 mt<sup>3</sup> con un promedio de 51.73 trozas diariamente procesadas. La curva de producción se puede extrapolar y planificar a futuro (p.e. el Plan Operacional Anual), en inversiones, espacios y distribución de la planta.

#### D. Rendimiento en relación a la calidad de la madera

- La relación entre los rendimientos de las calidades obtenidas se mantienen inestables, la calidad común presenta un rango que oscila en un 24.15%, la fas (17.27%) y la selecta con 12.48%. Esto se debe a que la madera proviene de bosque natural.
- Se puede estimar de mejor manera el volumen de proporción de las calidades almacenadas pero bajo períodos de tiempo y no diariamente. Al final del período de estudio se obtuvieron las siguiente proporciones: selecta en un 20.98% (41.995 mt<sup>3</sup>), a

fas con 9.91% (20.100 mt<sup>3</sup>) y las comunes con un 61.42% (121.760 mt<sup>3</sup>). Un estudio de costos en relación a la proporción de calidades podría mejorar los ingresos y estrategias de venta para la empresa.

#### E. Evaluación del tiempo de la producción

- La empresa con un promedio de 7.48 hrs laborales efectivas diarias, solamente rinde un tiempo eficaz del 71%. Siendo las causas principales: un número exorbitante de 88 paros en su mayoría innecesarios. El motivo principal es la falta de mantenimiento de las hojas de sierra, de las máquinas y además no se sigue el programa establecido de paros por la empresa. P.e. el cambio de sierra de cinta al final del estudio acumuló 13.45 hr con 34 paros, las reparaciones de máquinas 11.55 hrs con 10 paros y entre otros 4.14 hrs con 18 paros.
- Al final del período fueron 20.46 horas no efectivas y no justificadas para lo cual la empresa pagó salarios de 3 días c/u de 7 horas, no produjo y perdió dinero. Es posible que la empresa sólo produce 16 días al mes y lo demás son pérdidas.
- Teóricamente por día el área de producción consume por arranque 8.173 KWh, en trece días debería consumir 88.245 KWh, mientras que los datos experimentales para este período muestran un consumo de 177.227 KWh. La diferencia por arranques innecesarios es de 88.982 KWh, los cuales se multiplican a lo largo del mes.
- El consumo por horas de producción por 13 días, teóricamente debería ser 34,327.375 KWh y el resultado fue de 27550.750 KWh, esta diferencia entre datos 6776.625 KWh se debe a la irregularidad con que se trabaja
- La empresa al final del estudio, teóricamente debió consumir 34415.620 KWh, pero la realidad refleja 27550.760 KWh. Esto expresa la irregularidad con que se trabaja y a la larga representa una ganancia de energía, pero pérdida porque no se empleó para producir y tener mayores ganancias. El balance entre arranques y tiempo de consumo productivo son irregulares y esto se debe al origen y tiempo de paros que se realizan.
- Para regularizar el consumo de energía y que éste sea invertido para producir se debe regularizar, restringir y programar tanto el número como tiempo de paros.
- La velocidad de producción promedio medida fue de 4.237 mt<sup>3</sup> /hr, para lo cual es eficiente en un 71.86 %, debido a la irregularidad funcional del personal y equipo dentro del área.
- Excepciones arriba del 100% en velocidad de producción pueden ser causa de la edad de la madera, defectos de fuste, volumen, número y espesor de cortes.

#### F. Estudio de diagnóstico a mediano plazo (5 años)

Se propone desarrollar un programa de formación, capacitación o entrenamiento y un Plan de Trabajo para su ejecución, que permita mejorar y elevar las capacidades de producción a nivel gerencial, mandos medios y operativos de la Empresa, tomado en cuenta lo siguiente:

Se recomienda que el INTECAP, o alguna otra institución en Guatemala, desarrolle e implemente los siguientes cursos cortos. Se recomienda que se lleve a cabo un trabajo de investigación de escritorio y un taller planificado para encontrar los contenidos de los cursos y preparar sus programas. Los cursos tendrían que incluir por lo menos siguientes aspectos:

- Flujo de producción en aserradero
- Operación de producción
- Utilización de materia prima
- Producción de desperdicios
- Seguridad industrial
- Métodos de trabajo
- Nivel y selección de tecnología apropiadas
- Maquinaria de aserradero
- Consideración del medio ambiente
- Mantenimiento de sierras, herramientas y maquinaria en general
- Nivel y necesidad de entrenamiento
- Conocimiento y nivel técnico del personal
- Calidad de los productos producidos
- Supervisión, costos y administración

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Castellanos, R. 1996. *Comercialización de un aprovechamiento Mejorado a pequeña escala de especies no tradicionales en finca la Istanca, San Francisco, Petén, Guatemala*. 62 págs.

- Cordero, W. 1989. *Aprovechamiento forestal*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., IICA. 71 págs.
- Cruz Bolaños, J. 1998. *Rendimiento de aserrío industrial de madera en rollo, de la Caoba (Swetenia macrophylla )* Investigación Inferencial. Petén, Guatemala. 38 págs.
- Duerr, William. 1960. *Fundamentals of forestry economics*. New York. McGraw-Hill Book Company, Inc. 579 págs.
- Echenque-Manrique, Ramón. 1970. *25 Maderas tropicales mexicanas*. México, D.F. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. 237 págs.
- Gibor, S.A. 2002. Plan operativo anual. Guatemala. 354 págs.
- .....2002. Contabilidad. Guatemala. 1 pág.
- .....Inventario de equipo. Guatemala. 15 págs.
- IDC. 1999. Diagnóstico del Cluster Forestal de Guatemala. Guatemala. Cluster Forestal. 101 págs
- Instituto Nacional De Bosques. 2000. *Guía Práctica para la cubicación de la madera*. Guatemala. 18 págs.
- Kiuru, Juha. 2003. Asistencia técnica en industria forestal para asociaciones forestales de Guatemala. Guatemala. Cluster Forestal. 106 págs
- Lockyer, Keith. 1995. *La producción industrial, su administración*. 2da ed. Colombia. Alfaomega Grupo Editor, S.A. 584 págs.
- Marshal, J. 1984. *Statistical analysis*. 2da Ed. Prentice-Hall, NC. 287 págs.
- National Hardwood Lumber Association (NHLA). 2002. *Manual para la clasificación de maderas duras*. Guatemala. 29 págs.
- PAFG. 1998. Diagnóstico de la Industria Forestal Región II, Las Verapaces. Guatemala. 82 págs.
- Paz, Octavio. 1970. *Introducción a la estadística descriptiva*. 2da ed. México, Universidad Autónoma de México. 342 págs.

Schoeder, Toger. 1992. *Administración de operaciones*. 3ra ed. México. McGraw-Hill. 855 págs.

Vignote, Santiago.; F. Jiménez. 1996. *Tecnología de la madera*. Madrid. V.A. Impresores, S.A. 601 págs.

## IX. ANEXOS

## A. Anexo I

## 1. Planillas para registro de datos.

**Planilla 1. Inventario de trozas.**

No. Hoja:	Fecha:	Encargado
-----------	--------	-----------

DATOS DE TROZA (pulg./ pies)

No.	D1	D2	d1	d2	L	Observación

D: diámetro mayor

d: diámetro menor

L: largo

**Planilla 2. Inventario productos de aserrío**

No. Hoja:	Fecha:	Encargado
-----------	--------	-----------

DATOS DE LARGOS Y CORTOS (pulg./ pies)

No.	A	G	L	C	Observación

A: ancho

G: grosor

L: largo

C: calidad

No. Hoja:	Fecha:	Encargado
-----------	--------	-----------

**Planilla 3. Tiempo de flujo de producción**

No. Hoja:	Fecha:	Encargado
-----------	--------	-----------

Troza No.	Largos			Cortos			Tiempo	Observación
	A	G	L	A	G	L	Minutos	

A: ancho

G: grosor

L: largo

C: calidad

No. Hoja:	Fecha:	Encargado
-----------	--------	-----------

**Planilla 4. Datos de paros en el área de producción**

No. Hoja:	Fecha:	Encargado
-----------	--------	-----------

Hora

Inicio	Motivo de paro	Final	Duración	Tipo

Tipo: Tiempo justificado, no justificado y programado.

**B. Anexo II**

- 1. Datos y volúmenes diarios de troza registrados.**
- 2. Resultado de volumen de aserrío de muestras y cálculos de rendimiento.**
- 3. Control de paros durante el período del 11 - 27 septiembre del 2002.**
- 4. Consumo aproximado de energía (KWh) teórico del área de producción en base al caballaje (HP) de los motores de las máquinas.**
- 5. Tiempo de proceso de aserrío de trozas muestreadas**

Cuadro A. Datos y volúmenes diarios de troza registrados.

9/11/02

Datos	Diámetros (cm)							Largo (mt)	Volumen Smalian (mt <sup>3</sup> )
	Mayor			Menor			Prom.		
	A	B	Prom.	a	b	Prom.			
No							Prom.		
1	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	3.66	0.669
2	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	3.66	0.601
3	48.26	55.88	52.07	43.18	53.34	49.53	50.80	3.66	0.742
4	60.96	68.58	64.77	48.26	53.34	58.42	61.60	3.66	1.090
5	43.18	45.72	44.45	43.18	45.72	44.45	44.45	3.66	0.568
6	50.80	53.34	52.07	45.72	53.34	49.53	50.80	3.66	0.742
7	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	3.66	0.536
8	53.34	55.88	54.61	53.34	55.88	54.61	54.61	3.66	0.857
9	45.72	43.18	44.45	45.72	43.18	44.45	44.45	3.66	0.568
10	55.88	63.50	59.69	27.94	27.94	45.72	52.71	3.66	0.798
11	38.10	38.10	38.10	33.02	33.02	35.56	36.83	3.66	0.390
12	40.64	43.18	41.91	30.48	30.48	36.83	39.37	3.66	0.445
13	45.72	45.72	45.72	20.32	25.40	33.02	39.37	3.66	0.445
14	38.10	43.18	40.64	30.48	35.56	36.83	38.74	3.66	0.431
15	55.88	53.34	54.61	48.26	50.80	50.80	52.71	3.66	0.798
16	53.34	50.80	52.07	35.56	35.56	43.18	47.63	3.66	0.652
17	45.72	40.64	43.18	45.72	40.64	43.18	43.18	3.66	0.536
18	35.56	40.64	38.10	35.56	35.56	38.10	38.10	3.66	0.417
19	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	3.66	0.742
20	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	3.66	0.601
21	50.80	50.80	50.80	50.80	48.26	50.80	50.80	3.66	0.742
22	33.02	35.56	34.29	30.48	30.48	33.02	33.66	3.66	0.325
23	53.34	55.88	54.61	50.80	50.80	53.34	53.98	3.66	0.837
24	45.72	48.26	46.99	40.64	40.64	44.45	45.72	3.66	0.601
25	53.34	50.80	52.07	38.10	38.10	44.45	48.26	3.66	0.669
26	58.42	48.26	53.34	55.88	48.26	52.07	52.71	3.66	0.798
27	53.34	50.80	52.07	38.10	43.18	44.45	48.26	3.66	0.669
28	38.10	38.10	38.10	40.64	43.18	39.37	38.74	3.66	0.431
29	38.10	43.18	40.64	38.10	43.18	40.64	40.64	3.66	0.475
30	33.02	60.96	46.99	53.34	58.42	57.15	52.07	3.66	0.779
31	45.72	48.26	46.99	43.18	45.72	45.72	46.36	3.66	0.617
32	43.18	38.10	40.64	43.18	38.10	40.64	40.64	3.66	0.475
33	58.42	66.04	62.23	60.96	60.96	63.50	62.87	3.66	1.136
34	40.64	43.18	41.91	40.64	40.64	41.91	41.91	3.66	0.505
35	45.72	48.26	46.99	45.72	48.26	46.99	46.99	3.66	0.634
36	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	3.66	0.363
37	53.34	53.34	53.34	50.80	50.80	52.07	52.71	3.66	0.798
38	22.86	25.40	24.13	20.32	25.40	22.86	23.50	3.66	0.159
39	53.34	48.26	50.80	50.80	48.26	49.53	50.17	3.66	0.723
40	35.56	38.10	36.83	35.56	35.56	36.83	36.83	3.66	0.390
41	50.80	53.34	52.07	50.80	48.26	52.07	52.07	3.66	0.779
42	43.18	40.64	41.91	38.10	40.64	39.37	40.64	3.66	0.475
43	45.72	48.26	46.99	45.72	48.26	46.99	46.99	3.66	0.634
44	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	3.66	0.536
45	50.80	55.88	53.34	48.26	50.80	52.07	52.71	3.66	0.798
46	53.34	55.88	54.61	40.64	40.64	48.26	51.44	3.66	0.760
47	48.26	48.26	48.26	33.02	30.48	40.64	44.45	3.66	0.568
48	38.10	45.72	41.91	38.10	40.64	41.91	41.91	3.66	0.505
49	53.34	48.26	50.80	53.34	40.64	50.80	50.80	3.66	0.742
50	50.80	53.34	52.07	50.80	53.34	52.07	52.07	3.66	0.779
51	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	3.66	0.185
52	48.26	45.72	46.99	48.26	45.72	46.99	46.99	3.66	0.634
53	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	3.66	0.669
54	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	3.66	0.742
55	43.18	45.72	44.45	43.18	40.64	44.45	44.45	3.66	0.568
56	58.42	53.34	55.88	50.80	50.80	52.07	53.98	3.66	0.837
57	45.72	45.72	45.72	38.10	40.64	41.91	43.82	3.66	0.552
58	53.34	55.88	54.61	48.26	55.88	52.07	53.34	3.66	0.818
59	43.18	43.18	43.18	40.64	43.18	41.91	42.55	3.66	0.520
60	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	3.66	0.417
						45.92	3.66		37.269

9/12/02

Datos	Diámetros (cm)							Largo	Volumen Smalian
	Mayor			Menor			Prom.		
No	A	B	Prom.	a	b	Prom.	Prom.	(mt)	(mt <sup>3</sup> )
1	63.50	63.50	63.50	63.50	63.50	63.50	63.50	2.74	0.869
2	48.26	55.88	52.07	43.18	43.18	49.53	50.80	2.74	0.556
3	43.18	60.96	52.07	35.56	35.56	48.26	50.17	2.74	0.542
4	45.72	55.88	50.80	50.80	50.80	53.34	52.07	2.74	0.584
5	53.34	53.34	53.34	45.72	43.18	49.53	51.44	2.74	0.570
6	53.34	60.96	57.15	35.56	35.56	48.26	52.71	2.74	0.599
7	35.56	38.10	36.83	33.02	33.02	35.56	36.20	2.74	0.282
8	53.34	60.96	57.15	38.10	40.64	49.53	53.34	2.74	0.613
9	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	2.74	0.502
10	55.88	58.42	57.15	55.88	58.42	57.15	57.15	2.74	0.704
11	45.72	48.26	46.99	45.72	48.26	46.99	46.99	2.74	0.476
12	53.34	55.88	54.61	55.88	53.34	55.88	55.25	2.74	0.658
13	63.50	55.88	59.69	53.34	55.88	54.61	57.15	2.74	0.704
14	60.96	58.42	59.69	55.88	58.42	57.15	58.42	2.74	0.735
15	50.80	50.80	50.80	48.26	50.80	49.53	50.17	2.74	0.542
16	38.10	40.64	39.37	43.18	45.72	41.91	40.64	2.74	0.356
17	55.88	58.42	57.15	50.80	48.26	54.61	55.88	2.74	0.673
18	40.64	43.18	41.91	40.64	40.64	41.91	41.91	2.74	0.379
19	45.72	48.26	46.99	43.18	45.72	45.72	46.36	2.74	0.463
20	48.26	40.64	44.45	38.10	48.26	39.37	41.91	2.74	0.379
21	40.64	48.26	44.45	48.26	50.80	48.26	46.36	2.74	0.463
22	66.04	66.04	66.04	40.64	40.64	53.34	59.69	2.74	0.768
23	50.80	50.80	50.80	35.56	48.26	43.18	46.99	2.74	0.476
24	35.56	35.56	35.56	43.18	48.26	39.37	37.47	2.74	0.302
25	38.10	43.18	40.64	33.02	33.02	38.10	39.37	2.74	0.334
26	40.64	38.10	39.37	38.10	38.10	38.10	38.74	2.74	0.323
27	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	2.74	0.356
28	48.26	50.80	49.53	38.10	38.10	44.45	46.99	2.74	0.476
29	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	2.74	0.402
30	55.88	58.42	57.15	53.34	53.34	55.88	56.52	2.74	0.688
31	55.88	55.88	55.88	50.80	50.80	53.34	54.61	2.74	0.643
32	58.42	71.12	64.77	50.80	55.88	60.96	62.87	2.74	0.852
33	53.34	53.34	53.34	48.26	45.72	50.80	52.07	2.74	0.584
34	50.80	48.26	49.53	50.80	45.72	49.53	49.53	2.74	0.529
35	53.34	48.26	50.80	40.64	45.72	44.45	47.63	2.74	0.489
36	45.72	43.18	44.45	43.18	43.18	43.18	43.82	2.74	0.414
37	43.18	40.64	41.91	40.64	38.10	40.64	41.28	2.74	0.367
38	40.64	43.18	41.91	40.64	40.64	41.91	41.91	2.74	0.379
39	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	2.74	0.313
40	45.72	40.64	43.18	45.72	40.64	43.18	43.18	2.74	0.402
41	38.10	40.64	39.37	38.10	38.10	39.37	39.37	2.74	0.334
42	45.72	43.18	44.45	30.48	35.56	36.83	40.64	2.74	0.356
43	50.80	45.72	48.26	40.64	50.80	43.18	45.72	2.74	0.450
44	48.26	50.80	49.53	48.26	50.80	49.53	49.53	2.74	0.529
45	48.26	53.34	50.80	48.26	43.18	50.80	50.80	2.74	0.556
46	50.80	53.34	52.07	43.18	45.72	48.26	50.17	2.74	0.542
47	48.26	55.88	52.07	40.64	43.18	48.26	50.17	2.74	0.542
48	66.04	76.20	71.12	58.42	71.12	67.31	69.22	2.74	1.032
49	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	2.74	0.200
50	43.18	50.80	46.99	40.64	43.18	45.72	46.36	2.74	0.463
51	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	2.74	0.356
52	48.26	48.26	48.26	48.26	45.72	48.26	48.26	2.74	0.502
53	58.42	60.96	59.69	53.34	55.88	57.15	58.42	2.74	0.735
54	53.34	58.42	55.88	48.26	50.80	53.34	54.61	2.74	0.643
55	43.18	45.72	44.45	43.18	43.18	44.45	44.45	2.74	0.426
56	45.72	48.26	46.99	45.72	35.56	46.99	46.99	2.74	0.476
57	38.10	40.64	39.37	38.10	40.64	39.37	39.37	2.74	0.334
58	40.64	45.72	43.18	40.64	40.64	43.18	43.18	2.74	0.402
59	45.72	45.72	45.72	43.18	45.72	44.45	45.09	2.74	0.438
60	40.64	45.72	43.18	40.64	45.72	43.18	43.18	2.74	0.402
61	50.80	48.26	49.53	43.18	48.26	45.72	47.63	2.74	0.489
62	50.80	55.88	53.34	48.26	53.34	52.07	52.71	2.74	0.599
63	55.88	55.88	55.88	50.80	53.34	53.34	54.61	2.74	0.643
64	43.18	40.64	41.91	43.18	40.64	41.91	41.91	2.74	0.379
65	35.56	35.56	35.56	20.32	20.32	27.94	31.75	2.74	0.217
66	40.64	40.64	40.64	38.10	40.64	39.37	40.01	2.74	0.345
67	43.18	45.72	44.45	35.56	45.72	40.64	42.55	2.74	0.390
68	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	2.74	0.402
69	68.58	53.34	60.96	30.48	30.48	41.91	51.44	2.74	0.570
70	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	2.74	0.139
71	40.64	40.64	40.64	38.10	40.64	39.37	40.01	2.74	0.345

47.17 2.74 34.981

9/13/02

Datos	Diámetros (cm)							Largo (m)	Volumen Smalian (m <sup>3</sup> )	
	Mayor			Menor			Prom.			
	No	A	B	Prom.	a	b				Prom.
1	53.34	53.34	53.34	53.34	53.34	53.34	53.34	2.74	0.613	
2	53.34	63.50	58.42	43.18	50.80	53.34	55.88	2.74	0.673	
3	45.72	40.64	43.18	45.72	45.72	43.18	43.18	2.74	0.402	
4	43.18	50.80	46.99	48.26	48.26	49.53	48.26	2.74	0.502	
5	43.18	53.34	48.26	40.64	43.18	46.99	47.63	2.74	0.489	
6	35.56	43.18	39.37	35.56	35.56	39.37	39.37	2.74	0.334	
7	48.26	50.80	49.53	50.80	43.18	50.80	50.17	2.74	0.542	
8	55.88	55.88	55.88	53.34	53.34	54.61	55.25	2.74	0.658	
9	43.18	48.26	45.72	40.64	40.64	44.45	45.09	2.74	0.438	
10	53.34	55.88	54.61	50.80	50.80	53.34	53.98	2.74	0.628	
11	43.18	53.34	48.26	35.56	35.56	44.45	46.36	2.74	0.463	
12	38.10	35.56	36.83	33.02	33.02	34.29	35.56	2.74	0.273	
13	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	2.74	0.556	
14	50.80	55.88	53.34	50.80	50.80	53.34	53.34	2.74	0.613	
15	43.18	53.34	48.26	35.56	35.56	44.45	46.36	2.74	0.463	
16	35.56	38.10	36.83	35.56	35.56	36.83	36.83	2.74	0.292	
17	50.80	50.80	50.80	35.56	40.64	43.18	46.99	2.74	0.476	
18	15.24	33.02	24.13	12.70	33.02	22.86	23.50	2.74	0.119	
19	40.64	43.18	41.91	40.64	43.18	41.91	41.91	2.74	0.379	
20	45.72	55.88	50.80	48.26	48.26	52.07	51.44	2.74	0.570	
21	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	2.74	0.556	
22	48.26	50.80	49.53	48.26	50.80	49.53	49.53	2.74	0.529	
23	40.64	38.10	39.37	40.64	38.10	39.37	39.37	2.44	0.297	
24	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	2.44	0.278	
25	48.26	58.42	53.34	48.26	58.42	53.34	53.34	2.44	0.545	
26	30.48	30.48	30.48	25.40	30.48	27.94	29.21	2.44	0.163	
27	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	2.44	0.178	
28	33.02	38.10	35.56	33.02	38.10	35.56	35.56	2.44	0.242	
29	20.32	20.32	20.32	20.32	20.32	20.32	20.32	2.44	0.079	
30	35.56	35.56	35.56	33.02	35.56	34.29	34.93	2.44	0.234	
31	30.48	33.02	31.75	30.48	30.48	31.75	31.75	2.44	0.193	
32	38.10	53.34	45.72	38.10	53.34	45.72	45.72	2.44	0.400	
33	55.88	53.34	54.61	55.88	50.80	54.61	54.61	2.44	0.571	
34	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	2.44	0.316	
35	48.26	53.34	50.80	48.26	53.34	50.80	50.80	2.44	0.494	
36	48.26	45.72	46.99	45.72	45.72	45.72	46.36	2.44	0.412	
37	55.88	53.34	54.61	45.72	50.80	49.53	52.07	3.35	0.714	
38	45.72	48.26	46.99	48.26	53.34	48.26	47.63	3.35	0.597	
39	63.50	55.88	59.69	55.88	55.88	55.88	57.79	3.35	0.880	
40	38.10	35.56	36.83	38.10	35.56	36.83	36.83	3.35	0.357	
41	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	3.35	0.333	
42	55.88	48.26	52.07	43.18	43.18	45.72	48.90	3.35	0.630	
43	58.42	58.42	58.42	45.72	45.72	52.07	55.25	3.35	0.804	
44	38.10	40.64	39.37	30.48	30.48	35.56	37.47	3.35	0.370	
45	43.18	45.72	44.45	43.18	43.18	44.45	44.45	3.35	0.520	
46	48.26	48.26	48.26	38.10	38.10	43.18	45.72	3.35	0.551	
47	35.56	35.56	35.56	33.02	33.02	34.29	34.93	3.35	0.321	
48	48.26	45.72	46.99	43.18	45.72	44.45	45.72	3.35	0.551	
								44.15	2.81	21.598

9/16/02

Datos No	Diámetros (cm)						Prom.	Largo (mt)	Volumen Smalian (mt <sup>3</sup> )
	Mayor			Menor					
	A	B	Prom.	a	b	Prom.			
1	33.02	33.02	33.02	27.94	30.48	30.48	31.75	3.35	0.266
2	33.02	33.02	33.02	27.94	30.48	30.48	31.75	3.35	0.266
3	71.12	76.20	73.66	55.88	50.80	66.04	69.85	3.66	1.402
4	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	3.66	0.669
5	50.80	55.88	53.34	43.18	48.26	49.53	51.44	3.66	0.760
6	48.26	40.64	44.45	48.26	40.64	44.45	44.45	3.66	0.568
7	66.04	50.80	58.42	48.26	50.80	49.53	53.98	3.66	0.837
8	50.80	53.34	52.07	43.18	45.72	48.26	50.17	3.66	0.723
9	45.72	43.18	44.45	45.72	43.18	44.45	44.45	3.66	0.568
10	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	3.66	0.475
11	40.64	43.18	41.91	40.64	40.64	41.91	41.91	3.66	0.505
12	35.56	40.64	38.10	38.10	38.10	39.37	38.74	3.66	0.431
13	35.56	30.48	33.02	30.48	30.48	30.48	31.75	3.66	0.290
14	27.94	27.94	27.94	27.94	27.94	27.94	27.94	3.66	0.224
15	27.94	27.94	27.94	27.94	27.94	27.94	27.94	3.66	0.224
16	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	3.66	0.475
17	40.64	40.64	40.64	35.56	35.56	38.10	39.37	3.66	0.445
18	43.18	38.10	40.64	35.56	35.56	36.83	38.74	3.66	0.431
19	55.88	58.42	57.15	48.26	55.88	53.34	55.25	3.66	0.877
20	60.96	63.50	62.23	55.88	55.88	59.69	60.96	3.66	1.068
21	73.66	83.82	78.74	43.18	86.36	63.50	71.12	3.66	1.453
22	48.26	45.72	46.99	43.18	45.72	44.45	45.72	3.66	0.601
23	30.48	43.18	36.83	30.48	40.64	36.83	36.83	3.66	0.390
24	45.72	40.64	43.18	45.72	38.10	43.18	43.18	3.66	0.536
25	35.56	40.64	38.10	35.56	40.64	38.10	38.10	3.66	0.417
26	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	3.66	0.475
27	53.34	53.34	53.34	50.80	53.34	52.07	52.71	3.66	0.798
28	48.26	58.42	53.34	45.72	55.88	52.07	52.71	3.66	0.798
29	66.04	63.50	64.77	60.96	63.50	62.23	63.50	3.66	1.159
30	38.10	43.18	40.64	38.10	43.18	40.64	40.64	3.66	0.475
31	40.64	48.26	44.45	40.64	48.26	44.45	44.45	3.66	0.568
32	40.64	40.64	40.64	38.10	40.64	39.37	40.01	3.66	0.460
33	43.18	40.64	41.91	43.18	40.64	41.91	41.91	3.66	0.505
34	53.34	60.96	57.15	48.26	58.42	54.61	55.88	3.66	0.897
35	55.88	55.88	55.88	53.34	55.88	54.61	55.25	3.66	0.877
36	58.42	53.34	55.88	25.40	43.18	39.37	47.63	3.66	0.652
37	48.26	48.26	48.26	45.72	38.10	46.99	47.63	3.66	0.652
38	50.80	50.80	50.80	45.72	38.10	48.26	49.53	3.66	0.705
39	45.72	55.88	50.80	38.10	38.10	46.99	48.90	3.66	0.687
40	48.26	66.04	57.15	53.34	48.26	59.69	58.42	3.66	0.981
41	33.02	35.56	34.29	15.24	35.56	25.40	29.85	3.05	0.213
42	63.50	60.96	62.23	60.96	55.88	60.96	61.60	3.05	0.908
43	40.64	38.10	39.37	38.10	38.10	38.10	38.74	3.05	0.359
44	53.34	53.34	53.34	50.80	53.34	52.07	52.71	3.05	0.665
45	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	25.40	3.05	0.154
46	53.34	50.80	52.07	43.18	50.80	46.99	49.53	3.05	0.587
47	48.26	55.88	52.07	55.88	48.26	55.88	53.98	3.05	0.698
48	63.50	63.50	63.50	40.64	40.64	52.07	57.79	3.05	0.800
49	48.26	48.26	48.26	43.18	45.72	45.72	46.99	3.05	0.529
50	48.26	48.26	48.26	33.02	35.56	40.64	44.45	3.05	0.473
51	38.10	40.64	39.37	40.64	25.40	40.64	40.01	3.05	0.383
52	33.02	43.18	38.10	43.18	27.94	43.18	40.64	3.05	0.395
53	40.64	50.80	45.72	40.64	50.80	45.72	45.72	3.05	0.501
54	43.18	50.80	46.99	43.18	50.80	46.99	46.99	3.05	0.529

45.91 3.49 32.781

9/17/02

Datos	Diámetros (cm)							Largo (mt)	Volumen Smalian (mt <sup>3</sup> )
	Mayor			Menor			Prom.		
	No	A	B	Prom.	a	b			
1	38.10	40.64	39.37	38.10	40.64	39.37	39.37	3.05	0.371
2	45.72	40.64	43.18	43.18	40.64	41.91	42.55	3.05	0.433
3	33.02	35.56	34.29	33.02	30.48	34.29	34.29	3.05	0.282
4	35.56	35.56	35.56	33.02	35.56	34.29	34.93	3.05	0.292
5	50.80	53.34	52.07	30.48	48.26	41.91	46.99	3.05	0.529
6	58.42	58.42	58.42	50.80	55.88	54.61	56.52	3.05	0.765
7	68.58	58.42	63.50	50.80	50.80	54.61	59.06	3.05	0.835
8	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	3.05	0.222
9	48.26	50.80	49.53	45.72	48.26	48.26	48.90	3.05	0.572
10	40.64	43.18	41.91	43.18	38.10	43.18	42.55	3.05	0.433
11	58.42	58.42	58.42	55.88	55.88	57.15	57.79	3.66	0.800
12	38.10	43.18	40.64	38.10	38.10	40.64	40.64	3.66	0.395
13	53.34	58.42	55.88	50.80	55.88	54.61	55.25	3.66	0.731
14	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	3.66	0.348
15	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	3.66	0.395
16	55.88	50.80	53.34	48.26	50.80	49.53	51.44	3.05	0.633
17	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	3.05	0.395
18	43.18	45.72	44.45	43.18	45.72	44.45	44.45	3.05	0.473
19	43.18	45.72	44.45	35.56	50.80	40.64	42.55	3.05	0.433
20	48.26	48.26	48.26	43.18	45.72	45.72	46.99	3.05	0.529
21	43.18	43.18	43.18	40.64	40.64	41.91	42.55	3.05	0.433
22	40.64	43.18	41.91	38.10	38.10	40.64	41.28	3.05	0.408
23	43.18	43.18	43.18	22.86	22.86	33.02	38.10	3.05	0.348
24	38.10	43.18	40.64	43.18	38.10	43.18	41.91	3.05	0.421
25	33.02	38.10	35.56	33.02	38.10	35.56	35.56	3.05	0.303
26	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	3.05	0.446
27	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	3.05	0.558
28	48.26	48.26	48.26	43.18	40.64	45.72	46.99	3.05	0.529
29	40.64	48.26	44.45	38.10	48.26	43.18	43.82	3.05	0.460
30	58.42	58.42	58.42	40.64	45.72	49.53	53.98	3.05	0.698
31	55.88	48.26	52.07	53.34	50.80	50.80	51.44	3.05	0.633
32	38.10	38.10	38.10	35.56	35.56	36.83	37.47	3.05	0.336
33	38.10	38.10	38.10	35.56	38.10	36.83	37.47	3.05	0.336
34	48.26	50.80	49.53	40.64	53.34	45.72	47.63	3.05	0.543
35	43.18	45.72	44.45	40.64	40.64	43.18	43.82	3.05	0.460
36	38.10	38.10	38.10	35.56	38.10	36.83	37.47	3.05	0.336
37	60.96	60.96	60.96	53.34	50.80	57.15	59.06	3.05	0.835
38	73.66	71.12	72.39	66.04	68.58	68.58	70.49	3.66	1.428
39	53.34	50.80	52.07	45.72	55.88	48.26	50.17	3.66	0.723
40	58.42	63.50	60.96	50.80	55.88	57.15	59.06	3.66	1.002
41	50.80	48.26	49.53	43.18	43.18	45.72	47.63	3.66	0.652
42	48.26	48.26	48.26	40.64	43.18	44.45	46.36	3.66	0.617
43	60.96	60.96	60.96	53.34	63.50	57.15	59.06	3.66	1.002
44	45.72	48.26	46.99	38.10	38.10	43.18	45.09	3.66	0.584
45	53.34	58.42	55.88	38.10	45.72	48.26	52.07	3.66	0.779
46	43.18	45.72	44.45	40.64	45.72	43.18	43.82	3.66	0.552
47	45.72	48.26	46.99	40.64	43.18	44.45	45.72	3.66	0.601
48	50.80	43.18	46.99	50.80	38.10	46.99	46.99	3.66	0.634
49	60.96	63.50	62.23	58.42	58.42	60.96	61.60	3.66	1.090
50	50.80	50.80	50.80	43.18	45.72	46.99	48.90	3.66	0.687
						46.42	3.27	28.301	

18/09/0 no se trabajo (Ver cuadro 7).

9/19/02

Datos	Diámetros (cm)						Largo (mt)	Volumen Smalian (mt <sup>3</sup> )	
	Mayor			Menor					
No	A	B	Prom.	a	b	Prom.	Prom.		
1	58.42	55.88	57.15	50.80	50.80	53.34	55.25	3.66	0.877
2	58.42	60.96	59.69	50.80	50.80	55.88	57.79	3.66	0.959
3	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	38.10	50.80	3.66	0.742
4	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	3.66	0.536
5	55.88	66.04	60.96	58.42	55.88	62.23	61.60	3.66	1.090
6	25.40	20.32	22.86	20.32	25.40	20.32	21.59	3.66	0.134
7	53.34	50.80	52.07	27.94	35.56	39.37	45.72	3.66	0.601
8	58.42	45.72	52.07	58.42	45.72	52.07	52.07	3.66	0.779
9	48.26	66.04	57.15	48.26	60.96	57.15	57.15	3.66	0.938
10	45.72	50.80	48.26	38.10	38.10	44.45	46.36	3.66	0.617
11	53.34	53.34	53.34	40.64	43.18	46.99	50.17	3.66	0.723
12	53.34	53.34	53.34	55.88	50.80	54.61	53.98	3.66	0.837
13	43.18	48.26	45.72	43.18	48.26	45.72	45.72	3.66	0.601
14	45.72	50.80	48.26	45.72	50.80	48.26	48.26	3.66	0.669
15	53.34	53.34	53.34	33.02	58.42	43.18	48.26	3.66	0.669
16	60.96	60.96	60.96	48.26	58.42	54.61	57.79	3.66	0.959
17	60.96	55.88	58.42	50.80	55.88	53.34	55.88	3.66	0.897
18	48.26	53.34	50.80	48.26	53.34	50.80	50.80	3.66	0.742
19	40.64	43.18	41.91	38.10	43.18	40.64	41.28	3.66	0.490
20	53.34	55.88	54.61	50.80	55.88	53.34	53.98	3.66	0.837
21	58.42	60.96	59.69	58.42	60.96	59.69	59.69	3.66	1.024

15.721

9/20/02

Datos	Diámetros (cm)						Largo (mt)	Volumen Smalian (mt <sup>3</sup> )	
	Mayor			Menor					
No	A	B	Prom.	a	b	Prom.	Prom.		
1	43.18	35.56	39.37	43.18	35.56	39.37	39.37	4.27	0.520
2	60.96	63.50	62.23	50.80	63.50	57.15	59.69	4.27	1.194
3	35.56	35.56	35.56	33.02	35.56	34.29	34.93	4.27	0.409
4	60.96	73.66	67.31	48.26	48.26	60.96	64.14	4.27	1.379
5	43.18	38.10	40.64	38.10	38.10	38.10	39.37	4.27	0.520
6	60.96	63.50	62.23	50.80	63.50	57.15	59.69	4.27	1.194
7	45.72	45.72	45.72	38.10	38.10	41.91	43.82	4.27	0.644
8	35.56	43.18	39.37	43.18	35.56	43.18	41.28	4.27	0.571
9	50.80	63.50	57.15	58.42	38.10	60.96	59.06	4.27	1.169
10	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	4.27	0.625
11	45.72	45.72	45.72	43.18	35.56	44.45	45.09	4.27	0.681
12	43.18	45.72	44.45	48.26	30.48	46.99	45.72	4.27	0.701
13	43.18	43.18	43.18	45.72	40.64	44.45	43.82	3.66	0.552
14	60.96	68.58	64.77	60.96	66.04	64.77	64.77	3.66	1.205
15	63.50	50.80	57.15	48.26	50.80	49.53	53.34	3.66	0.818
16	58.42	55.88	57.15	40.64	40.64	48.26	52.71	3.66	0.798
17	58.42	68.58	63.50	58.42	60.96	63.50	63.50	3.66	1.159
18	50.80	55.88	53.34	50.80	40.64	53.34	53.34	3.66	0.818
19	68.58	68.58	68.58	53.34	63.50	60.96	64.77	3.66	1.205
20	55.88	53.34	54.61	53.34	45.72	53.34	53.98	5.49	1.256
21	58.42	38.10	48.26	40.64	40.64	39.37	43.82	4.27	0.644
22	60.96	53.34	57.15	55.88	45.72	54.61	55.88	4.27	1.047
23	63.50	58.42	60.96	63.50	48.26	60.96	60.96	3.66	1.068
24	53.34	53.34	53.34	53.34	53.34	53.34	53.34	3.66	0.818
25	71.12	68.58	69.85	66.04	68.58	67.31	68.58	3.66	1.351
26	48.26	38.10	43.18	38.10	33.02	38.10	40.64	3.66	0.475
27	33.02	40.64	36.83	33.02	33.02	36.83	36.83	3.66	0.390
28	43.18	45.72	44.45	43.18	43.18	44.45	44.45	3.66	0.568
29	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	3.66	0.601
30	55.88	53.34	54.61	50.80	53.34	52.07	53.34	3.66	0.818
31	33.02	33.02	33.02	33.02	33.02	33.02	33.02	3.66	0.313
32	58.42	58.42	58.42	55.88	60.96	57.15	57.79	3.66	0.959
33	50.80	50.80	50.80	45.72	48.26	48.26	49.53	3.66	0.705
34	55.88	53.34	54.61	45.72	45.72	49.53	52.07	3.66	0.779
35	55.88	58.42	57.15	58.42	50.80	58.42	57.79	3.66	0.959
36	58.42	55.88	57.15	55.88	55.88	55.88	56.52	3.66	0.918
37	48.26	50.80	49.53	48.26	48.26	49.53	49.53	3.66	0.705
38	55.88	66.04	60.96	63.50	55.88	64.77	62.87	3.66	1.136
39	63.50	66.04	64.77	60.96	66.04	63.50	64.14	3.66	1.182
40	58.42	60.96	59.69	50.80	53.34	55.88	57.79	3.66	0.959
41	55.88	58.42	57.15	55.88	58.42	57.15	57.15	3.66	0.938
42	53.34	53.34	53.34	43.18	48.26	48.26	50.80	3.66	0.742
43	68.58	68.58	68.58	53.34	53.34	60.96	64.77	3.66	1.205
44	48.26	48.26	48.26	48.26	45.72	48.26	48.26	3.66	0.669
45	48.26	48.26	48.26	43.18	48.26	45.72	46.99	3.66	0.634
46	40.64	48.26	44.45	40.64	48.26	44.45	44.45	3.66	0.568
47	53.34	48.26	50.80	53.34	48.26	50.80	50.80	3.66	0.742
48	40.64	40.64	40.64	38.10	40.64	39.37	40.01	3.66	0.460
49	45.72	45.72	45.72	43.18	45.72	44.45	45.09	3.66	0.584

51.40 3.87 40.352

9/23/03

Datos	Diámetros (cm)							Largo (mt)	Volumen Smalian (mt <sup>3</sup> )
	Mayor			Menor			Prom.		
	No	A	B	Prom.	a	b			
1	45.72	45.72	45.72	43.18	45.72	44.45	45.09	2.74	0.438
2	50.80	50.80	50.80	48.26	50.80	49.53	50.17	2.74	0.542
3	45.72	60.96	53.34	40.64	48.26	50.80	52.07	2.74	0.584
4	45.72	48.26	46.99	48.26	40.64	48.26	47.63	2.74	0.489
5	43.18	48.26	45.72	45.72	43.18	46.99	46.36	2.74	0.463
6	40.64	43.18	41.91	40.64	43.18	41.91	41.91	2.74	0.379
7	58.42	63.50	60.96	55.88	53.34	59.69	60.33	2.74	0.784
8	60.96	58.42	59.69	43.18	53.34	50.80	55.25	2.74	0.658
9	50.80	45.72	48.26	27.94	48.26	36.83	42.55	2.74	0.390
10	40.64	40.64	40.64	35.56	35.56	38.10	39.37	2.74	0.334
11	48.26	48.26	48.26	40.64	40.64	44.45	46.36	2.74	0.463
12	55.88	45.72	50.80	45.72	45.72	45.72	48.26	2.74	0.502
13	58.42	55.88	57.15	35.56	53.34	45.72	51.44	2.74	0.570
14	55.88	55.88	55.88	55.88	55.88	55.88	55.88	2.74	0.673
15	58.42	60.96	59.69	53.34	50.80	57.15	58.42	2.74	0.735
16	48.26	53.34	50.80	50.80	50.80	52.07	51.44	2.74	0.570
17	43.18	43.18	43.18	40.64	40.64	41.91	42.55	2.74	0.390
18	40.64	40.64	40.64	40.64	27.94	40.64	40.64	2.74	0.356
19	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	2.74	0.200
20	48.26	53.34	50.80	38.10	40.64	45.72	48.26	2.74	0.502
21	55.88	48.26	52.07	45.72	45.72	46.99	49.53	2.74	0.529
22	58.42	58.42	58.42	53.34	50.80	55.88	57.15	2.74	0.704
23	60.96	58.42	59.69	58.42	53.34	58.42	59.06	2.74	0.752
24	43.18	40.64	41.91	43.18	38.10	41.91	41.91	2.74	0.379
25	40.64	40.64	40.64	45.72	40.64	43.18	41.91	2.74	0.379
26	43.18	43.18	43.18	40.64	43.18	41.91	42.55	2.74	0.390
27	38.10	38.10	38.10	35.56	38.10	36.83	37.47	2.74	0.302
28	53.34	53.34	53.34	50.80	53.34	52.07	52.71	2.74	0.599
29	48.26	50.80	49.53	45.72	50.80	48.26	48.90	2.74	0.515
30	45.72	50.80	48.26	45.72	48.26	48.26	48.26	2.74	0.502
31	35.56	33.02	34.29	33.02	33.02	33.02	33.66	2.74	0.244
32	38.10	38.10	38.10	35.56	40.64	36.83	37.47	2.74	0.302
33	45.72	48.26	46.99	35.56	35.56	41.91	44.45	2.74	0.426
34	60.96	66.04	63.50	53.34	55.88	59.69	61.60	2.74	0.818
35	35.56	40.64	38.10	35.56	40.64	38.10	38.10	2.74	0.313
36	38.10	43.18	40.64	33.02	33.02	38.10	39.37	2.74	0.334
37	48.26	60.96	54.61	40.64	45.72	50.80	52.71	2.74	0.599
38	55.88	55.88	55.88	55.88	48.26	55.88	55.88	2.74	0.673
39	58.42	63.50	60.96	40.64	40.64	52.07	56.52	2.74	0.688
40	53.34	58.42	55.88	53.34	53.34	55.88	55.88	2.74	0.673
41	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	2.74	0.313
42	40.64	38.10	39.37	40.64	38.10	39.37	39.37	3.05	0.371
43	71.12	60.96	66.04	60.96	71.12	60.96	63.50	3.05	0.966
44	43.18	40.64	41.91	38.10	35.56	39.37	40.64	3.05	0.395
45	58.42	63.50	60.96	60.96	60.96	62.23	61.60	2.74	0.818
46	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	2.74	0.313
47	40.64	35.56	38.10	35.56	35.56	35.56	36.83	3.05	0.325
48	35.56	35.56	35.56	33.02	35.56	34.29	34.93	3.05	0.292
49	33.02	35.56	34.29	30.48	35.56	33.02	33.66	3.05	0.271
50	35.56	40.64	38.10	35.56	35.56	38.10	38.10	3.05	0.348
51	30.48	35.56	33.02	30.48	30.48	33.02	33.02	3.05	0.261
52	38.10	38.10	38.10	35.56	38.10	36.83	37.47	2.74	0.302
53	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	2.74	0.402
54	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	2.74	0.313
55	50.80	38.10	44.45	50.80	38.10	44.45	44.45	2.74	0.426
56	50.80	48.26	49.53	50.80	48.26	49.53	49.53	2.74	0.529
57	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	2.74	0.273
58	35.56	40.64	38.10	35.56	40.64	38.10	38.10	2.74	0.313
59	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	2.74	0.450

45.75 2.79 27.822

9/24/03

Datos	Diámetros (cm)							Largo (mt)	Volumen Smalian (mt <sup>3</sup> )
	Mayor			Menor			Prom.		
	A	B	Prom.	a	b	Prom.			
No									
1	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	2.74	0.450
2	22.86	22.86	22.86	22.86	20.32	22.86	22.86	2.74	0.113
3	43.18	40.64	41.91	40.64	40.64	40.64	41.28	2.74	0.367
4	30.48	30.48	30.48	30.48	27.94	30.48	30.48	2.74	0.200
5	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	2.74	0.273
6	48.26	50.80	49.53	48.26	50.80	49.53	49.53	2.74	0.529
7	48.26	48.26	48.26	50.80	45.72	49.53	48.90	2.74	0.515
8	38.10	40.64	39.37	38.10	40.64	39.37	39.37	2.74	0.334
9	45.72	43.18	44.45	45.72	43.18	44.45	44.45	2.74	0.426
10	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	50.80	2.74	0.556
11	48.26	50.80	49.53	43.18	43.18	46.99	48.26	2.74	0.502
12	27.94	27.94	27.94	25.40	25.40	26.67	27.31	2.74	0.161
13	38.10	38.10	38.10	38.10	35.56	38.10	38.10	2.74	0.313
14	60.96	53.34	57.15	50.80	50.80	52.07	54.61	2.74	0.643
15	48.26	50.80	49.53	38.10	43.18	44.45	46.99	2.74	0.476
16	40.64	40.64	40.64	33.02	35.56	36.83	38.74	2.74	0.323
17	35.56	38.10	36.83	38.10	40.64	38.10	37.47	2.74	0.302
18	43.18	45.72	44.45	40.64	40.64	43.18	43.82	2.74	0.414
19	45.72	45.72	45.72	38.10	40.64	41.91	43.82	2.74	0.414
20	55.88	63.50	59.69	55.88	55.88	59.69	59.69	3.66	1.024
21	43.18	48.26	45.72	38.10	40.64	43.18	44.45	3.66	0.568
22	45.72	55.88	50.80	45.72	45.72	50.80	50.80	3.66	0.742
23	40.64	60.96	50.80	48.26	50.80	54.61	52.71	3.66	0.798
24	48.26	48.26	48.26	43.18	45.72	45.72	46.99	3.66	0.634
25	50.80	50.80	50.80	50.80	45.72	50.80	50.80	3.66	0.742
26	58.42	50.80	54.61	50.80	43.18	50.80	52.71	3.66	0.798
27	53.34	55.88	54.61	48.26	48.26	52.07	53.34	3.66	0.818
28	50.80	60.96	55.88	48.26	50.80	54.61	55.25	3.66	0.877
29	53.34	73.66	63.50	53.34	55.88	63.50	63.50	3.66	1.159
30	50.80	68.58	59.69	55.88	60.96	62.23	60.96	3.66	1.068
31	50.80	58.42	54.61	60.96	48.26	59.69	57.15	3.66	0.938
32	40.64	50.80	45.72	40.64	50.80	45.72	45.72	3.66	0.601
33	40.64	50.80	45.72	40.64	50.80	45.72	45.72	3.66	0.601
34	30.48	30.48	30.48	27.94	30.48	29.21	29.85	3.66	0.256
35	50.80	48.26	49.53	48.26	43.18	48.26	48.90	3.66	0.687
36	38.10	53.34	45.72	33.02	30.48	43.18	44.45	3.66	0.568
37	43.18	43.18	43.18	38.10	35.56	40.64	41.91	3.96	0.547
38	43.18	43.18	43.18	40.64	40.64	41.91	42.55	3.96	0.563
39	45.72	40.64	43.18	43.18	40.64	41.91	42.55	3.96	0.563
40	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	3.96	0.725
41	40.64	43.18	41.91	40.64	43.18	41.91	41.91	3.66	0.505
42	40.64	38.10	39.37	40.64	38.10	39.37	39.37	4.27	0.520
43	58.42	63.50	60.96	45.72	58.42	54.61	57.79	3.66	0.959
44	45.72	43.18	44.45	33.02	48.26	38.10	41.28	3.66	0.490
45	50.80	53.34	52.07	45.72	45.72	49.53	50.80	3.66	0.742
46	58.42	58.42	58.42	48.26	48.26	53.34	55.88	3.66	0.897
47	60.96	60.96	60.96	55.88	55.88	58.42	59.69	3.66	1.024
48	60.96	60.96	60.96	53.34	58.42	57.15	59.06	3.66	1.002
49	43.18	43.18	43.18	40.64	35.56	41.91	42.55	3.66	0.520
50	66.04	73.66	69.85	55.88	60.96	64.77	67.31	3.66	1.302
51	38.10	38.10	38.10	35.56	35.56	36.83	37.47	3.66	0.403
52	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	3.66	0.363
53	58.42	53.34	55.88	48.26	50.80	50.80	53.34	3.66	0.818
							46.57	3.37	32.130

9/25/03

Datos	Diámetros (cm)						Largo (mt)	Volumen Smalian (mt.)	
	Mayor			Menor					
	No	A	B	Prom.	a	b			Prom.
1	50.80	53.34	52.07	58.42	58.42	55.88	53.98	2.74	0.837
2	48.26	55.88	52.07	50.80	50.80	53.34	52.71	2.74	0.798
3	55.88	58.42	57.15	58.42	58.42	58.42	57.79	2.74	0.959
4	40.64	40.64	40.64	43.18	43.18	41.91	41.28	2.74	0.490
5	63.50	71.12	67.31	73.66	73.66	72.39	69.85	2.74	1.402
6	53.34	53.34	53.34	58.42	58.42	55.88	54.61	3.66	0.857
7	50.80	50.80	50.80	63.50	63.50	57.15	53.98	3.66	0.837
8	40.64	45.72	43.18	53.34	53.34	49.53	46.36	3.66	0.617
9	50.80	50.80	50.80	63.50	63.50	57.15	53.98	3.66	0.837
10	55.88	58.42	57.15	55.88	55.88	57.15	57.15	3.66	0.938
11	45.72	50.80	48.26	50.80	50.80	50.80	49.53	3.66	0.705
12	53.34	55.88	54.61	50.80	50.80	53.34	53.98	3.66	0.837
13	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	3.66	0.536
14	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	3.66	0.475
15	68.58	76.20	72.39	53.34	53.34	64.77	68.58	3.66	1.351
16	40.64	43.18	41.91	43.18	43.18	43.18	42.55	3.66	0.520
17	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	3.66	0.475
18	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	3.66	0.601
19	43.18	43.18	43.18	38.10	38.10	40.64	41.91	3.66	0.505
20	78.74	63.50	71.12	76.20	76.20	69.85	70.49	3.66	1.428
21	45.72	50.80	48.26	50.80	50.80	50.80	49.53	3.66	0.705
22	50.80	53.34	52.07	50.80	50.80	52.07	52.07	3.66	0.779
23	50.80	53.34	52.07	45.72	45.72	49.53	50.80	3.66	0.742
24	43.18	40.64	41.91	50.80	50.80	45.72	43.82	3.66	0.552
25	50.80	55.88	53.34	53.34	53.34	54.61	53.98	3.66	0.837
26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	3.66	0.669
27	48.26	53.34	50.80	71.12	71.12	62.23	56.52	3.66	0.918
28	50.80	55.88	53.34	55.88	55.88	55.88	54.61	3.66	0.857
29	43.18	43.18	43.18	58.42	58.42	50.80	46.99	3.66	0.634
30	45.72	45.72	45.72	40.64	40.64	43.18	44.45	3.66	0.568
31	33.02	43.18	38.10	53.34	53.34	48.26	43.18	3.66	0.536
32	40.64	40.64	40.64	43.18	43.18	41.91	41.28	3.66	0.490
33	40.64	58.42	49.53	55.88	55.88	57.15	53.34	3.66	0.818
34	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	3.66	0.536
35	35.56	50.80	43.18	50.80	50.80	50.80	46.99	3.66	0.634
36	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	45.72	3.66	0.601
37	43.18	30.48	36.83	30.48	30.48	30.48	33.66	3.66	0.325
38	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	3.66	0.536
39	43.18	43.18	43.18	40.64	40.64	41.91	42.55	3.66	0.520
40	45.72	53.34	49.53	53.34	53.34	53.34	51.44	3.66	0.760
41	63.50	63.50	63.50	58.42	58.42	60.96	62.23	3.66	1.113
42	66.04	63.50	64.77	71.12	71.12	67.31	66.04	3.66	1.253
43	43.18	45.72	44.45	45.72	45.72	45.72	45.09	3.66	0.584
44	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	48.26	3.05	0.558
45	50.80	55.88	53.34	45.72	50.80	50.80	52.07	3.66	0.779
46	53.34	60.96	57.15	48.26	45.72	54.61	55.88	3.66	0.897
						50.30	3.55	34.204	

9/26/03

Datos	Diámetros (cm)							Largo (mt)	Volumen Smalian (mt³)	
	Mayor			Menor			Prom.			
	No	A	B	Prom.	a	b				Prom.
1	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	3.66	0.536	
2	58.42	53.34	55.88	58.42	53.34	55.88	55.88	3.66	0.897	
3	58.42	60.96	59.69	66.04	66.04	63.50	61.60	3.66	1.090	
4	43.18	43.18	43.18	45.72	33.02	44.45	43.82	3.66	0.552	
5	40.64	40.64	40.64	43.18	40.64	41.91	41.28	3.66	0.490	
6	48.26	53.34	50.80	50.80	45.72	52.07	51.44	3.66	0.760	
7	45.72	45.72	45.72	48.26	50.80	46.99	46.36	3.66	0.617	
8	30.48	30.48	30.48	40.64	40.64	35.56	33.02	3.66	0.313	
9	48.26	53.34	50.80	48.26	53.34	50.80	50.80	3.66	0.742	
10	45.72	40.64	43.18	45.72	40.64	43.18	43.18	3.66	0.536	
11	33.02	40.64	36.83	33.02	40.64	36.83	36.83	3.66	0.390	
12	63.50	63.50	63.50	60.96	58.42	62.23	62.87	3.66	1.136	
13	66.04	66.04	66.04	55.88	63.50	60.96	63.50	3.66	1.159	
14	38.10	38.10	38.10	53.34	53.34	45.72	41.91	3.66	0.505	
15	30.48	33.02	31.75	33.02	35.56	33.02	32.39	3.66	0.301	
16	30.48	30.48	30.48	33.02	30.48	31.75	31.12	3.66	0.278	
17	60.96	73.66	67.31	55.88	55.88	64.77	66.04	3.66	1.253	
18	40.64	40.64	40.64	20.32	20.32	30.48	35.56	3.66	0.363	
19	53.34	50.80	52.07	53.34	50.80	52.07	52.07	3.66	0.779	
20	48.26	48.26	48.26	45.72	48.26	46.99	47.63	3.66	0.652	
21	53.34	55.88	54.61	55.88	55.88	55.88	55.25	3.66	0.877	
22	53.34	58.42	55.88	38.10	58.42	48.26	52.07	3.66	0.779	
23	73.66	68.58	71.12	45.72	45.72	57.15	64.14	3.66	1.182	
24	25.40	45.72	35.56	25.40	43.18	35.56	35.56	3.66	0.363	
25	55.88	58.42	57.15	58.42	55.88	58.42	57.79	2.44	0.640	
26	43.18	43.18	43.18	43.18	45.72	43.18	43.18	2.44	0.357	
27	33.02	38.10	35.56	33.02	38.10	35.56	35.56	2.44	0.242	
28	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	2.44	0.178	
29	40.64	40.64	40.64	38.10	38.10	39.37	40.01	2.44	0.307	
30	40.64	40.64	40.64	38.10	35.56	39.37	40.01	2.44	0.307	
31	33.02	33.02	33.02	35.56	30.48	34.29	33.66	2.44	0.217	
32	53.34	55.88	54.61	50.80	55.88	53.34	53.98	2.44	0.558	
33	30.48	30.48	30.48	27.94	27.94	29.21	29.85	2.44	0.171	
34	38.10	40.64	39.37	38.10	40.64	39.37	39.37	2.44	0.297	
35	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	43.18	2.44	0.357	
36	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	2.44	0.316	
37	38.10	38.10	38.10	35.56	38.10	36.83	37.47	2.44	0.269	
38	35.56	35.56	35.56	40.64	43.18	38.10	36.83	2.44	0.260	
39	40.64	30.48	35.56	40.64	40.64	35.56	35.56	2.44	0.242	
40	68.58	68.58	68.58	30.48	30.48	49.53	59.06	2.44	0.668	
41	40.64	40.64	40.64	30.48	30.48	35.56	38.10	2.44	0.278	
42	40.64	25.40	33.02	20.32	20.32	22.86	27.94	2.44	0.150	
43	55.88	55.88	55.88	58.42	55.88	57.15	56.52	2.44	0.612	
44	15.24	15.24	15.24	15.24	15.24	15.24	15.24	2.44	0.044	
45	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	2.44	0.242	
46	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	60.96	2.44	0.712	
47	43.18	43.18	43.18	40.64	40.64	41.91	42.55	2.44	0.347	
48	38.10	45.72	41.91	38.10	45.72	41.91	41.91	2.44	0.336	
49	33.02	33.02	33.02	33.02	33.02	33.02	33.02	2.44	0.209	
50	45.72	30.48	38.10	30.48	30.48	30.48	34.29	2.44	0.225	
51	55.88	55.88	55.88	55.88	55.88	55.88	55.88	2.44	0.598	
52	27.94	35.56	31.75	27.94	40.64	31.75	31.75	2.44	0.193	
53	33.02	33.02	33.02	35.56	30.48	34.29	33.66	2.44	0.217	
								43.61	2.99	26.098

9/27/03

Datos	Diámetros (cm)						Prom.	Largo (mt)	Volumen Smalian (mt <sup>3</sup> )
	Mayor			Menor					
	No	A	B	Prom.	a	b			
1	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	2.44	0.242
2	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	35.56	2.44	0.242
3	45.72	43.18	44.45	45.72	40.64	44.45	44.45	2.44	0.378
4	50.80	50.80	50.80	48.26	50.80	49.53	50.17	2.44	0.482
5	48.26	48.26	48.26	48.26	63.50	48.26	48.26	2.44	0.446
6	40.64	40.64	40.64	43.18	53.34	41.91	41.28	2.44	0.326
7	40.64	40.64	40.64	38.10	40.64	39.37	40.01	2.44	0.307
8	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	2.44	0.278
9	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	40.64	2.44	0.316
10	63.50	58.42	60.96	45.72	58.42	52.07	56.52	2.44	0.612
11	53.34	50.80	52.07	43.18	71.12	46.99	49.53	2.44	0.470
12	43.18	43.18	43.18	33.02	40.64	38.10	40.64	2.44	0.316
13	43.18	55.88	49.53	43.18	43.18	49.53	49.53	2.44	0.470
14	43.18	53.34	48.26	43.18	43.18	48.26	48.26	2.44	0.446
15	55.88	55.88	55.88	45.72	55.88	50.80	53.34	2.44	0.545
16	38.10	35.56	36.83	38.10	35.56	36.83	36.83	2.44	0.260
17	53.34	53.34	53.34	53.34	50.80	53.34	53.34	2.44	0.545
18	38.10	38.10	38.10	35.56	38.10	36.83	37.47	2.44	0.269
19	58.42	53.34	55.88	58.42	53.34	55.88	55.88	2.44	0.598
20	35.56	58.42	46.99	35.56	58.42	46.99	46.99	2.44	0.423
21	48.26	53.34	50.80	48.26	53.34	50.80	50.80	2.44	0.494
22	40.64	43.18	41.91	40.64	43.18	41.91	41.91	2.44	0.336
23	55.88	55.88	55.88	58.42	50.80	57.15	56.52	2.44	0.612
24	48.26	58.42	53.34	48.26	58.42	53.34	53.34	2.44	0.545
25	55.88	63.50	59.69	58.42	66.04	60.96	60.33	2.44	0.697
26	40.64	45.72	43.18	38.10	40.64	41.91	42.55	2.44	0.347
27	40.64	45.72	43.18	40.64	30.48	43.18	43.18	2.44	0.357
28	30.48	30.48	30.48	27.94	27.94	29.21	29.85	2.44	0.171
29	43.18	43.18	43.18	43.18	40.64	43.18	43.18	2.44	0.357
30	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48	2.44	0.178
31	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	38.10	2.44	0.278
32	43.18	38.10	40.64	45.72	45.72	41.91	41.28	2.44	0.326
33	20.32	20.32	20.32	20.32	20.32	20.32	20.32	2.44	0.079
34	43.18	40.64	41.91	30.48	38.10	35.56	38.74	2.44	0.287
35	63.50	55.88	59.69	53.34	58.42	54.61	57.15	2.44	0.626
36	40.64	55.88	48.26	38.10	40.64	46.99	47.63	2.44	0.434
37	43.18	40.64	41.91	40.64	40.64	40.64	41.28	2.44	0.326
38	50.80	50.80	50.80	50.80	58.42	50.80	50.80	2.44	0.494
39	48.26	45.72	46.99	45.72	45.72	45.72	46.36	2.44	0.412
40	40.64	38.10	39.37	35.56	38.10	36.83	38.10	2.44	0.278
41	35.56	40.64	38.10	30.48	35.56	35.56	36.83	2.44	0.260
42	40.64	40.64	40.64	33.02	35.56	36.83	38.74	2.44	0.287
43	45.72	40.64	43.18	35.56	35.56	38.10	40.64	2.44	0.316
44	40.64	40.64	40.64	45.72	48.26	43.18	41.91	2.44	0.336
45	55.88	55.88	55.88	50.80	50.80	53.34	54.61	2.44	0.571
46	50.80	40.64	45.72	48.26	40.64	44.45	45.09	2.44	0.389
47	40.64	40.64	40.64	38.10	40.64	39.37	40.01	2.44	0.307
48	40.64	40.64	40.64	38.10	40.64	39.37	40.01	2.44	0.307
49	45.72	53.34	49.53	43.18	50.80	48.26	48.90	2.44	0.458
50	27.94	40.64	34.29	27.94	40.64	34.29	34.29	2.44	0.225
51	27.94	27.94	27.94	27.94	27.94	27.94	27.94	2.44	0.150
52	38.10	38.10	38.10	40.64	40.64	39.37	38.74	2.44	0.287
53	40.64	43.18	41.91	45.72	45.72	44.45	43.18	2.44	0.357
54	27.94	27.94	27.94	25.40	27.94	26.67	27.31	2.44	0.143
55	40.64	50.80	45.72	48.26	50.80	49.53	47.63	2.44	0.434
56	50.80	48.26	49.53	50.80	53.34	49.53	49.53	2.44	0.470
57	40.64	40.64	40.64	43.18	43.18	41.91	41.28	2.44	0.326
						43.35	2.44	21.233	

CUADRO B Resultado de volumen de aserrío de muestras y cálculos de rendimiento

D'a	No. Tz	D (pulg)	Vol. Smalian (mt^3)	No. PZS	Vol. Largos (mt^3)	% REND LAR	No. PZS	Vol. Cortos (mt^3)	% REND CORT	Vol. Desp. (mt^3)	% REND.	% DESP.
9/13/02	6	15.50	0.334	12	0.133	39.82	10	0.037	11.08	0.164	50.90	49.10
	3	17.00	0.402	18	0.219	54.48	12	0.035	8.71	0.148	63.18	36.82
	5	18.75	0.489	14	0.242	49.49	14	0.093	19.02	0.154	68.51	31.49
	4	19.00	0.502	15	0.216	43.03	15	0.038	7.57	0.248	50.60	49.40
	7	19.75	0.542	11	0.134	24.72	16	0.101	18.63	0.307	43.36	56.64
Total			2.269	70	0.944		67	0.304				
Promedio		18.00	0.454	14	0.189	42.31	13	0.061	13.00	0.204	55.31	44.69
9/16/02	6	17.50	0.568	12	0.133	23.42	9	0.035	6.16	0.400	29.58	70.42
	4	19.00	0.669	14	0.289	43.20	14	0.069	10.31	0.311	53.51	46.49
	5	20.25	0.760	26	0.622	81.84	12	0.075	9.87	0.063	91.71	8.29
	7	21.25	0.837	14	0.367	43.85	18	0.134	16.01	0.336	59.86	40.14
	3	27.50	1.402	24	0.638	45.51	32	0.249	17.76	0.515	63.27	36.73
Total			4.236	90	2.049		85	0.562				
Promedio		21.10	0.847	18	0.410	47.56	17	0.112	12.02	0.325	59.58	40.42
9/17/02	14	15.00	0.348	13	0.211	60.63	1	0.002	0.57	0.135	61.21	38.79
	12	16.00	0.395	14	0.182	46.08	1	0.005	1.27	0.208	47.34	52.66
	10	16.75	0.433	12	0.272	62.82	1	0.003	0.69	0.158	63.51	36.49
	13	21.75	0.731	21	0.365	49.93	3	0.016	2.19	0.350	52.12	47.88
	11	22.75	0.800	21	0.517	64.63	3	0.021	2.63	0.262	67.25	32.75
Total			2.707	81	1.547		9	0.047				
Promedio		18.45	0.541	16	0.309	56.82	2	0.009	1.47	0.223	58.29	41.71
9/19/02	19	16.25	0.490	15	0.347	70.82	7	0.048	9.80	0.095	80.61	19.39
	14	19.00	0.669	15	0.462	69.06	6	0.022	3.29	0.185	72.35	27.65
	15	19.00	0.669	18	0.444	66.37	9	0.041	6.13	0.184	72.50	27.50
	17	22.00	0.897	21	0.454	50.61	17	0.080	8.92	0.363	59.53	40.47
	18	22.00	0.742	22	0.569	76.68	6	0.036	4.85	0.137	81.54	18.46
Total			3.467	91	2.276		45	0.227				
Promedio		19.65	0.693	18	0.455	66.71	9	0.045	7	0.193	73.30	26.70
9/20/02	3	13.75	0.409	11	0.139	33.99	17	0.056	13.69	0.214	47.68	52.32
	1	15.50	0.520	16	0.431	82.88	10	0.028	5.38	0.061	88.27	11.73
	5	15.50	0.520	9	0.199	38.27	21	0.090	17.31	0.231	55.58	44.42
	2	23.50	1.194	29	0.773	64.74	33	0.132	11.06	0.289	75.80	24.20
	4	25.25	1.379	27	0.614	44.53	42	0.176	12.76	0.589	57.29	42.71
Total			4.022	92	2.156		123	0.482				
Promedio		18.70	0.804	18	0.431	52.88	25	0.096	12.04	0.277	64.92	35.08
9/23/02	1	17.75	0.438	15	0.313	71.46	5	0.011	2.51	0.114	73.97	26.03
	5	18.25	0.463	18	0.384	82.94	6	0.028	6.05	0.051	88.98	11.02
	4	18.75	0.489	19	0.454	92.84	2	0.006	1.23	0.029	94.07	5.93
	2	19.75	0.542	19	0.461	85.06	15	0.021	3.87	0.060	88.93	11.07
	3	20.50	0.584	14	0.296	50.68	15	0.064	10.96	0.224	61.64	38.36
Total			2.516	85	1.908		43	0.130				
Promedio		19.00	0.503	17	0.382	76.60	9	0.026	4.92	0.096	81.52	18.48
9/24/02	2	9.00	0.113	5	0.042	37.17	1	0.002	1.77	0.069	38.94	61.06
	4	12.00	0.200	6	0.073	36.50	5	0.012	6.00	0.115	42.50	57.50
	1	18.00	0.450	13	0.186	41.33	5	0.021	4.67	0.243	46.00	54.00
	7	19.25	0.515	15	0.221	42.91	12	0.092	17.86	0.202	60.78	39.22
	6	19.50	0.529	15	0.272	51.42	7	0.028	5.29	0.229	56.71	43.29
Total			1.807	54	0.794		30	0.155				
Promedio		15.55	0.361	11	0.159	41.87	6	0.031	7.12	0.172	48.99	51.01
9/25/02	4	16.25	1.402	23	0.503	35.88	14	0.080	5.71	0.819	41.58	58.42
	2	20.75	0.798	12	0.343	42.98	4	0.021	2.63	0.434	45.61	54.39
	1	21.25	0.837	10	0.453	54.12	2	0.009	1.08	0.375	55.20	44.80
	3	22.75	0.959	22	0.598	62.36	13	0.080	8.34	0.281	70.70	29.30
	5	27.50	0.490	9	0.165	33.67	5	0.025	5.10	0.300	38.78	61.22
Total			4.486	76	2.062		38	0.215				
Promedio		21.70	0.897	15	0.412	45.80	8	0.043	4.57	0.442	50.37	49.63
9/26/02	5	16.25	0.490	14	0.402	82.04	3	0.010	2.04	0.078	84.08	15.92
	1	17.00	0.536	24	0.522	97.39	1	0.000	0.00	0.014	97.39	2.61
	4	17.25	0.552	20	0.265	48.01	11	0.044	7.97	0.243	55.98	44.02
	2	22.00	0.897	20	0.617	68.78	13	0.046	5.13	0.234	73.91	26.09
	3	24.25	1.090	22	0.482	44.22	17	0.075	6.88	0.533	51.10	48.90
Total			3.565	100	2.288		45	0.175				
Promedio		19.35	0.713	20	0.458	68.09	9	0.035	4.40	0.220	72.49	27.51
9/27/02	1	14.00	0.242	9	0.154	63.64	6	0.020	8.26	0.068	71.90	28.10
	2	14.00	0.241	9	0.087	36.10	7	0.041	17.01	0.113	53.11	46.89
	6	16.25	0.326	15	0.286	87.73	2	0.011	3.37	0.029	91.10	8.90
	3	17.50	0.378	10	0.083	21.96	9	0.013	3.44	0.282	25.40	74.60
	5	19.00	0.446	21	0.320	71.75	13	0.073	16.37	0.053	88.12	11.88
Total			1.633	64	0.930		37	0.158				
Promedio		16.15	0.327	13	0.186	56.23	7	0.032	9.69	0.109	65.93	34.07

Cuadro C. Control de paros durante el periodo del 11 - 27 septiembre del 2002.

D'a	Hora inicio	Motivo de paro	Hora fin	Tiemp	Tipo
9/11/02	7:00	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta	7:25	0:25	Justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	16:10	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta	16:40	0:30	Justificado
<b>Total</b>			<b>2:05</b>		
9/12/02	7:40	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta	8:00	0:20	Justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	10:20	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta debido inicio de cortes irregulares.	10:40	0:20	Justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	15:20	Cambio de energía del generador de la planta de Gibor, S.A. al de Sn.Benito.	15:40	0:20	Justificado
<b>Total</b>			<b>2:10</b>		
9/13/02	8:15	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta	8:25	0:10	Justificado
	9:30	Cambio de sierra de cinta en la Mq. Principal, por rajadura en la cinta.	10:00	0:30	Justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	10:10	Soldadura de sierra de cinta. Cambio de sierra.	10:55	0:45	Justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	13:35	Problema eléctrico con el contador de la planta de Gibor, S.A.	13:50	0:15	Justificado
<b>Total</b>			<b>2:50</b>		
9/16/02	7:35	Revisión de la soldadura en la sierra de cinta de la Mq. Principal.	7:38	0:03	Justificado
	8:30	Problema con la fajas del motor del carril de la Mq. Principal.	9:35	1:05	No justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	15:45	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta	16:00	0:15	Justificado
<b>Total</b>			<b>2:33</b>		
9/17/02	8:55	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta	9:19	0:24	Justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	10:33	Cargar trozas al carril alimentador de la Mq. Principal	10:39	0:06	Justificado
	11:18	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta. Falta persona encargada de afilar las sierras. Personal del área de producción afilando las sierras.	12:00	0:42	No justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	13:00	Mq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	13:25	0:25	Justificado
	16:13	Mq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta. Se observó durante todo el día mucho producto rayado	16:24	0:11	No justificado
<b>Total</b>			<b>2:58</b>		
9/18/02	7:00	Máquina Principal: revisión de afilado y soldado de sierra.	7:25	0:25	Justificado
	7:35	Máquina Principal: cambio de sierra. Sierras bajo servicio de afilado y soldado.	8:20	0:45	No justificado
	8:24	Se quemó el compresor de aire del motor que hace funcionar la la Sierra principal.	17:00	5:51	No justificado
<b>Total</b>			<b>0:49</b>		
9/19/02	7:00	funcionamiento de la Sierra Principal.	8:05	1:05	Justificado
	8:23	Mq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta por falta de filo.	8:35	0:12	No justificado
	8:45	Mq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta por falta de filo.	10:25	1:40	No justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	10:45	El operario de Mq. Desorilladora no se presentó. Acumulación de tablas.	10:55	0:10	No justificado
	11:23	Atrancamiento de trozas en el alimentador de trozas	11:29	0:06	No justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	13:00	Daño hidráulico en el volteador de troza. Desatornillamiento del tuvo que ejerce presión para sacar el aceite al carro de la Sierra principal	14:41	1:41	No justificado
	14:50	Cargar troza al carro de la Sierra Principal.	14:53	0:03	Justificado
	15:45	Mq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	15:52	0:07	Justificado
	16:20	Mq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta. Producto rayado.	17:00	0:40	Justificado
<b>Total</b>			<b>6:54</b>		

D'a	Hora inicio	Motivo de paro	Hora fin	Temp	Tipo
9/20/02	7:00	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta	7:13	0:13	Justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	9:13	Máq. Canteadora: atrancamiento de tablas	9:22	0:09	No justificado
	10:10	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	10:24	0:14	Justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	13:30	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	13:40	0:10	Justificado
	15:30	Acumulación de tablas en la Máq. Desorilladora.	16:00	0:30	No justificado

**Total** **2:26**

9/23/02	8:25	Máquina Principal: cambio de sierra de cinta	8:48	0:23	Justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	11:52	Máq. Canteadora: se sacó la cubierta que sostiene la marca contra las sierras.	11:57	0:05	No justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	13:05	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	13:20	0:15	Justificado
	15:30	Acumulación de tablas en la Máq. Desorilladora.	15:45	0:15	No justificado

**Total** **2:08**

	7:00	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	7:15	0:15	Justificado
	7:31	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	7:46	0:15	No justificado
	8:11	Revisión de la soldadura realizada en la sierra de cinta.	8:15	0:04	No justificado
	8:17	Máq. Sierra Principal en marcha, revisión de afilado de la sierra, troza sin movimiento.	8:20	0:03	No justificado
	8:44	Para producción en la Máq. Sierra principal por acumulación de tablas en la Máq. Desorilladora.	8:46	0:02	No justificado
	9:17	Montacargas colocando trozas en el alimentador de Máq. Sierra Principal.	9:23	0:06	Justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	10:10	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	10:20	0:10	Justificado
	11:20	Máq. Sierra Principal: revisión de medidas de grosor de tablas, los grosores tienen 1/2" de más en las medidas programadas.	11:27	0:07	Justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	13:00	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	13:19	0:19	Justificado
	14:35	Fallo en los ganchos del carro de la Máq. Sierra principal. Fallo en la compresión del calibrado que da el espesor de corte debido a una fuga de aire en la manguera del gancho # 3	15:30	0:55	No justificado

**Total** **3:26**

9/25/02	7:00	Revisión de daño en la manguera # 3 del carro de la Máq. Sierra Principal.	7:19	0:19	Justificado
	7:29	Se cayó una troza del carril alimentador.	7:31	0:02	No justificado
	9:00	Se cayeron dos trozas del carril alimentador.	9:14	0:14	No justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	10:10	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	10:22	0:12	Justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	13:00	Acomodación/ordenamiento de madera remanente	13:16	0:16	No justificado
	13:58	Máq. Sierra Principal: revisión de medidas de grosor de tablas, los grosores tienen 1/2" de más en las medidas programadas.	14:05	0:07	No justificado
	14:10	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	14:25	0:15	Justificado

**Total** **2:35**

9/26/03	7:00	Por desorillar y despuntar la producción del día anterior.	7:21	0:21	Justificado
	7:55	Revisión de las medidas de las tablas	8:00	0:05	No justificado
	9:14	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	9:24	0:10	Justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	11:05	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta. Sierra de cinta anterior sin filo en los dientes.	11:41	0:36	No justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	14:20	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	15:07	0:47	No justificado
	16:15	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	16:30	0:15	No justificado

**Total** **3:24**

9/27/02	7:00	Por desorillar y despuntar la producción del día anterior.	7:13	0:13	Justificado
	10:00	Refacción	10:10	0:10	Programado
	10:10	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta.	10:35	0:25	Justificado
	12:00	Almuerzo	13:00	1:00	Programado
	13:00	Máq. Sierra Principal: cambio de sierra de cinta. Sierra de cinta anterior sin filo en los dientes.	13:24	0:24	Justificado
	13:50	Por desorillar y despuntar tablas elegidas por un cliente que no llenan los requisitos que exige.	14:42	0:52	Justificado

**Total** **3:04**

Cuadro D. Consumo aproximado de energía (KWh) teórico del área de producción en base al aballaje (HP) de los motores de las máquinas.

Maquinaria			Arranque					Tiempo Laboral				
No.	Tipo	Capacidad motor	Motor	Mq.	D'a		Mensual		D'a		Mensual	
		(KWh/ Hr)	KWh	KVA	Cant.	KWh	Cant.	KWh	Hr.	KWh	Hr.	KWh
1	Carro hidráulico	93.75	0.586	0.818	4	2.344	80	46.875	7.48	701.25	156	14025.000
1.1		9.375	0.059			0.234		4.688		70.125		1402.500
1.2		0.25	0.002			0.006		0.125		1.87		37.400
1.3		27.5	0.172			0.688		13.750		205.7		4114.000
2	Sierra Principal	156.25	0.977	0.982	4	3.906	80	78.125	7.48	1168.75	156	23375.000
2.2		0.25	0.002			0.006		0.125		1.87		37.400
2.3		0.625	0.004			0.016		0.313		4.675		93.500
3	Desoriladora	31.25	0.195	0.246	3	0.586	60	11.719	7.48	233.75	156	4675.000
3.1		6.25	0.039			0.117		2.344		46.75		935.000
3.2		1.875	0.012			0.035		0.703		14.025		280.500
4	Despuntadora	6.25	0.039	0.039	3	0.117	60	2.344	7.48	46.75	156	935.000
5	Rampa de salida	6.25	0.039	0.039	3	0.117	60	2.344	7.48	46.75	156	935.000
<b>SubTotal 1</b>		<b>339.875</b>	<b>2.124</b>	<b>2.124</b>	<b>3</b>	<b>8.173</b>	<b>60</b>	<b>163.453</b>	<b>7.48</b>	<b>2542.265</b>	<b>156</b>	<b>50845.300</b>
6	Afiladora	1.875	0.012	0.012	3	0.035	60	0.703	3	5.625	60	112.500
6.1		1.875	0.012	0.016	3	0.035	60	0.703	1.3	2.4375	26	48.750
6.2		0.625	0.004	0.012	60	0.234	1.3	0.8125	26	16.250		
<b>SubTotal 2</b>		<b>4.375</b>	<b>0.027</b>	<b>0.027</b>	<b>3</b>	<b>0.070</b>	<b>60</b>	<b>1.406</b>	<b>8.875</b>	<b>hr.</b>	<b>177.500</b>	
<b>TOTAL</b>		<b>344.25</b>	<b>2.152</b>	<b>2.152</b>	<b>6</b>	<b>8.243</b>	<b>60</b>	<b>164.859</b>		<b>2551.140</b>		<b>51022.800</b>

FUENTE: (Resultados) Cuadro 1. Descripción de maquinaria, áreas en movimiento y personal del área de producción.

\_Se estima que cada arranque de motor asciende 3 veces su valor en un tiempo aproximado y promedio de 13 seg..

\_Se considera un sistema que trabaja en conjunto con el área de producción pero trabaja en un horario diferente y no constante, aunque el número de arranques coincide. La máquina afiladora trabaja 1 hora 3 veces al día y la tensadora 1/2 hora 3 veces al día mientras las demás máquinas mantienen un tiempo programado de 8 horas diarias.