



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍA DE LA MADERA**

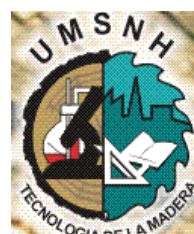
**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ASERRIO Y ESTUDIO
DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS EN LA EMPRESA
PROCESADORA MADERERA DE ARÉVALO S.A. DE C.V.**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA**

**PRESENTA
SALVADOR CISNEROS MARTINEZ**

**DIRECTOR DE TESIS
M. C. ROBERTO CALDERÓN MUÑOZ**



MORELIA, MICHOACAN, NOVIEMBRE DE 2007

RESUMEN

Actualmente temas como el equilibrio ecológico y cuidado del planeta son cada día mas importantes, como sabemos los bosques juegan un papel esencial en dicho equilibrio por lo que a todos nos corresponde el cuidado de los mismos, en particular a los ingenieros en tecnología de la madera e ingenieros forestales debemos de cultivar y hacer un aprovechamiento racional e integral de los recursos forestales asegurando con ello su conservación.

En el presente trabajo se determinó el coeficiente de aserrio de una empresa maderera. Se eligieron cien trozas al azar de diferentes diámetros de las cuales al cubicarse se obtuvo un volumen en rollo de 27.167 m^3 . Esta trocería se sometió al proceso industrial del aserrio con lo que se obtuvo un volumen aserrado de 14.541 m^3 con ello se obtuvo un coeficiente de aserrio real de 53.52 %, de igual forma se determinó un volumen de 0.723 m^3 de madera de cortas dimensiones correspondiendo a un 2.66 % y un volumen de 11.898 m^3 de residuos de asierre (43.81 %).

Se realizó un estudio de rendimiento por cada troza procesada, en el cual se determinó un coeficiente de correlación r de 0.368 lo cual indica una relación positiva entre las variables madera en rollo y madera aserrada. Así mismo se encontró la ecuación de la recta $Y=0.00034 + 0.6069$ (volumen de troza), la cual nos permite conocer la cantidad de madera aserrada (Y) que se obtendrá de una troza de volumen conocido.

El estudio de tiempos y movimientos arrojó datos como el tiempo trabajado siendo este de 75.29 % del cual el 66.99 % fue trabajo productivo y el 8.3 % fue no productivo. También se observó un tiempo no trabajado de 24.71 % del cual fue justificado un 10.97 % y no justificado un 13.74 %. Con este estudio se evaluó la productividad del proceso de aserrio encontrándose además algunas fallas en el proceso y por consiguiente se proponen opciones para mejorarlo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. OBJETIVOS	4
4. GENERALIDADES	5
4.1 La industria forestal en Michoacán	5
4.2 Aserrío	7
4.3. Factores que influyen en el coeficiente de aserrío.	8
4.4. Generalidades de la empresa Procesadora Maderera de Arévalo S.A. de C.V.	9
4.5. El estudio de tiempos y movimientos en el aserrío	9
5. MATERIALES Y MÉTODOS	11
5.1. Tamaño de muestra	11
5.2 Clasificación de la trocería	11
5.3. Cubicación de la trocería	13
5.4. Cubicación de la madera aserrada	14
5.5. Clasificación de la madera aserrada	14
5.6. Proporción de subproductos	15
5.7 Refuerzos de la madera aserrada	15

57. El coeficiente de aserrío	15
4.8. Estudio de rendimiento por cada troza	15
5.9. Estudio de tiempos y movimientos	17
5.10. Descripción de la maquinaria	19
6. RESULTADOS Y ANALISIS	22
6.1 Coeficiente de aserrío	22
6.2. Estudio de rendimiento por troza	27
6.3 Estudios de tiempos y movimientos	30
7. CONCLUSIONES	32
8. RECOMENDACIONES	33
9. BIBLIOGRAFIA	34
10. ANEXOS	37

ÍNDICE DE CUADROS

	PAGINA
Cuadro no. 1 Superficie forestal maderable	6
Cuadro 2. Industria forestal instalada en Michoacán	6
Cuadro no. 3. Porcentaje de de confianza y valor de Z	18
Cuadro 4. Resultados del coeficiente de aserrío	22
Cuadro 5. Peso de los subproductos de 12 trozas	22
Cuadro 6. Peso de subproductos	23
Cuadro 7. Proporción y volumen de subproductos para las cien trozas.	24
Cuadro 8. Coeficiente de aserrío	24
Cuadro 9. Clase diamétrica y calidad de las trozas	25
Cuadro 10. Calidad global de las trozas	25
Cuadro 11. Grueso real vs Grueso nominal	26
Cuadro 12. Ancho Real vs. Ancho nominal	26
Cuadro 13. Largo Real vs. Largo nominal	26
Cuadro 14. Datos de volumen en rollo y aserrado para análisis de regresión	27
Cuadro 15. Resultados	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Territorio Nacional	5
Figura 2. Uso de suelo en el estado	5
Figura 3. Distribución por categoría diamétrica de la trocería	11
Figura 4. Determinación del diámetro de una troza.	13
Figura 5. Determinación de la longitud de una troza	14
Figura 6. Torre principal.	19
Figura 7. Carro porta trozas.	20
Figura 8. Desorilladora.	21
Figura 9. Péndulo.	21
Figura 10. Gráfica de la regresión.	28

ÍNDICE DE ANEXOS

	PAGINA
Anexo 1. Croquis de distribución de maquinaria del aserradero	37
Anexo 2. Determinación de volumen por troza y categoría diamétrica	38
Anexo 3. Madera aserrada obtenida de las cien trozas	42
Anexo 4. Cubicación de la madera en rollo para el estudio de rendimiento por troza	44
Anexo 5. Rendimiento por cada troza	45
Anexo 6. Madera aserrada obtenida de cada una de las trozas	46
Anexo 7. Planilla de campo	52
Anexo 8. Observaciones obtenidas durante el estudio de tiempos y movimientos	53
Anexo 9. Procesamiento de los datos obtenidos durante el tiempo de observación	58
Anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos	59

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques son una fuente de vida y riqueza, su capa protectora conserva el suelo, el agua y además modera el clima. Mediante prácticas adecuadas de manejo y conservación podemos hacer de nuestros bosques una fuente inagotable de materias primas como la madera (Serrato 1995).

El hombre conoció la madera en tiempos inmemoriales, la utilizó para hacer sus utensilios, sus primeras armas y para calentarse una vez que conoció el fuego (Serrato 1995).

Hoy en día que el hombre ha adquirido nuevas habilidades para trabajar la madera y desarrollado tecnologías impresionantes, la madera puede ser aprovechada y así obtener desde madera aserrada hasta un número casi ilimitado de productos de gran valor como el papel, tableros, celulosa, muebles, durmientes, productos químicos, etc. (Castro 1992).

Para obtener madera aserrada, es necesario someter a la madera en rollo a un proceso industrial conocido como aserrío. En este proceso se utiliza maquinaria, recursos humanos, equipo y energía con el fin de obtener tablas, tablones, durmientes etc. Este proceso se ha mejorado con el propósito de obtener una mayor producción con buena calidad del producto a un menor costo. Para hacer un proceso más eficiente, lo podemos lograr mediante la implementación de maquinaria con tecnología de punta, además es necesario realizar análisis del sistema de producción. Es recomendable conocer siempre el coeficiente de transformación (aserrío) en el cual se evalúa la cantidad de madera aserrada en relación con la madera en rollo de la cual es obtenida. También es recomendable el estudio de tiempos y movimientos para evaluar productividad.

En el presente trabajo, se determinó el coeficiente de aserrío, también se realizó un estudio de rendimiento por cada troza así como un estudio de tiempos y movimientos en la torre principal. Para lo cual se obtuvieron datos durante dos semanas. Mediante este análisis nos damos cuenta de cómo se lleva a cabo el proceso de aserrío y así encontrar formas de mejorarlo. Estos estudios son de gran importancia y podrían ser efectuados en la industria forestal mexicana para hacer un mejor uso de la materia prima y de los recursos humanos.

En el presente trabajo se está aportando la implementación del estudio de tiempos y movimientos, incursionando con esto en práctica que no es común en la industria maderera en México, incluso es el primer trabajo de tesis de este tema realizado en la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.

Como sabemos, en Michoacán se destaca la industria forestal en particular la del aserrío que es la primera etapa de transformación de la materia prima (Castro 1992). Se eligió a la empresa Procesadora Maderera de Arévalo S. A. de C. V. por mostrar su interés en este tipo de estudios, además por ser representativa de la industria del aserrío en Michoacán. En esta empresa se procesó madera de *Pinus spp.* durante la realización de este estudio.

2. ANTECEDENTES

Han sido varios los trabajos realizados acerca de el coeficiente de aserrío y en su gran mayoría realizados por egresados de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera los cuales se han usado como guía para el presente trabajo. El estudio de tiempos y movimientos es común en la ingeniería industrial, se practica en la industria en México aunque no específicamente el aserrío, Por lo que la bibliografía se obtuvo de autores extranjeros. Este tipo de estudios se realizan en otros países como Estados Unidos y Bolivia.

Castro (1992), determina el coeficiente de aserrío de la empresa Productora Forestal Acuitzio - Villamadero; utilizando la fórmula de Smallian para la cubicación de madera en rollo y el sistema métrico decimal para cubicar madera aserrada. Los productos obtenidos los agrupa en medidas comerciales, cortas dimensiones, tiras, costera, residuos del cabeceado y aserrín.

Obtiene un coeficiente de aserrío de 57.61% para productos comerciales de largas dimensiones, lo cual es aceptable ya que el requerido por la dependencia oficial es del 50%. También nos da a conocer las normas legales y técnicas para la determinación del coeficiente de aserrío.

Pedraza (1992), determina el coeficiente de aserrío del aserradero de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Nos presenta un estudio comparativo de los coeficientes de aserrío obtenidos con corteza, sin corteza y por categorías diamétricas; para lo cual selecciona 100 trozas con corteza, las cuales se manejan por grupos de 5 piezas, identificándolas con un color diferente asegurando con ello que toda la madera fuera procesada y poder darle seguimiento a cada troza durante su procesamiento, obteniendo así el coeficiente de aserrío para cada troza. Se determina un coeficiente de transformación global con corteza del 55.28 % y sin corteza un 62.19%.

Serrato (1995), menciona que la actividad industrial maderera en el estado de Michoacán y en especial en la región comprendida en los municipios de Pátzcuaro, Salvador Escalante y Ario de Rosales constituye una fuente de empleos y producción permanente que puede ser inagotable si el aprovechamiento de los bosques de la región se lleva a cabo en forma técnica y racional. Elige una empresa de la región para determinar el coeficiente de transformación en dos especies (Pino y Oyamel). Aplicando la metodología existente para este tipo de estudio y seleccionado 100 trozas para cada especie, obtiene el coeficiente de aserrío para pino 58% y 60.06% para oyamel.

Zavala y Hernández (2000), determina el coeficiente de aserrío por tipo de trocería. Como inicio, encontró el tamaño de muestra basándose en la variación del coeficiente de aserrío de una premuestra de 30 trozas. Con lo que determinó un tamaño de muestra de 87 trozas, las cuales fueron clasificadas según la norma mexicana NMX-C-359-1988 (DGN, 1988). La clasificación de la madera aserrada se llevó a efecto según la norma mexicana NMX-C-18-1986 (DGN, 1986). Se cuantificó la madera aserrada, costeras, recortes y aserrín; así mismo determinó la utilidad del proceso de aserrío relacionando los costos de la materia prima con los costos de producción y los precios de venta de los productos obtenidos de cada clase y dimensión de las trozas.

Trujillo (1976), menciona que el estudio de tiempos y movimientos fue desarrollado en 1881 por F. W. Taylor y más tarde perfeccionado en su aspecto movimientos, en 1885, por los esposos Gilbreth.

El estudio de tiempos es un elemento en la organización científica del trabajo que hace posible la transmisión de conocimiento de la dirección y organización del personal. Taylor divide al estudio en dos fases: a) La primera comprende un trabajo analítico y b) Un trabajo constructivo.

El autor nos hace una descripción de cada fase y nos proporciona varios ejemplos de como se lleva a efecto cada una de ellas.

Niebel (1996), asegura que casi toda empresa industrial en Estados Unidos se encuentra en reestructuración para operar más eficazmente en un mundo cada vez más competitivo. La capacidad de fabricación está ampliamente extendida tanto en Europa como en la cuenca del Pacífico Sur, por lo que las oportunidades y la necesidad de competencia técnica crecen notablemente. La efectividad en costo con calidad mejorada bajo una capacidad de planta restringida, es el resultado final de la ingeniería de métodos, estándares de tiempos equitativos y una mejor motivación en el personal. El autor nos presenta tiempos de movimientos básicos desarrollados según los sistemas de análisis de micro y macro movimientos. Así como el uso de equipo videográfico y consideraciones de factores humanos.

Chávez y Guillén (1997), mencionan que la madera aserrada es uno de los productos más importantes en la industria forestal y que es necesario introducirnos en estudios de rendimiento. Además es necesario conocer el nivel de esfuerzo que se emplea en el proceso, para lo cual se debe realizar estudios de tiempos y movimientos. Son dos temas distintos pero que están relacionados.

Para su estudio de rendimiento por troza nos recomiendan un máximo de 120 trozas, un mínimo de 10 y para fines estadísticos menciona, lo ideal son 30 trozas.

Además nos presentan una guía para la realización del estudio de tiempos y movimientos.

Vaughn (1997), menciona que el estudio de tiempos y movimientos da lugar al surgimiento de la Ingeniería Industrial. Este tipo de estudios son una de las herramientas de la investigación más importantes y necesarias para los ingenieros industriales ya que su realización es una manera rápida y eficiente de conocer la intimidad de una empresa. Un buen estudio requiere del conocimiento no solo del producto y de las operaciones requeridas para fabricarlo, si no también de las funciones del taller que puedan afectar a la operación que se está estudiando.

El autor nos proporciona un procedimiento general para realizar el estudio de tiempos y movimientos, lo que incluye la determinación de número de observaciones, uso de cronómetro y plantillas para la colección de datos, así como el uso de la cinematografía de movimientos.

3. OBJETIVOS.

1.- Determinar el coeficiente de aserrío en la empresa Procesadora Maderera de Arévalo S. A. de C. V.

2.- Realizar un estudio de rendimiento por troza mediante un análisis de regresión.

3.- Evaluar el proceso de producción de la sierra principal mediante el estudio de tiempos y movimientos.

4. GENERALIDADES

4.1 LA INDUSTRIA FORESTAL EN MICHOACÁN.

Michoacán está localizado en el centro occidente de la República Mexicana, sobre la costa meridional del Océano Pacífico entre los 17° 54' 34'' y 20° 23' 37'' de latitud norte y los 100° 03' 23'' y los 103° 44' 09'' de longitud oeste. El estado de Michoacán tiene una extensión de 5 986 400 hectáreas (59 864 km²) representando aproximadamente el 3% de la superficie total del territorio nacional (fig.1)

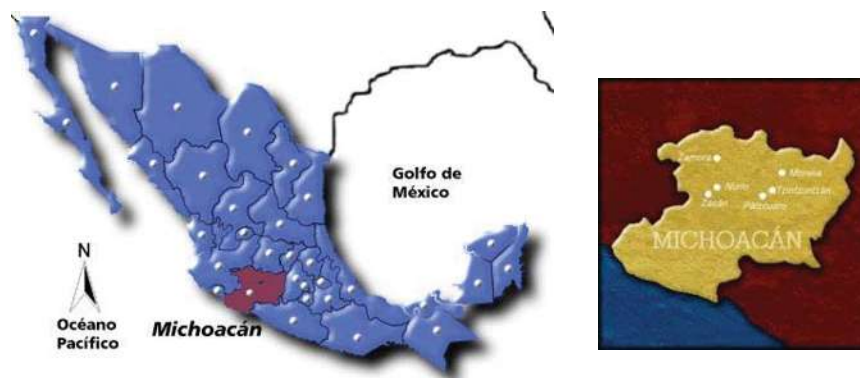


Figura 1. Territorio nacional

En lo que respecta al uso del suelo en el estado, el Inventario Nacional Forestal del año 2000 nos da la siguiente información: la superficie de la entidad se clasifica en: 3, 314, 466 has. (56.4%) como forestal; 1,710,092 has (29.1%) agrícola; 715,571 has. (12.2%) pecuario y 138,645 has. (2.3%) corresponden a cuerpos de agua y asentamientos humanos (figura 2).

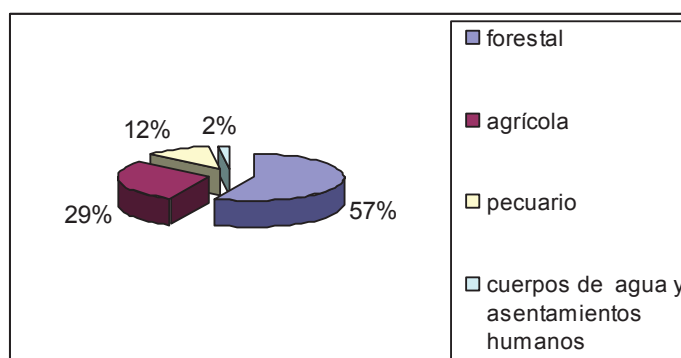


Figura 2. Uso de suelo en el estado (Fuente: SEMARNAP, 2000)

La propiedad forestal está distribuida entre 858 ejidos y comunidades indígenas y aproximadamente 8,000 pequeñas propiedades por lo que el principal poseedor es el sector social con el 65% de la superficie total, (Serrato 1995). El estado de Michoacán cuenta con amplias zonas forestales pobladas con diversas variedades de madera. Se tienen datos reportados por los distritos de desarrollo rural que ascienden a 2,160,000 has. de superficie arbolada en los que se tienen los siguientes tipos de vegetación: Bosque de pino 1,114,000 has, Bosque de encino 559,500 has, Bosque de oyamel 26,500 has y Selva 311900 has.

Como se puede apreciar, representa mayor importancia los bosques de clima templado frío los cuales son fuente de recursos tanto maderables como no maderables. Además proporcionan áreas de esparcimiento y zonas de reserva ecológica.

Los géneros mayormente aprovechados para la obtención de madera son: *Pinus* (pino), *Abies* (oyamel), *Quercus* (encino), *Cupressus* (cedro blanco), *Alnus* (aile) y *Arbutus* (madroño) del bosque templado frío. En las selvas se obtienen el *Enterolobium* (parota), *Cedrela* (cedro rojo) y *Cordia* (cueramo). Las especies productoras de resina por orden de frecuencia son: *Pinus leiophylla*, *P. pseudostrobus* y *P. oocarpa*. La superficie forestal maderable y su potencial en el estado se puede resumir en el siguiente cuadro 1.

Cuadro 1 Superficie forestal maderable

TIPO	SUP. BOSCOSA (HA)	EXISTENCIAS LEÑOSAS (m ³ V.T.A.)	INCREMENTO ANUAL (m ³ V.T.A.)
Bosques comerciales	650.367-00	121'985,428.000	3'120,358.000
Bosques no comerciales	428,331-00	25'083,431.000	449,943.000
TOTALES:	1'078,698-00	147'068,859.000	3'570,301.000

Fuente: SDAF 1995. Inventario Forestal, Dirección Forestal de Michoacán.

La industria forestal está ubicada principalmente en las zonas centro y oriente. Entre estas industrias se tienen dos grandes empresas productoras de celulosa y papel y de tableros de madera aglomerada.

En la región sur occidental se ha dedicado al proceso de aserrío y a la industrialización de los subproductos. En esta zona han sido instaladas plantas de aserrío de gran capacidad. En la meseta tarasca, se ubica la mayor cantidad de talleres artesanales y fábricas de caja de empaque.

En Pátzcuaro y Tacámbaro, existen plantas de aserrío de mediana capacidad, fábricas de muebles y talleres artesanales.

Por último en la región Oriente se tiene un alto grado de diversificación de sus productos. En el Cuadro 2 se muestra la industria forestal instalada en el estado, la cual esta inscrita en el Registro Forestal Nacional:

Cuadro 2. Industria forestal instalada en Michoacán

TIPO DE INDUSTRIAS	No. DE INDUSTRIAS
Aserraderos	1,157
Astilladoras	345
Taller de cajas	930
Taller de muebles	425
Fábricas de triplay	5
Fábrica de tableros	1
Fábrica de papel	1
TOTAL:	2,864
Capacidad por la industria (m ³ r/año)= 5'266,783	

Fuente: COFOM 2004.

4.2. ASERRIO. (Serrato 1995, Álvarez 1986)

Como se puede observar en el Cuadro no. 2, la industria del aserrío es la más numerosa y de gran importancia en la industria forestal michoacana, tanto por la cantidad de empresas como por los empleos generados tanto directos como indirectos.

El aserrío es un proceso industrial en el cual nuestra materia prima (trozas) es sometida a una serie de sierras para darle dimensiones comerciales por lo que se obtiene la madera aserrada en largas dimensiones, cortas dimensiones, durmientes, tablonés, etc.

La industria del aserrío ha sufrido grandes cambios desde sus inicios hasta nuestros días. Se ha cambiado la operación primitiva en la que se producía una sola tabla a la vez en forma manual por un asierre de alta velocidad, todo ello con el objetivo de elevar producción y minimizar costos.

La madera aserrada desde sus inicios hasta hoy en día se utiliza de muchas maneras diferentes dando un gran servicio al hombre.

De nuestros bosques obtenemos la materia prima (madera) la cual forma parte de nuestra vida cotidiana.

Al derribar el árbol, se hace una clasificación del fuste partiendo del uso que se le pueda dar a la madera considerando las dimensiones de la misma.

Punta: En la punta del fuste se encuentran los primeros productos maderables del árbol los cuales se caracterizan porque tienen diámetros menores a partir de los 15 cm. A éstos se les ha dado en llamar brazuelos y una de las utilidades principales que industrialmente se le ha dado es como material celulósico.

Productos secundarios: Son aquellos que tienen diámetros máximos de 30 cm. De estos productos también se pueden obtener productos celulósicos y trocitos para la elaboración de cajas de empaque.

Productos primarios: De los productos primarios se obtienen los que se ha dado en llamar trocería comercial y tiene diámetros mayores de 30 cm. De esta parte normalmente se obtienen las primeras trozas las cuales son utilizadas para el aserrío y obtener pilotes para minas, durmientes para vías férreas y piezas para estructuras, así como chapa para fabricación de triplay, etc.

La industria forestal y en particular la del aserrío ha ocupado y seguirá ocupando un sitio muy importante en la economía industrial mexicana.

4.3. Factores que influyen en el coeficiente de aserrío.

Existen tres factores de gran importancia que influyen en el coeficiente de transformación o aserrío, de acuerdo al orden de importancia se tiene a la materia prima, maquinaria y mano de obra (Pedraza 1992).

Las trozas con curvaturas generan menos madera que las rectas, para la misma categoría diamétrica y longitud. Como regla empírica, Brown y Miller (1975) y Dobie (1966), establecieron que por cada incremento de 0.1 en la relación torcedura/diámetro, se reduce el coeficiente de aprovechamiento hasta en un 7% comparado con trozas rectas, y que el tiempo de asierre se incrementa hasta en un 40% respecto a la conicidad de las trozas, el coeficiente de aserrío disminuye con el aumento de la conicidad y el tiempo de asierre aumenta (Dobie, 1966). Las trozas con conicidad acentuada requieren 12% más tiempo de asierre y generan 5.7% menos madera que las trozas cilíndricas. Cuando las trozas se cubican con reglas madereras, a mayor conicidad corresponde mayor coeficiente de aprovechamiento, pero si la cubicación se hace con el sistema de medición directa, el coeficiente de aserrío se reduce (Dobie y Wright, 1975).

El diámetro de las trozas tiene un efecto directo en la calidad y cantidad de madera aserrada. Conforme aumenta el diámetro, por lo general se reducen los defectos de la madera (Bailey, 1973). Se ha determinado que el coeficiente de aserrío aumenta con el diámetro de las trozas, variando de 40 a 43% para trozas de 10 plg a 12 plg y de 58 a 65% para trozas de 24 plg a 28 plg (Clark *et al.*, 1974, Phillips y Schoeder, 1975). Integrando ambos conceptos, se establece que para trozas de la misma calidad hay un aumento en el coeficiente de aprovechamiento con un aumento en el diámetro y para trozas del mismo diámetro hay una reducción en el coeficiente de aserrío con una disminución en la calidad (Kerbes y McIntosh, 1968, Pnevmaticos *et al.*, 1971).

En lo que respecta a la maquinaria y equipo, influyen en función de sus características y mantenimiento. Por ejemplo es importante usar el tipo de guías y sierra adecuada a la especie que se procesa, además, es importante darle un buen mantenimiento a todo el equipo y maquinaria. Recordando siempre que la introducción de nuevas tecnologías en el proceso de aserrío sobre todo en las instalaciones pequeñas y medianas como las de nuestro país, nos presenta numerosas ventajas respecto a los métodos tradicionalmente usados, estas ventajas son principalmente en aspectos de mayor aprovechamiento de las trozas, mejor calidad de terminado, movilidad de equipo y versatilidad en los programas de asierre (Aguilera *et al.*, 2005).

Podemos considerar como tercer factor la mano de obra, la cual debe tener la capacitación adecuada ya que un aserrador con experiencia y bien capacitado podrá elegir mejor las opciones de corte en las trozas, con el fin de obtener mayor producción con mejor calidad. Por lo que respecta a las empresas del aserrío, el aserrador es el operador de maquinaria más importante, incluso en procesos altamente automatizados (Willinston. 1978).

4.4. Generalidades de la empresa Procesadora Maderera de Arévalo S.A. de C.V.

La empresa procesadora maderera de Arévalo S.A. de C.V. fue instalada el 3 de junio de 1994 y desde entonces ha operado de forma ininterrumpida. En este centro industrial forestal se procesa madera de pino principalmente, así como oyamel en menor escala, se obtienen madera aserrada en largas y cortas dimensiones, tarimas para construcción y tarimas para montacargas. Esta empresa crea empleos tanto directos como indirectos. Los directos que están dentro del centro industrial son 19 empleos al momento del estudio.

Ubicación de la empresa: El aserradero se encuentra ubicado en: Domicilio conocido Km. 18 carretera Morelia-Pátzcuaro Colonia Nueva Florida. Morelia, Mich. C. P. 58343.

Numero de inscripción ante el registro nacional forestal: Ti41160-1.

En la empresa también se elaboran tarimas para montacargas

Esta área trabaja independiente del aserradero, ya que tiene sus propias trozas (cortas dimensiones) abastecidas por separado y no utiliza residuos del aserradero.

Para esta actividad, se utilizan sierras cintas tableteras de 3.8 cm (1.5”) instaladas sobre volantes de 1 metro de diámetro, utilizando motor de 10 H.P.

El aserradero tiene una capacidad instalado de 9,560 m³ por año con capacidad de operación de 6,380 m³ tomando como referencia 220 días de trabajo al año.

El abastecimiento de esta industria se constituye por varios predios de los cuales el más importante es el ejido Opopeo municipio de Salvador Escalante, el cual proporciona el 80% de madera que esta empresa utiliza. Dicho ejido, tiene una superficie total de 3,558.85 ha., con una superficie propuesta para estudio de aprovechamiento de 1,174.77 ha.

La producción por hectárea de este ejido es de 12.04 m³/ha/año. Ya se han llevado a efecto prácticas silvícolas para elevar la producción así que se espera una respuesta favorable en la cantidad de madera producida en los próximos años (Fuente: Cofom 2007).

La madera en rollo utilizada durante el presente trabajo corresponde a madera de *pinus spp* de 8 ¼’

.

4.5. Estudios de tiempos y movimientos en el aserrío (Niebel 1996, García et al.2001).

El camino para que una empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad es aumentando su productividad. Lo cual se entiende como el aumento de la producción por hora de trabajo.

En Estados Unidos ha existido la mas alta productividad del mundo lo cual está siendo alcanzada por países como Japón y Corea en Asia, así como por algunos países europeos como Alemania y Francia, incluso Italia.

En todo el mundo se resiente la competencia global como nunca antes. Las empresas de todo tipo se reestructuran y acrecientan la intensidad de sus esfuerzos en la reducción de costos y mejoramiento de la calidad ya que estos son claves para la actividad exitosa de cualquier empresa. Este es el método que países como Japón ha usado tan eficazmente; enfatizando en la aplicación de la ingeniería y el empleo de equipos, mano de obra calificada en todos los niveles así como el uso de instalaciones y equipos automatizados para producir grandes volúmenes.

En México también se siente la competencia global por lo que todas las áreas y en especial la industrial deben de mejorarse incluyendo la industria del aserrío, la cual está todavía muy por debajo de empresas americanas y canadienses. Debemos llevar a nuestra industria a un nivel de competitividad más elevado para estar en condiciones de competir con empresas de todo el mundo. Este aumento en competitividad también implica el aprovechamiento integral de nuestros recursos forestales. Es conveniente buscar métodos para aumentar la eficiencia en el proceso de aserrío, a través de un análisis del proceso de transformación, con lo cual se obtendrá una mejor calidad de productos terminados y de precios de venta. Es necesario evaluar la productividad, cual está influenciada por la producción horaria, la producción hombres-hora, así como los tiempos y movimientos (García et al.. 2001.).

En el presente trabajo, se realizó utilizando el método de muestreo. El muestreo de trabajo es una técnica que se utiliza para determinar las proporciones del tiempo total dedicadas a las diversas actividades que forman una área de trabajo. Con los resultados del muestreo se determinan tolerancias o márgenes aplicables al trabajo, para evaluar la utilización de las máquinas y para establecer estándares de producción. El muestreo es un método que proporciona la información a un costo menor que con otras técnicas cronométricas y se obtiene con rapidez.

Este método esta basado en principios estadísticos por lo que se hacen observaciones instantáneas sistemáticas en intervalos de los minutos, anotando el tipo de movimiento que se efectúan en ese instante.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Tamaño de muestra

Se determinó el tamaño de cien trozas las cuales fueron elegidas al azar. Este número de trozas es común y tradicional para este tipo de estudios de rendimiento ya que nos da un límite de confiabilidad aceptable (Zavala y Hernández 2000), cabe mencionar que la norma mexicana establece que se deben de tener una muestra de 36 trozas como mínimo.

Las 100 trozas utilizadas para la determinación del coeficiente de aserrío fueron divididas en siete clases diamétricas, como se puede observar en la figura 3.

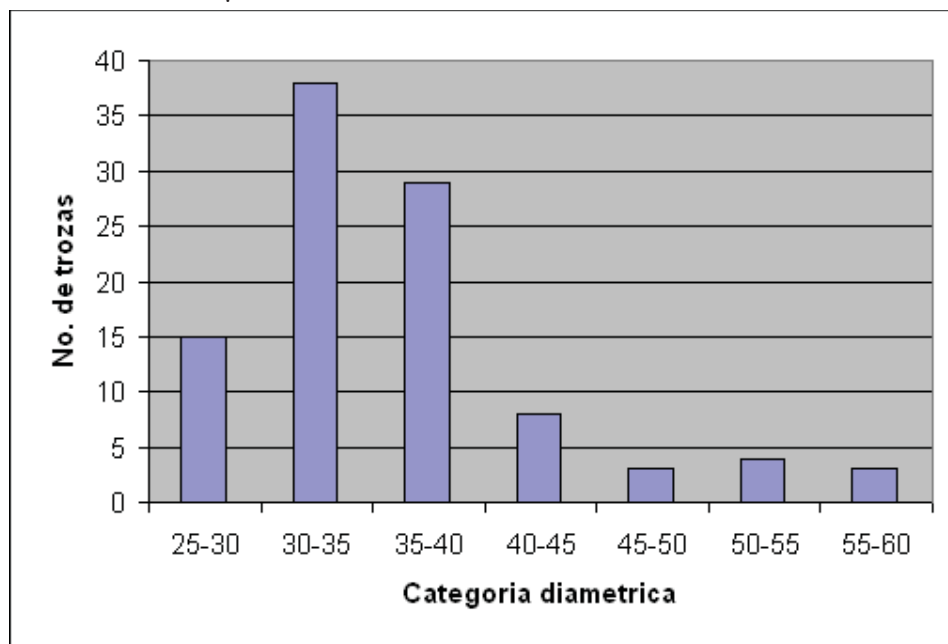


Figura 3 . Distribución por categoría diamétrica de la trocería

5.2 Clasificación de la trocería

La clasificación de la trocería de pino se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-C-359-1988 (DGN, 1988) La cual establece lo siguiente: México Extra = Alta calidad; México 1 = Primera calidad; México 2 = Segunda calidad; México 3 = Tercera calidad; México 4 = Cuarta calidad; México 5 = Quinta calidad. Las trozas deben tener un diámetro y longitud mínimos de 25 cm y 2.44 m, respectivamente.

Las especificaciones para cada clase incluyen diámetro mínimo, forma de la sección transversal, nudos, curvatura, ahusamiento, cicatrices, abultamientos, rajaduras, ataque de

insectos, manchas, duramen, albura, y caladuras. En virtud de la disminución de la calidad de las trozas los defectos que aceptan son mayores.

Clase 1. Forma de la sección transversal casi circular, admite hasta 5 cm de excentricidad de la médula, hasta 2 nudos macizos de 5 cm de diámetro, admite una cicatriz, una raspadura de 25 cm de longitud por 2.5 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad respectivamente, una rajadura de 25 cm de longitud y 2.5 cm de profundidad, no admite abultamientos, ataque de insectos, quemaduras, caladuras ni manchas, el duramen debe ser sano y no mayor de 25 cm de diámetro.

Clase 2. Forma de la sección transversal ligeramente ovalada, admite hasta 5 cm de excentricidad de la médula, hasta 3 nudos macizos de 5 cm de diámetro, una cicatriz y una raspadura de 50 cm de longitud por 5 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad respectivamente, una rajadura de 50 cm de longitud y 5 cm de profundidad, un abultamiento hasta de 5 cm de diámetro, ataque de insectos ligeros, no admite quemaduras, admite caladuras de 10 cm de ancho por 25 cm de longitud y 2.5 cm de profundidad, admite manchas en el centro hasta de 10 cm, el duramen debe ser sano y no mayor de 25 cm de diámetro.

Clase 3. Forma de la sección transversal ligeramente ovalada, admite hasta 7.5 cm de excentricidad de la médula, hasta 4 nudos macizos de 5 cm de diámetro, admite dos cicatrices y dos raspaduras de 50 cm de longitud por 5 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad respectivamente, dos rajaduras de 50 cm de longitud y 5 cm. de profundidad, admite dos abultamientos hasta de 5 cm de diámetro, ataque de insectos ligeros, admite quemaduras superficiales hasta 10% del área total de la troza, dos caladuras de 10 cm. de ancho por 25 cm de longitud y 2.5 de profundidad, admite manchas en el centro hasta de 10 cm, el duramen debe ser sano y no mayor de 25 cm de diámetro.

Clase 4. Forma de la sección transversal ligeramente ovalada, admite hasta 7.5 cm de excentricidad de la médula, hasta 5 nudos macizos de 5 cm de diámetro, tres cicatrices y tres raspaduras de 50 cm de longitud por 5 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad respectivamente, tres rajaduras de 50 cm de longitud y 5 cm de profundidad, admite tres abultamientos hasta de 5 cm de diámetro, ataque de insectos ligeros, quemaduras superficiales hasta 20% del área total de la troza, admite caladuras sin restricción, manchas en el centro hasta de 10 cm, admite pudrición en el duramen hasta de 5 cm de diámetro.

Clase 5. Forma de la sección transversal ovalada, excentricidad de la médula sin restricción, admite hasta 6 nudos macizos de 5 cm de diámetro, cuatro cicatrices y cuatro raspaduras de 50 cm de longitud por 5 cm de ancho y de 2.5 cm y 5 cm de profundidad respectivamente, cuatro rajaduras de 50 cm de longitud y profundidad máxima radial, admite cuatro abultamientos hasta de 5 cm de diámetro, ataque de insectos sin restricciones, admite quemaduras superficiales hasta 30% del área total de la troza, caladuras y manchas sin restricciones, admite pudrición en el duramen hasta de 5 cm de diámetro.

5.3. Cubicación de la trocería

Para la determinación del volumen de la trocería, se midió la longitud real de cada una de las trozas, así como el diámetro de cada extremo, sin corteza; la medición se realizó con cinta métrica, con aproximación al centímetro. Se estimó el área de la sección transversal considerándola como un círculo; para las trozas que no sean circulares se tomó como diámetro real el promedio de dos mediciones de los diámetros. A continuación se muestra la medición de la trocería (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Determinación del diámetro de una troza.

La cubicación de la trocería se determinó de acuerdo a la fórmula de Smalian:

$$V = \frac{B+b}{2}L$$

Donde:

V = volumen en m^3

B, b = áreas de sección transversal de los extremos de las trozas en m^2 .

L = longitud en m.



Figura 5. Determinación de la longitud de una troza.

5.4. Cubicación de la madera aserrada.

Para la cubicación de la madera aserrada se determinó el volumen real de la madera utilizando los promedios de las dimensiones de las tablas obtenidas. En cada tabla se obtuvo el espesor promedio a través de seis mediciones, tres en cada canto a la misma distancia entre ellas a lo largo de la tabla a doce pulgadas de los extremos. El ancho real se calculó por el promedio de tres mediciones. Todas las medidas se realizaron con aproximación al milímetro. Para la longitud se tomó una medición con aproximación al centímetro. En el anexo 2 se tiene la cubicación de la trocería, así como su clasificación.

5.5. Clasificación de la madera aserrada.

Es recomendable la clasificación de la madera aserrada de acuerdo a la norma mexicana NOM-C-18-1986 (1986), donde establece la siguiente clasificación para la madera aserrada de pino: Grado "A" = selecta; Grado "B" = Primera; Grado "C" = Segunda; Grado "D" = Tercera; Grado "E" = Cuarta; Grado "F" = Desecho.

Las especificaciones para cada clase incluyen las características de los nudos, manchas, bolsas de resina, picaduras, pudriciones, orientación del hilo o grano de la madera y torceduras.

En la empresa sin embargo no se usa la mencionada norma mexicana, esta clasificación se lleva de acuerdo a su propio criterio donde solo se tienen dos clases que son: clase y tercera.

5.5. Proporción de subproductos

Para la cubicación de los subproductos (recortes, costeras, etc.) el volumen de los subproductos se determinó a través de los productos generados de una muestra de doce trozas, pesando las costeras, recortes y relacionando su valor con el peso de las tablas de dimensiones conocidas para determinar el volumen de las costeras. El volumen del aserrín se calculó por la diferencia entre el volumen real de las trozas y el volumen real de la madera aserrada, costeras y recortes.

5.6. Refuerzos de la madera aserrada

Una vez obtenidas las medidas reales de la madera aserrada, se procedió a compararlas con las medidas nominales para obtener el excedente o refuerzo en cada una de las medidas como fueron el espesor, ancho y largo de la madera (anexo 6).

5.7. El coeficiente de aserrío

La determinación del coeficiente de aserrío de las trozas procesadas se utilizó la relación: volumen de la madera aserrada contra el volumen de las trozas en unidades métricas y expresadas en porcentaje. Se analizaron dos tipos de proporciones, el coeficiente de aserrío nominal, a través de la relación del volumen de madera aserrada en dimensiones nominales, dividido entre el volumen real de las trozas, y el coeficiente de aserrío real que se deriva de la relación del volumen real de madera aserrada y el volumen real de las trozas (anexo 5).

Coeficiente de aserrío: En el estudio de rendimiento en el proceso de asierre se evalúa el volumen de madera aserrada en rollo; expresándose en por la siguiente expresión:

$$C.A. = \frac{\text{m}^3 \text{ de madera aserrada}}{\text{m}^3 \text{ de madera en rollo}} \times 100$$

Donde:

C.A.= Coeficiente de aserrío

5.8. Estudio de rendimiento por cada troza

En un estudio de rendimiento se evalúa la madera aserrada que se obtiene de cada troza, siendo la relación entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en troza.

En este estudio se determinó el coeficiente de aserrío para cada troza (Zavala y Hernández 2000).

Una vez determinado el rendimiento por troza, se realizó un análisis estadístico de la información este análisis permite expresar una relación entre las variables por medio de una ecuación, en este caso se utilizó la regresión lineal. Esta regresión permite estimar o predecir una de las variables (dependiente) en función del conocimiento de la otra (independiente) basado en la ecuación de la recta (Chávez y Guillén, 1997). Las variables consideradas son volumen en troza (x) y volumen en tabla (y).

Para el estudio de rendimiento por cada troza, se siguieron los siguientes pasos:

1) Definir especie a estudiar:

En este estudio se obtuvo el rendimiento de pinus spp.

2) Selección de las trozas.

Se seleccionaron al azar 20 trozas con el objetivo de determinar las clases diamétricas más representativas. Es decir se desecharon las trozas que están fuera de los diámetros de mayor aprovechamiento. Enseguida se seleccionaron trozas al azar que están dentro de estas clases y se completa el número de muestras por clase diamétrica, el cual para fines estadísticos la recomendación práctica es de 30 trozas por especie. Realizado el muestreo se evaluaron 10 trozas por clase diamétrica representativa por lo que se deben de obtener por lo menos 3 clases (Chávez y Guillén 1997).

3) Recolección de datos.

Tanto para la medición como para la clasificación de las trozas, se realizaron mediante el mismo procedimiento que el utilizado para el coeficiente de aserrío. Incluso también se pintaron los extremos para su identificación. De igual manera, se utilizó la fórmula de Smalian para su cubicación (ver anexo 4 para la información de cada troza).

4) Proceso de aserrío.

Las trozas fueron sometidas al proceso industrial en el que mediante una serie de sierras se obtuvo madera de dimensión comercial.

5) Cuantificación y clasificación de la madera aserrada.

Al obtenerse la madera aserrada, de inmediato se separaron por medidas así como por la calidad de las mismas. Para su cubicación se siguió el mismo procedimiento utilizado en la determinación del coeficiente de aserrío, esto es mediante la siguiente fórmula:

$$V=A \times G \times L$$

En el anexo 6 se muestran los datos de la madera aserrada.

Para determinar el rendimiento por troza se utilizó la fórmula del coeficiente de aserrío.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Vol. De madera aserrada}}{\text{Vol. de madera en rollo}} \times 100$$

6) Análisis estadístico de la información:

El análisis que se aplicó fue el de correlación determinando con esto el grado de relación que existe entre dos variables para este caso en particular, se utilizó la regresión lineal.

En este análisis se expresa la relación entre las variables. En este caso el volumen en troza representado por X y el volumen obtenido en tablas representado por la variable dependiente y.

Numéricamente el grado de asociación (r) 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. Lo cual significa que existe total independencia entre las variables.

Se obtuvieron datos de 30 trozas procesadas en el aserradero, esta información se presenta en el anexo 4 y 6. Para procesar la información se usó la hoja de cálculo de EXCEL.

5.9. Estudio de tiempos y movimientos: (Chávez y Guillen 1997)

Para el presente trabajo se realizó un estudio de tiempos y movimientos en la sierra principal del aserradero, utilizando el método de muestreo.

El muestreo de trabajo es una técnica que se utiliza para determinar las proporciones del tiempo total dedicadas a las diversas actividades que forman una área de trabajo. Con los resultados del muestreo se determinan tolerancias o márgenes aplicables al trabajo, para evaluar la utilización de las máquinas y para establecer estándares de producción. El muestreo es un método que proporciona la información a un costo menor que con otras técnicas cronométricas y se obtiene con rapidez.

Este método está basado en principios estadísticos por lo que se hacen observaciones instantáneas sistemáticas en intervalos de los minutos, anotando el tipo de movimiento que se efectúan en ese instante.

Se siguieron los siguientes pasos:

Primer paso: Se definió el flujo de aserrío y el método de estudio. Para la definición del flujo, fue necesario determinar el recorrido que hacen las trozas desde el patio de almacenamiento hasta la clasificación de la madera una vez aserrada. El método de estudio utilizado fue el de muestreo. El cual consiste en hacer observaciones instantáneas sistemáticamente a intervalos de dos minutos, anotando el tipo de movimiento que se está llevando a cabo en ese preciso instante. Dichas observaciones fueron anotadas en la plantilla de correspondiente.

Segundo paso: Se determinó el número de observaciones. Algunos autores recomiendan que se deben de hacer como mínimo 300 observaciones, aunque pudieran llegar a tomarse hasta 2000. Es recomendable que sean recolectadas durante dos semanas. Debido a la

época del año en que se hizo el estudio, (cerca del fin de temporada) se tomaron un mínimo de 1080 observaciones. Otra forma de determinar el número de observaciones es mediante fórmula (Chávez, A. y A. Guillen) como se muestra a continuación:

$$N = \frac{Z^2 \times Q}{E^2 \times Q}$$

DONDE:

N = Número de observaciones

Z = Desviación normal dependiente del nivel de confianza deseado

Cuadro no. 3. Porcentaje de de confianza y valor de Z

% de confianza	valor de Z
90	1.94
95	1.96
99	7.58

Q = (1-D) Porcentaje del tiempo programado en que no ocurren atrasos, expresado como decimal.

E= Error permitido.

D = Porcentaje del tiempo programado en que ocurren atrasos, expresado como decimal.

En el presente estudio, se realizó un pequeño muestreo durante 6 horas laborales, llevando a cabo una observación cada 2 minutos obteniéndose los siguientes resultados.

Tiempo efectivo de sierra principal: 67%

Tiempo no efectivo. 33%

Tomando en consideración un nivel de confianza del 90% se aplicó la fórmula para encontrar el número de observaciones necesarias por lo que tendremos:

$$N = \frac{Z^2 \times Q}{E^2 \times D} = \frac{(1.94)^2 (0.67)}{(0.1)^2 (0.33)} = 764 \text{ obs.}$$

Lo anterior significa que se requiere 764 observaciones como mínimo para obtener datos confiables.

Tercer paso: La toma de datos. Se anotó la hora de inicio del estudio cada día y la hora que finalizó. Se registraron todas las trozas que fueron aserradas en el periodo de las observaciones. Se tomaron los siguientes datos de las trozas: Especie, número de troza, longitud y diámetro mayor y menor. Se realizaron las observaciones cada dos minutos

anotando el movimiento ejecutado en ese instante. Todo esto se registró en el formato respectivo.

Cuarto paso: Procesamiento de los datos. Con las observaciones realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

- 1.- Porcentaje de tiempos trabajados y no trabajados.
- 2.- Número total de observaciones realizadas.
- 3.- Horas de observación.
- 4.- Jornadas de trabajo muestreadas.
- 5.- Número y volumen de trozas aserradas.
- 6.- Número de trabajadores que intervinieron en la planta de aserrío.
- 7.- Rendimiento en horas por metro cúbico.
- 8.- Rendimiento en trozas por hora.
- 9.- Rendimiento en metros cúbicos por hora por hombre.

5.10. Descripción de la maquinaria.

Las máquinas empleadas en el centro industrial fueron las siguientes:

A) En el aserradero:

- 1.- Torre principal. Esta torre cuenta con volantes de 1 m de diámetro y 10 cm de ancho. Cuenta con un motor de 60 H.P. (Figura 6).



Figura 6. Torre principal.

2.- La sierra cinta: Esta sierra se encuentra en la torre principal, la cual es la herramienta de corte más importante del aserradero ya que es donde se tiene el mayor trabajo. La sierra cinta tiene las siguientes características:

Ancho - 5" calibre - 17 suaje - 1/8", paso entre dientes - 1.5"

Los dientes de la sierra tienen los siguientes ángulos:

Ángulo de incidencia. Variable, fluctuando entre los 18° y 20°, esta variación se presente de una sierra a otra e incluso en la misma sierra, esta variación también se presenta en los demás ángulos del diente de la sierra.

Ángulo de filo. Este ángulo también varía entre los 46° a 58°.

Ángulo de ataque. Fluctúa su valor entre 17° a 23°.

3.- Carro porta trozas. Cuenta con un carro porta trozas, con sistema de fricción accionado por un motor eléctrico de 5 H.P., dotado de dos escuadras y corre sobre una vía de 11.10 metros de largo (figura 7).



Figura 7. Carro porta trozas

4.- La maquina desorilladora. Esta máquina es accionada por un motor eléctrico de 10 H.P. cuenta con dos sierras circulares de 36 cm de diámetro, la cual a su vez cuenta con 28 dientes. Se puede observar la desorilladora en la figura 8. Con esta máquina se le da la dimensión en ancho a la madera aserrada.



Figura 8. Desorilladora.

5.- Máquina cabeceadora (Péndulo). En esta máquina se le da la longitud final a la madera. Es accionada por un motor de 10 H.P. Tiene como herramienta de corte a una sierra circular de 40 cm de diámetro contando ésta con 100 dientes (Figura 9).



Figura 9. Péndulo.

6.- Tina de preservación. Se cuenta con una tina para preservación de la madera, la cual no se utiliza. Esta tina mide 1.5 m de ancho por 3.5 de largo.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1.- Coeficiente de aserrío

Cuadro 4. Resultados del coeficiente de aserrío.

	m ³	%
Volumen madera en rollo	27.167	100
Al aserrarse se obtuvo:		
Volumen madera aserrada dimensiones comerciales	14.514	53.54
Volumen de madera en cortas dimensiones	0.72336	2.66
Volumen de residuos de asierre	11.898	43.81
TOTAL	27.162	99.99

$$\text{Coeficiente de aserrío (C. A.)} = \frac{14.541}{27.167} \times 100 = 53.52 \quad \text{C. A.} = 53.52 \%$$

Para la determinación de los subproductos se realizó a través de los subproductos generados por una muestra de doce trozas, pesando las costeras y recortes y relacionado su valor con el peso de la madera aserrada de dimensiones conocidas. De las trozas se obtuvo un volumen de 3.674m³r, los cuales generaron 2.2527m³ de madera aserrada por lo que su coeficiente de aserrío fue de 61%, así como un 1.4% de madera de cortas dimensiones. El peso de los subproductos se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Peso de los subproductos de 12 trozas

Peso de los residuos del cabeceado	35 kg.
Peso de las tiras	353 kg.
Peso de las costeras	380 kg.
Peso de la leña	104 kg.
Peso de la madera por metro cúbico	745 Kg.

Mediante el peso de madera aserrada de dimensiones conocidas se determinó que el peso por metro cúbico de la madera es de 745 kg. Lo cual esta dentro de los valores que reporta la bibliografía (Robles y Echenique 1983).

Para determinar el volumen de cada subproducto, se relacionó su peso con el de un metro cúbico de madera mediante una regla de tres. Ejemplo: Utilizando el peso de las orillas.

745 kg. -----1 m³

353 kg. ----- X

$$X = \frac{353kg}{745kg/m^3} = 0.4738 \text{ m}^3$$

Por lo que el volumen de las orillas es 0.4738 m³.

Relacionando el volumen de la madera en rollo de la muestra (3.674 m³) con el de las orillas mediante una regla de tres determinamos el porcentaje de orillas.

$$\begin{array}{l} 3.674\text{m}^3 \text{ -----} 100\% \\ 0.4738 \text{ m}^3 \text{ -----} X \end{array} \quad X = \frac{0.4738 \text{ m}^3}{3.674 \text{ m}^3} \times 100 = 12.89\%$$

Esto significa que las orillas representan un 12.89 %

Los valores obtenidos para cada subproducto son los siguientes:

Cuadro 6. Peso de subproductos

SUBPRODUCTO	PESO(Kg)	VOLUMEN(m ³)	%
Orillas	353	0.4734	12.89
Residuos de cabeceado	35	0.0469	1.27
Costeras	380	0.51	13.88
Leña	104	0.1395	3.79
TOTALES	872	1.1698	31.83

Con los valores anteriores podemos deducir lo siguiente:

Madera de dimensión comercial	61%
Madera de cortas dimensiones	1.4%
Subproductos	31.83 %
TOTAL	94 %

Por lo que el 6% restante es de aserrín.

El volumen de madera en cortas dimensiones (C.D.) = 0.723 m³ por lo que se determinó el porcentaje de esta madera mediante la ecuación siguiente.

$$\% \text{ madera C. D.} = \frac{\text{Vol. Cortas dimensiones}}{\text{Vol. de madera rollo}} \times 100 = \frac{0.723}{27.167} \times 100$$

$$\text{C.A de C.D.} = 2.66 \%$$

Al sumar el C. A. más % de cortas dimensiones tenemos:

$53.52 + 2.66 = 56.18 \%$ Con lo cual se deduce que el resto de los subproductos formarán el restante 43.82% Como se hizo notar en la muestra de 12 trozas los subproductos suman un 37.83% por lo que podemos ver una diferencia de: 5.97% Este

valor se dividió en forma proporcional para cada subproducto para así obtener el nuevo valor de la forma siguiente (Dobie 1973).

Se dividió 5.97 entre el valor total de los subproductos de la muestra (37.83%)

$$\frac{5.97\%}{37.83\%} = 0.1583399$$

El valor encontrado se multiplica por el porcentaje de cada subproducto y el resultado se sumó a cada porcentaje para obtener el nuevo valor de cada subproducto.

EJEMPLO:

Orillas – 12.89%

$$(12.89\%) (0.1578112) = 2.0341$$

$$2.0341 + 12.89 = 14.92\%$$

El nuevo valor para las orillas fue de 14.92%

Se hizo lo mismo para cada subproducto con lo que se obtuvieron los valores siguientes:

Cuadro 7. Proporción y volumen de subproductos para las cien trozas.

Subproducto	%	Volumen (m ³)
Orillas	14.93%	4.056
Residuos de cabeceado	1.47%	0.399
Costeras	16.07%	4.364
Leña	4.39%	1.192
Aserrín	6.95	1.887
TOTALES	43.80	11.898

A continuación se presenta el resumen del coeficiente de aserrío real y nominal.

Cuadro 8. Coeficiente de aserrío.

Vol. m ³ r	Vol. Aserrado real m ³	Vol. Aserrío nom. m ³	C. A. REAL	C. A. NOMINAL
27.167	14.541513	10.2774453	53.44%	37.77%

Como podemos observar en el cuadro 8 la diferencia entre el coeficiente de aserrío real y nominal es de 15.67 % es cual es similar con resultados obtenidos en otros trabajos como el de Garibay (2007).

Las trozas que se estudiaron se clasificaron de acuerdo a su calidad y se presentan a continuación

Cuadro 9. Clase diamétrica y calidad de las trozas.

Categoría Diamétrica	Calidad de las trozas									
	1a		2a		3a		4a		5a	
	No. de trozas	Vol. m ³ r	No. de trozas	Vol. m ³ r	No. de trozas	Vol. m ³ r	No. de trozas	Vol. m ³ r	No. de trozas	Vol. m ³ r
25-30	2	0.3109289	3	0.4448808	4	0.69015376	4	0.5918951	1	0.1396
30-35	9	1.987622	15	3.1090778	13	2.6441618	2	0.4834443		
35-40	6	1.7295985	9	2.587159	11	3.1457528	3	0.8891015		
40-45	1	0.3269306	2	0.743378	1	0.39860621	4	1.406975		
45-50					3	1.34758814	1	0.5470523		
50-55			2	1.164	1	0.56288833	2	1.3114197		
55-60			1	0.6461266						
sumas	18	4.3550799	32	8.6946222	33	8.78915104	16	5.2298879	1	0.1396

Cuadro 10. Calidad global de las trozas.

Calidad de las trozas	No. de trozas	Vol. m ³ r	%
1a	18	4.3550799	16.0063912
2a	32	8.69466222	31.9558235
3a	33	8.78915104	32.3031018
4a	16	5.2298879	19.2216063
5a	1	0.1396	0.5130772
sumas	100	27.167	100

De la clasificación en los cuadros 9 y 10 deducimos que la mayoría de las trozas están clasificadas en las clases 2ª (32) y 3ª (33), así como una cantidad considerable de 4ª clase lo cual influye en el coeficiente de aerio, como sabemos a mayor calidad de las trozas se obtiene un C.A. mas elevado y viceversa. Por otra parte la clase diamétrica con mayor cantidad de trozas son las de 30-35 y 35-40 se considera que a mayor diámetro se obtiene un mayor C.A.

Refuerzos en ancho, grueso y largo de la madera aserrada

Cuadro 11. Grueso real vs Grueso nominal

Grueso Comercial(mm)	Grueso Real (cm)	Refuerzo	% De Refuerzo.
19	24	5	21
19	25	6	24
19	26	7	26

Cuadro 12 Ancho Real vs. Ancho nominal

Ancho Comercial(cm)	Ancho Real(cm)	Refuerzo	% De Refuerzo
10.2	11.1	0.9	9
15.2	16.4	1.2	8
20.3	21.5	1.2	6
25.4	26.4	1	4
30.5	31.6	1.1	4

Cuadro 13. Largo Real vs. Largo nominal

Largo Comercial(m)	Largo Real(m)	Refuerzo	% De Refuerzo
2.44	2.51	0.07	2.78
	2.52	0.08	3.17

Los refuerzos presentados en los cuadros 11, 12 y 13 representan un volumen considerable de madera. En estos podemos deducir que la madera utilizada para este fin suma un volumen total de 4.264 m³ (Anexo. 3).

6.2.- Estudio de rendimiento por troza

Datos de la madera en rollo para análisis de regresión y grafica.

Cuadro 14. Datos de volumen en rollo y aserrado para análisis de regresión.

Troza no.	X	Y	X ²	Y ²	X Y
1	0.52	0.35	0.27	0.12	0.18
2	0.40	0.24	0.16	0.06	0.10
3	0.13	0.04	0.02	0.00	0.01
4	0.34	0.23	0.12	0.05	0.08
5	0.35	0.22	0.12	0.05	0.08
6	0.23	0.11	0.05	0.01	0.03
7	0.17	0.13	0.03	0.02	0.02
8	0.16	0.09	0.03	0.01	0.01
9	0.45	0.33	0.20	0.11	0.15
10	0.33	0.15	0.11	0.02	0.05
11	0.21	0.12	0.04	0.01	0.03
12	0.39	0.28	0.15	0.08	0.11
13	0.31	0.23	0.10	0.05	0.07
14	0.30	0.21	0.09	0.04	0.06
15	0.24	0.13	0.06	0.02	0.03
16	0.18	0.10	0.03	0.01	0.02
17	0.43	0.18	0.18	0.03	0.08
18	0.40	0.18	0.16	0.03	0.07
19	0.36	0.19	0.13	0.04	0.07
20	0.37	0.22	0.14	0.05	0.08
21	0.25	0.19	0.06	0.04	0.05
22	0.39	0.29	0.15	0.08	0.11
23	0.22	0.19	0.05	0.04	0.04
24	0.29	0.21	0.08	0.04	0.06
25	0.20	0.12	0.04	0.01	0.02
26	0.29	0.17	0.08	0.03	0.05
27	0.15	0.08	0.02	0.01	0.01
28	0.26	0.16	0.07	0.03	0.04
29	0.19	0.11	0.04	0.01	0.02
30	0.22	0.15	0.05	0.02	0.03
Total	8.73	5.40	2.83	1.13	1.76
Promedio	0.29	0.18			

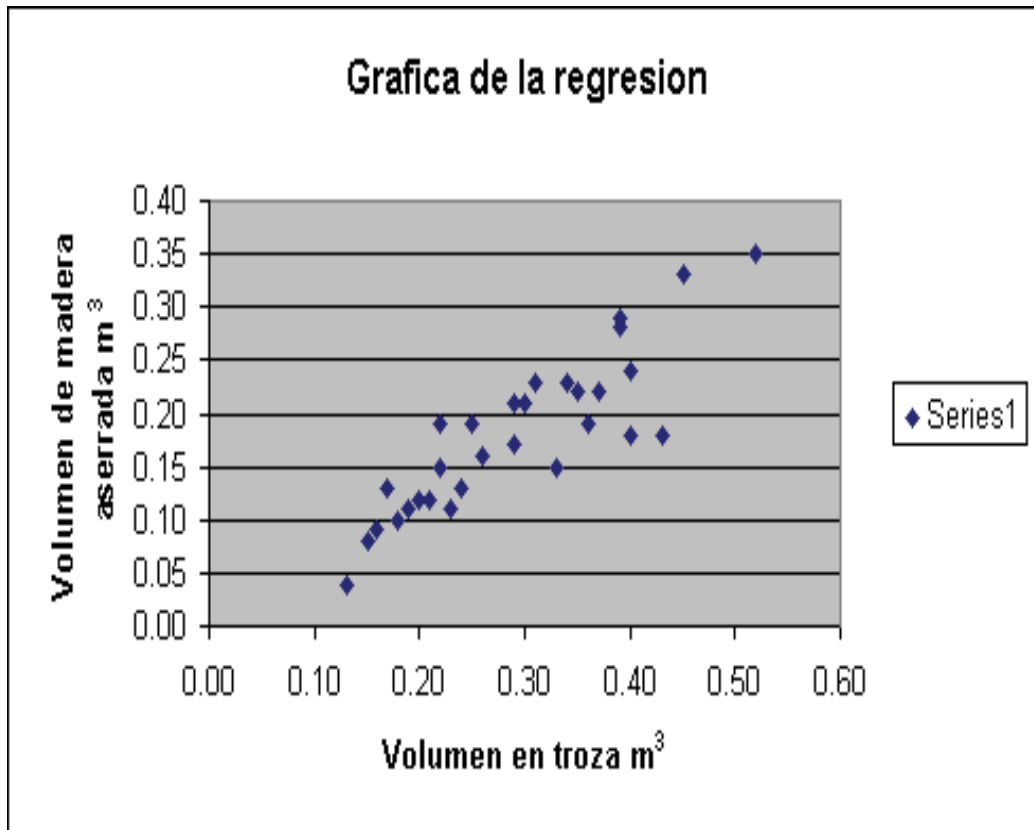


Fig. 10. Gráfica de la regresión.

En la gráfica de la regresión podemos apreciar claramente la relación que se tiene entre el volumen de la troza y el volumen de madera aserrada que se obtiene de la misma. Podemos confirmar que a mayor volumen de troza se obtiene mayor volumen de madera aserrada. De igual manera, aumenta el C.A. (anexo 5).

Los valores estimados son:

	X	Y
Promedio (x), (y)	0.29	0.18
Desviación estándar de la población (sx), (sy)	0.09	0.06
Suma de cuadrados ($\sum x^2$), ($\sum y^2$)	2.83	1.13
Suma total ($\sum x$), ($\sum y$)	8.73	5.4

Producto interior ($\sum xy$)	1.76
Numero de datos	30

Para determinar la desviación estándar (s) es necesario determinar primero la varianza (S^2) mediante la fórmula:

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2 \quad y \quad s = \sqrt{s^2}$$

Para el cálculo de la regresión tenemos la ecuación de la recta:

$$y = a + bx$$

Donde a es una constante y se obtiene a través de la ecuación

$$a = \frac{\sum y - b * \sum x}{n} = \frac{5.4 - 0.6513 * 8.73}{30} = 0.0095$$

$$a = 0.0095$$

b es el coeficiente de regresión

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

$$b = \frac{(30 * 1.76) - (8.73 * 5.4)}{30 * 2.83 - (8.73)^2}$$

$$b = 0.6513$$

r es el coeficiente de correlación

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

$$r = \sqrt{\frac{30 * 1.76 - 8.73 * 5.4}{[30 * 2.83 - (8.73)^2] [30 * 1.13 - (4)^2]}}$$

$$r = 0.368$$

Por lo que el modelo será:

$$y = a + bX$$

$$y = 0.0095 + 0.6513 X$$

6.3.- Estudio de tiempos y movimientos

Cuadro 15. Resultados

Número de observaciones= 1.048	100%			
Maquina Sierra Principal	Tiempo de trabajo en %		Tiempo no trabajando en %	
	Productivo	No productivo	Justificado	No justificado
Aserrando	66.99			
Volteos		8.30		
Reparaciones			2.48	
Mantenimiento			8.49	
Esperas				13.65
Distracciones				
Conversaciones				0.095
Subtotal en %	66.99	8.30	10.97	13.74
Total en %	75.2		24.71	

Se aserraron 3.7252 m³/hr., 0.4656 m³/hr/hombre, 13.14 trozas de 8 pies /hr y 6.82 trozas de 16 pies/hr.

El estudio de tiempos y movimientos nos arroja resultados favorables como podemos ver en el cuadro 15 se obtuvo un tiempo trabajado de 75.29%. Así mismo también se recabaron datos acerca del tiempo no trabajado (24.71) y no justificado (13.74) durante el registro de este tiempo se hicieron observaciones las cuales nos son útiles para determinar la manera en que podemos mejorar el proceso. Se observó que la sierra principal se detenía por periodos prolongados debido a que no se tenían trozas en la rampas de alimentación por lo que todos los empleados de producción debían de arrimarlas, con esto se tenían demoras que podían llegar hasta treinta y cinco minutos.

Como se observa en los resultados, el tiempo de mantenimiento es de 8.49%. El cual en su mayoría se utilizó para hacer cambios de sierra. El tiempo utilizado para estos cambios fue prolongado ya que en ocasiones se afilaba la sierra antes de colocarla nuevamente en la torre principal.

Se observó la falta de empleados suficientes en el proceso, ya que todo el personal de producción dejaba de laborar para apilar madera serrada para su secado al aire libre o para embarcarla.

Con los estudios de rendimiento así como el de tiempos y movimientos podemos obtener información sólida y confiable acerca de lo que ocurre en el proceso de aserrío.

Como podemos observar, el coeficiente de asierre está por encima del mínimo requerido por la dependencia oficial que es el 50 %. Como sabemos el coeficiente de asierre depende en gran medida de la calidad de la materia prima, la cual no fue de alta calidad ya que la mayoría de las trozas estuvieron clasificadas como de segunda y tercera clase. El volumen de residuos de asierre está dentro de lo normal con un 43.8%. Este volumen de madera podría ser aprovechado de mejor manera, ya que se venden las costeras como tal, de igual manera se tiene gran volumen de leña a los cuales se podrían procesar y darles un mayor valor agregado haciendo con ello un aprovechamiento integral del recurso forestal, cabe hacer notar que las trozas no son descortezadas.

Nuestra materia prima, en este estudio en particular es de madera de *Pinus spp* y la característica que nos influye es la calidad de las trozas, ya que los defectos de éstas producen mayor o menor desperdicio dependiendo obviamente de la severidad y extensión de dichos defectos.

El estudio de rendimiento por troza como se puede apreciar se determinó el volumen de madera aserrada por clase en cada troza. En el proceso se obtiene madera de 1ª y de 3ª. Esto debido a que la empresa hace la clasificación en base a su propio criterio. Por lo que en la madera de 1ª acepta defectos como la mancha azul e incluso con gemas. En este estudio se determinó el coeficiente de correlación r el cual fue de 0.368 lo que nos indica una relación positiva entre las variables X y Y . Cabe mencionar que gran parte de la madera presentó la mancha azul, esto provocado por el almacenamiento de la madera en rollo directamente sobre el suelo por un tiempo prolongado ya que en esta madera no se siguió el criterio de primeras entradas primeras salidas.

7. CONCLUSIONES

El presente estudio se realizó en condiciones normales de trabajo, en el cual se determinó un coeficiente de aserrío de 53.52% para la madera de dimensiones comerciales así como un 2.66% para la madera de cortas dimensiones.

Los residuos del asierre o subproductos como también se les conoce se determinó que forman el 43.80%.

Todos los porcentajes están referidos al volumen total de madera en rollo sin corteza el cual fue de 27.167 m³.

El coeficiente de aserrío es aceptable ya que el mínimo requerido es del 50%.

Los subproductos son aprovechados solo en una parte mínima para la fabricación de tarimas para la construcción, por lo que es necesario aprovecharlos integralmente.

En el estudio de rendimiento por troza se cuantificó y clasificó el volumen de madera aserrada de dimensión comercial por cada troza estudiada el cual puede ser utilizado para trabajos sobre rendimiento y rentabilidad del proceso industrial. En este estudio se determinó el grado de correlación entre las variables concluyendo que es una asociación positiva ya que el valor de r es de 0.368.

Se determinó el modelo de la ecuación de la recta que nos permite determinar el volumen de madera aserrada que se obtendrá de una troza de volumen conocido, esta ecuación es: $y = 0.0034 + 0.6513$ (volumen de troza).

Con el estudio de tiempos y movimientos concluimos que es un proceso con algunas deficiencias, las cuales se pueden mejorar en gran medida. Se determinó la falta de equipo necesario en un aserradero así como la falta de personal, lo que implica una organización deficiente. Para ayudar a corregir las deficiencias, se hacen algunas recomendaciones, las cuales se presentan en el subíndice correspondiente (Recomendaciones).

8. RECOMENDACIONES

Realizar el descortezado de la madera en rollo con lo que se podría utilizar a los subproductos en mejor manera, ya que al tenerlos descortezados se podrían utilizar las costera y orillas para la fabricación de palos de escoba, dando con ello un mayor valor agregado al producto.

Valorar la posibilidad de la adquisición de un descortezador o llevar a cabo el proceso por otro método de tal manera que se pueda incrementar la durabilidad del filo de la sierra principal, así como hacer el aprovechamiento de la costera y orillas en la elaboración de cuadrado para palo de escoba, incrementando de esta manera el valor del producto obtenido.

Considerar a los residuos como fuente para la producción de celulosa y tableros aglomerados entre otros°. Podría determinarse si es rentable la adquisición de un astillador una vez que la producción sea aumentada.

Mantener a dos persona arrimando trozas a la rampa de alimentación durante todo el día laboral para evitar la detención del proceso para arrimar trozas.

Tener sierras afiladas y listas para ser montadas en la torre principal evitando con ello demoras por cambio y afilado de sierras. Un buen mantenimiento de la sierra principal implica un afilado adecuado así como darle los ángulos adecuados al diente lo cual dependerá del tipo de madera a cortar. Así mismo se le debe de dar a todos los dientes el mismo ángulo.

Contar con personal designado para el apilado de madera aserrada y embarque de la misma.

Trabajar jornadas de ocho horas como mínimo; ya que con frecuencia se detenía el proceso cuando solo se había trabajado seis horas o menos.

Con las medidas anteriores se puede elevar en gran medida la producción del aserradero, por lo que en su momento pudiera ser de provecho el considerar la utilización de un montacargas para el manejo de la trocería y madera aserrada agilizando aun más el proceso.

Aplicar el criterio de primeras entradas primeras salidas para el manejo de la trocería evitando mantener las trozas por mucho tiempo sobre el suelo ya que se encuentra a merced del ataque de hongos causantes de la mancha azul o algunos insectos xilófagos.

Utilización de métodos de control de calidad, Ya que la madera aserrada debe competir en el mercado tanto en precio como en calidad recordando que esta competencia se lleva a cabo en un mercado cada vez mas globalizado.

9. BIBLIOGRAFIA

Aguilera, A., L. Inzunza, R. Alzamora, L. Tapia. 2005. Evaluación del costo de producción de faenas de serrio portátil. Bosque, Vol.26 No. 2, 107-114 p.

Alvarez, V. J.H. 1986. Apuntes de Dendrometría. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Bailey, G.R. 1973. Lumber recovery from straight aspen logs. Forest Prod. J.23(4):47-54.p

Brown, A.G. y R.G. Miller. 1975. Effect of sweep on saw recovery from radiata pine logs. Can. For. Ind. 93(12):28-29.

Castro, A. Z. 1992. Determinación del coeficiente de aserrío en la empresa “Productora Forestal Acuitzio-Villa madero”. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 95p.

Clark, A.Ill., A.M. taras y G.J. Shroeder. 1974. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of yellow- poplar. USDA. For. Ser.Res. Pap. SE-119,15 p.

Chávez, A., A. Guillen. 1997. Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío. Manual Practico. Proyecto BOLFOR. Bolivia. 26 p.

Dirección General de Normas (DGN). 1986. Norma Mexicana NOM-C-18-1986. Industria de la Construcción – Tablas y Tablones de Pino - Clasificación. DGN. SECOFI. México. 16 p.

Dirección General de Normas (DGN). 1988. Norma Oficial Mexicana. NOM-C 359- 1988. Industria Maderera – Trocería de Pino - Clasificación. DGN. SECOFI. 23 p.

Dobie, J. 1966. Log taper related to lumber production. B.C. Lumberman. 48(5):80-85.

Dobie, J. 1973. Coeficientes de aserrío. Bosques y Fauna. 10(2):3-13

Dobie, J. y D.M. Wright. 1975. Conversion factors for the forest products industry in western Canada. West. For. Prod. Lab. Inf. Rep. XP-X97, Vancouver, B.C. Canada. 7 p.

García R., J. D., L. Morales A., y S. Valencia M. 2001. Coeficiente de aserrío para cuatro aserraderos banda en el sur de Jalisco. Floresta-AN. Nota técnica No. 5. UAAAN, Saltillo, Coah. 12 p.

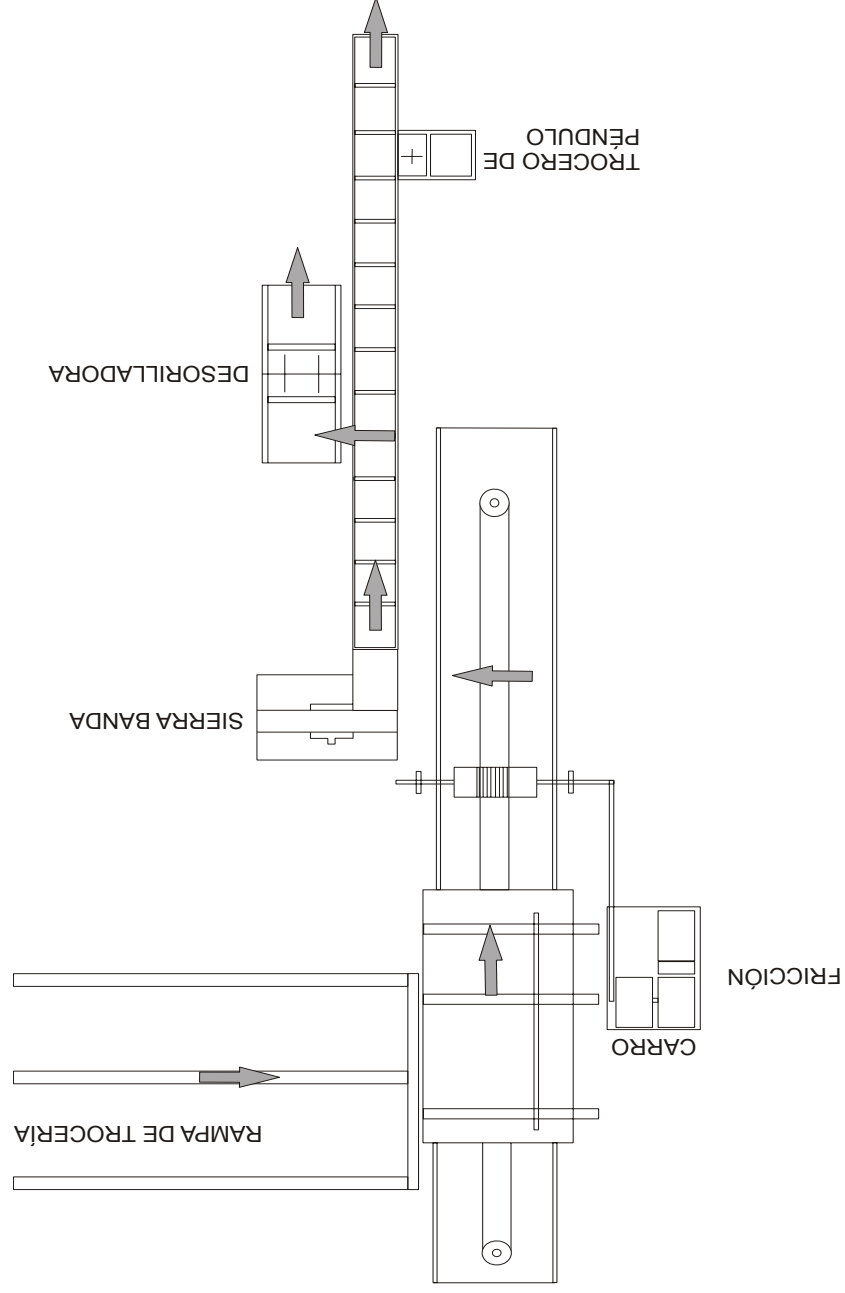
Kerbes, E.L. y J.A. McIntosh. 1968. some relationship between exterior log characteristics and lumber recovery values for samples of B.C. interior spruce. WFPL. Inf. Rep. VP.X-41.19p.

Niebel, B. W. 1996. Ingeniería industrial, Métodos, tiempos y movimientos. Editorial Alfaomega. 9ª. Edición. México, D.F. 880 p.

- Pedraza, B. F. E. 1994. Ciencia y Tecnología de la Madera. Escuela de Ingeniería en Tecnología de Madera. U.M.S.N.H. p. (2)11-.
- Phillips, D.R. y J.G. Schoeder. 1975. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of shortleaf pine. USDA: For. Ser. Pap. SE-128, 12p.
- Pnevmaticos, S.M., I.B. Flann., y F.J. Petro. 1971. How long characteristics relate to sawing prof. Can. For. Ind. 91(1).40-43.
- Robles, F.V. F. y R. Echenique –M. 1983. Estructuras de madera. Editorial Limusa. 367 p
- Serrato, R. R.1995. Determinación del coeficiente de aserrío en la empresa del C. Joaquín Areola E. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 44 p.
- Trujillo, D. R. J. J. 1976. Elementos de ingeniería industrial. Editorial Limusa. 2ª Reimpresión. Mexico, D.F. 283 p
- Vaughn, R. C. 1997. Introducción a la ingeniería industrial. Editorial Reverté S.A. 2ª. Edición. México. D.F.
- Vega, G.F. 2007. Tesis. Interrelación de las características de la trocería con el coeficiente de aprovechamiento y las características de la madera aserrada. 113 p.
- Willinston, E.M. 1978. Lumber manufacturing. Miller Freeman Publications. Second edition USA. 511 pp.
- Zavala, Z. D. y R. Hernández. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de torcería de pino. Maderas y Bosques. 6(2). 41-55 p.

10. ANEXOS

Anexo 1. Croquis de distribución de maquinaria del aserradero.



Anexo 2. Determinación de volumen por troza y categoría diamétrica.

Troza No.	Clase	Diámetro 1 (m)	Diámetro 2 (m)	Diámetro Promedio	Categoría Diamétrica	Área 1 (m ²)	Área 2 (m)	Área Media (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)
67	1a	0.29	0.25	0.2700	25-30	0.0661	0.0491	0.0576	2.62	0.1508
32	1a	0.28	0.28	0.2800	25-30	0.0616	0.0616	0.0616	2.6	0.1601
5	1a	0.31	0.32	0.3150	30-35	0.0755	0.0804	0.0780	2.6	0.2027
1	1a	0.31	0.33	0.3200	30-35	0.0755	0.0855	0.0805	2.62	0.2109
30	1a	0.32	0.32	0.3200	30-35	0.0804	0.0804	0.0804	2.61	0.2099
23	1a	0.32	0.33	0.3250	30-35	0.0804	0.0855	0.0830	2.59	0.2149
48	1a	0.34	0.31	0.3250	30-35	0.0908	0.0755	0.0831	2.61	0.2170
45	1a	0.33	0.33	0.3300	30-35	0.0855	0.0855	0.0855	2.62	0.2241
41	1a	0.32	0.35	0.3350	30-35	0.0804	0.0962	0.0883	2.59	0.2287
8	1a	0.35	0.33	0.3400	30-35	0.0962	0.0855	0.0909	2.59	0.2354
40	1a	0.35	0.34	0.3450	30-35	0.0962	0.0908	0.0935	2.61	0.2440
25	1a	0.35	0.36	0.3550	35-40	0.0962	0.1018	0.0990	2.61	0.2584
36	1a	0.35	0.36	0.3550	35-40	0.0962	0.1018	0.0990	2.62	0.2594
56	1a	0.37	0.38	0.3750	35-40	0.1075	0.1134	0.1105	2.59	0.2861
64	1a	0.37	0.4	0.3850	35-40	0.1075	0.1257	0.1166	2.64	0.3078
35	1a	0.41	0.38	0.3950	35-40	0.1320	0.1134	0.1227	2.64	0.3240
33	1a	0.39	0.41	0.4000	40-45	0.1195	0.1320	0.1257	2.6	0.3269
10	1a	0.37	0.39	0.3800	35-40	0.1075	0.1195	0.1135	2.59	0.2939
18	2a	0.25	0.26	0.2550	25-30	0.0491	0.0531	0.0511	2.57	0.1313
24	2a	0.28	0.26	0.2700	25-30	0.0616	0.0531	0.0573	2.62	0.1502
59	2a	0.29	0.28	0.2850	25-30	0.0661	0.0616	0.0638	2.56	0.1634
6	2a	0.29	0.31	0.3000	30-35	0.0661	0.0755	0.0708	2.63	0.1861
29	2a	0.3	0.3	0.3000	30-35	0.0707	0.0707	0.0707	2.62	0.1852
93	2a	0.29	0.31	0.3000	30-35	0.0661	0.0755	0.0708	2.59	0.1833
47	2a	0.3	0.31	0.3050	30-35	0.0707	0.0755	0.0731	2.62	0.1915
90	2a	0.31	0.3	0.3050	30-35	0.0755	0.0707	0.0731	2.62	0.1915
50	2a	0.29	0.33	0.3100	30-35	0.0661	0.0855	0.0758	2.59	0.1963
71	2a	0.29	0.33	0.3100	30-35	0.0661	0.0855	0.0758	2.52	0.1910

Continuación del anexo 2. Determinación de volumen por troza y categoría diamétrica

Troza No.	Clase	Diámetro 1 (m)	Diámetro 2 (m)	Diámetro Promedio	Categoría Diamétrica	Área 1 (m2)	Área 2 (m)	Área Media (m2)	Longitud (m)	Volumen (m3)
53	2a	0.31	0.32	0.3150	30-35	0.0755	0.0804	0.0780	2.62	0.2042
72	2a	0.32	0.32	0.3200	30-35	0.0804	0.0804	0.0804	2.59	0.2083
37	2a	0.34	0.32	0.3300	30-35	0.0908	0.0804	0.0856	2.57	0.2200
55	2a	0.33	0.33	0.3300	30-35	0.0855	0.0855	0.0855	2.61	0.2232
58	2a	0.32	0.34	0.3300	30-35	0.0804	0.0908	0.0856	2.6	0.2226
86	2a	0.34	0.32	0.3300	30-35	0.0908	0.0804	0.0856	2.6	0.2226
17	2a	0.37	0.31	0.3400	30-35	0.1075	0.0755	0.0915	2.59	0.2370
4	2a	0.36	0.33	0.3450	30-35	0.1018	0.0855	0.0937	2.63	0.2463
9	2a	0.35	0.36	0.3550	35-40	0.0962	0.1018	0.0990	2.6	0.2574
21	2a	0.34	0.38	0.3600	35-40	0.0908	0.1134	0.1021	2.62	0.2675
26	2a	0.39	0.34	0.3650	35-40	0.1195	0.0908	0.1051	2.56	0.2691
11	2a	0.37	0.37	0.3700	35-40	0.1075	0.1075	0.1075	2.63	0.2828
76	2a	0.36	0.38	0.3700	35-40	0.1018	0.1134	0.1076	2.59	0.2787
96	2a	0.35	0.42	0.3850	35-40	0.0962	0.1385	0.1174	2.57	0.3017
34	2a	0.38	0.4	0.3900	35-40	0.1134	0.1257	0.1195	2.59	0.3096
80	2a	0.4	0.38	0.3900	35-40	0.1257	0.1134	0.1195	2.6	0.3108
85	2a	0.4	0.38	0.3900	35-40	0.1257	0.1134	0.1195	2.59	0.3096
100	2a	0.4	0.42	0.4100	40-45	0.1257	0.1385	0.1321	2.61	0.3448
98	2a	0.45	0.43	0.4400	40-45	0.1590	0.1452	0.1521	2.62	0.3986
97	2a	0.5	0.51	0.5050	50-55	0.1964	0.2043	0.2003	2.59	0.5188
83	2a	0.56	0.53	0.5450	50-55	0.2463	0.2206	0.2335	2.59	0.6047
7	2a	0.52	0.6	0.5600	55-60	0.2124	0.2827	0.2476	2.61	0.6461
60	3a	0.27	0.3	0.2850	25-30	0.0573	0.0707	0.0640	2.61	0.1670
79	3a	0.29	0.29	0.2900	25-30	0.0661	0.0661	0.0661	2.6	0.1717
16	3a	0.27	0.31	0.2900	25-30	0.0573	0.0755	0.0664	2.61	0.1732
28	3a	0.3	0.28	0.2900	25-30	0.0707	0.0616	0.0661	2.62	0.1733
88	3a	0.3	0.28	0.2900	25-30	0.0707	0.0616	0.0661	2.6	0.1719
20	3a	0.3	0.3	0.3000	30-35	0.0707	0.0707	0.0707	2.61	0.1845
94	3a	0.29	0.31	0.3000	30-35	0.0661	0.0755	0.0708	2.59	0.1833

Continuación del anexo 2. Determinación de volumen por troza y categoría diamétrica

Troza No.	Clase	Diámetro 1 (m)	Diámetro 2 (m)	Diámetro Promedio	Categoría Diamétrica	Área 1 (m2)	Área 2 (m)	Área Media (m2)	Longitud (m)	Volumen (m3)
65	3a	0.3	0.31	0.3050	30-35	0.0707	0.0755	0.0731	2.62	0.1915
87	3a	0.31	0.3	0.3050	30-35	0.0755	0.0707	0.0731	2.59	0.1893
39	3a	0.33	0.29	0.3100	30-35	0.0855	0.0661	0.0758	2.59	0.1963
42	3a	0.3	0.32	0.3100	30-35	0.0707	0.0804	0.0756	2.58	0.1949
43	3a	0.33	0.29	0.3100	30-35	0.0855	0.0661	0.0758	2.61	0.1978
57	3a	0.31	0.33	0.3200	30-35	0.0755	0.0855	0.0805	2.61	0.2101
82	3a	0.32	0.32	0.3200	30-35	0.0804	0.0804	0.0804	2.64	0.2123
51	3a	0.36	0.32	0.3400	30-35	0.1018	0.0804	0.0911	2.62	0.2387
78	3a	0.32	0.36	0.3400	30-35	0.0804	0.1018	0.0911	2.61	0.2378
27	3a	0.33	0.36	0.3450	30-35	0.0855	0.1018	0.0937	2.57	0.2407
46	3a	0.36	0.35	0.3550	35-40	0.1018	0.0962	0.0990	2.55	0.2524
68	3a	0.35	0.36	0.3550	35-40	0.0962	0.1018	0.0990	2.61	0.2584
63	3a	0.33	0.4	0.3650	35-40	0.0855	0.1257	0.1056	2.53	0.2672
70	3a	0.35	0.38	0.3650	35-40	0.0962	0.1134	0.1048	2.6	0.2725
84	3a	0.36	0.38	0.3700	35-40	0.1018	0.1134	0.1076	2.59	0.2787
54	3a	0.38	0.37	0.3750	35-40	0.1134	0.1075	0.1105	2.58	0.2850
91	3a	0.36	0.39	0.3750	35-40	0.1018	0.1195	0.1106	2.6	0.2876
44	3a	0.39	0.37	0.3800	35-40	0.1195	0.1075	0.1135	2.6	0.2951
95	3a	0.37	0.4	0.3850	35-40	0.1075	0.1257	0.1166	2.62	0.3055
89	3a	0.42	0.36	0.3900	35-40	0.1385	0.1018	0.1202	2.61	0.3136
13	3a	0.33	0.46	0.3950	35-40	0.0855	0.1662	0.1259	2.62	0.3298
92	3a	0.4	0.48	0.4400	40-45	0.1257	0.1810	0.1533	2.6	0.3986
2	3a	0.49	0.41	0.4500	45-50	0.1886	0.1320	0.1603	2.66	0.4264
75	3a	0.45	0.48	0.4650	45-50	0.1590	0.1810	0.1700	2.65	0.4505
74	3a	0.47	0.49	0.4800	45-50	0.1735	0.1886	0.1810	2.6	0.4707
52	3a	0.52	0.53	0.5250	50-55	0.2124	0.2206	0.2165	2.6	0.5629
73	4a	0.25	0.25	0.2500	25-30	0.0491	0.0491	0.0491	2.58	0.1266
61	4a	0.26	0.29	0.2750	25-30	0.0531	0.0661	0.0596	2.56	0.1525
66	4a	0.26	0.29	0.2750	25-30	0.0531	0.0661	0.0596	2.59	0.1543

Continuación del anexo 2. Determinación de volumen por troza y categoría diamétrica

Troza No.	Clase	Diámetro 1 (m)	Diámetro 2 (m)	Diámetro Promedio	Categoría Diamétrica	Área 1 (m2)	Área 2 (m)	Área Media (m2)	Longitud (m)	Volumen (m3)
81	4a	0.27	0.29	0.2800	25-30	0.0573	0.0661	0.0617	2.57	0.1585
77	4a	0.33	0.35	0.3400	30-35	0.0855	0.0962	0.0909	2.59	0.2354
3	4a	0.32	0.37	0.3450	30-35	0.0804	0.1075	0.0940	2.64	0.2481
14	4a	0.38	0.33	0.3550	35-40	0.1134	0.0855	0.0995	2.56	0.2546
19	4a	0.38	0.41	0.3950	35-40	0.1134	0.1320	0.1227	2.6	0.3191
38	4a	0.38	0.41	0.3950	35-40	0.1134	0.1320	0.1227	2.57	0.3154
22	4a	0.37	0.43	0.4000	40-45	0.1075	0.1452	0.1264	2.64	0.3336
69	4a	0.39	0.43	0.4100	40-45	0.1195	0.1452	0.1323	2.53	0.3348
49	4a	0.42	0.42	0.4200	40-45	0.1385	0.1385	0.1385	2.61	0.3616
62	4a	0.45	0.41	0.4300	40-45	0.1590	0.1320	0.1455	2.59	0.3769
15	4a	0.54	0.49	0.5150	50-55	0.2290	0.1886	0.2088	2.62	0.5471
12	4a	0.63	0.49	0.5600	55-60	0.3117	0.1886	0.2501	2.61	0.6529
31	4a	0.52	0.61	0.5650	55-60	0.2124	0.2922	0.2523	2.61	0.6585
99	5a	0.29	0.23	0.2600	25-30	0.0661	0.0415	0.0538	2.58	0.1388
		SUMA								27.167
		PROMEDIO		0.3576					2.6002	

Anexo 3. Madera aserrada obtenida de las cien trozas

DIMENSIONES NOMINALES					
G(mm)	A(cm)	L(m)	No.piezas	Vol/pieza	Vol. Total m ³
12.7	20.3	2.44	4	0.0062906	0.025162256
12.7	25.4	2.44	2	0.007871	0.015741904
12.7	15.2	2.44	5	0.0047102	0.02355088
12.7	20.3	2.44	9	0.0062906	0.056615076
12.7	25.4	2.44	18	0.007871	0.141677136
19	10.2	2.44	60	0.0047287	0.2837232
19	15.2	2.44	45	0.0070467	0.3171024
19	20.3	2.44	50	0.0094111	0.470554
19	25.4	2.44	15	0.0117754	0.1766316
19	30.4	2.44	2	0.0140934	0.02818688
19	10.2	2.44	23	0.0047287	0.10876056
19	15.2	2.44	35	0.0070467	0.2466352
19	20.3	2.44	5	0.0094111	0.0470554
19	25.4	2.44	10	0.0117754	0.1177544
19	30.4	2.44	5	0.0140934	0.0704672

DIMENSIONES REALES					
MADERA DE CLASE DE 1/2 PULGADA(20 mm)					
G(mm)	A(cm)	L (m)	VOL./PIEZA	No.PIEZAS	VOL.(m ³)
20	21	2.51	0.010542	4	0.042168
20	26.3	2.52	0.0132552	2	0.0265104
					0.0686784
20	17	2.52	0.008568	5	0.04284
20	21.5	2.52	0.010836	9	0.097524
20	26	2.51	0.013052	18	0.234936
					0.3753
MADERA DE CLASE DE 3/4 DE PULGADA(25MM)					
26	11.3	2.51	0.00737438	60	0.4424628
26	16.5	2.52	0.0108108	45	0.486486
26	21.5	2.51	0.0140309	50	0.701545
26	26.3	2.52	0.01723176	15	0.2584764
26	31	2.51	0.0202306	2	0.0404612
25	11.4	2.52	0.007182	23	0.165186
25	17	2.51	0.0106675	35	0.3733625
25	21.6	2.52	0.013608	5	0.06804
25	26.6	2.51	0.0166915	10	0.166915
25	31.5	2.52	0.019845	5	0.099225
					2.8021599

Continuación del anexo 3. . Madera aserrada obtenida de las cien trozas

DIMENSIONES NOMINALES					
G(mm)	A(cm)	L(m)	No.piezas	Vol/pieza	Vol. Total m ³
19	10.2	2.44	111	0.0047287	0.52488792
19	15.2	2.44	99	0.0070467	0.69762528
19	20.3	2.44	185	0.0094111	1.7410498
19	25.4	2.44	130	0.0117754	1.5308072
19	30.4	2.44	31	0.0140934	0.43689664
19	15.2	2.44	30	0.0070467	0.2114016
19	20.3	2.44	100	0.0094111	0.941108
19	25.4	2.44	7	0.0117754	0.08242808
TABLONES					
38	20.3	2.44	50	0.0188222	0.941108
38	25.4	2.44	21	0.0235509	0.49456848
38	30.4	2.44	5	0.0281869	0.1409344
38	15.2	2.44	1	0.0140934	0.01409344
38	20.3	2.44	1	0.0188222	0.01882216
38	25.4	2.44	2	0.0235509	0.04710176
76.2	7.6	2.44	23	0.0141305	0.325002144
			Vol. Total nominal =		10.277453

DIMENSIONES REALES					
MADERA DE 3a DE 3/4 DE PULGADA (25 MM)					
G(mm)	A(cm)	L (m)	VOL./PIEZA	No.PIEZAS	VOL.(m ³)
25	11.5	2.51	0.00721625	111	0.80100375
25	16.3	2.52	0.010269	99	1.016631
25	21	2.52	0.01323	185	2.44755
25	26.5	2.51	0.01662875	130	2.1617375
25	32	2.52	0.02016	31	0.62496
24	16.5	2.52	0.0099792	30	0.299376
24	21.2	2.51	0.01277088	100	1.277088
24	26	2.52	0.0157248	7	0.1100736
					8.73841985

TABLONES					
45	21	2.52	0.023814	50	1.1907
45	26.5	2.52	0.030051	21	0.631071
45	31	2.51	0.0350145	5	0.1750725
40	17	2.52	0.017136	1	0.017136
40	21	2.51	0.021084	1	0.021084
40	26	2.52	0.026208	2	0.052416
					2.0874795
POLINES					
90	9	2.52	0.020412	23	0.469476
			VOL. TOTAL REAL =,		14.5415137

Anexo 4. Cubicación de la madera en rollo para el estudio de rendimiento por troza.

troza No.	Diámetro 1 (m)	Diámetro 2 (m)	Long. (m)	Clase	Area 1(m ²)	Area 2(m ²)	Vol. (m ³)
1	0.51	0.5	2.59	1a	0.20428254	0.19635000	0.51881914
2	0.45	0.43	2.62	2a	0.1590435	0.14522046	0.39858579
3	0.26	0.24	2.58	5a	0.05309304	0.04523904	0.12684838
4	0.4	0.42	2.61	2a	0.125664	0.13854456	0.34479217
5	0.41	0.42	2.59	1a	0.13202574	0.13854456	0.35038854
6	0.33	0.34	2.61	5a	0.08553006	0.09079224	0.2301006
7	0.28	0.29	2.61	1a	0.06157536	0.06605214	0.16655389
8	0.29	0.27	2.65	5a	0.06605214	0.05725566	0.16338284
9	0.48	0.46	2.62	1a	0.18095616	0.16619064	0.45476231
10	0.35	0.45	2.60	3a	0.0962115	0.1590435	0.3318315
11	0.33	0.32	2.59	3a	0.08553006	0.08042496	0.21491175
12	0.43	0.44	2.61	1a	0.14522046	0.15205344	0.38794244
13	0.4	0.39	2.56	1a	0.125664	0.11945934	0.31375788
14	0.38	0.39	2.60	1a	0.11341176	0.11945934	0.30273243
15	0.37	0.31	2.62	3a	0.10752126	0.07547694	0.23972764
16	0.29	0.3	2.59	3a	0.06605214	0.07068600	0.17707589
17	0.43	0.49	2.62	3a	0.14522046	0.18857454	0.43727145
18	0.4	0.48	2.60	4a	0.125664	0.18095616	0.39860621
19	0.46	0.38	2.60	1a	0.16619064	0.11341176	0.36348312
20	0.43	0.42	2.60	4a	0.14522046	0.13854456	0.36889453
21	0.35	0.35	2.57	1a	0.0962115	0.09621150	0.24726356
22	0.42	0.46	2.59	2a	0.13854456	0.16619064	0.39463208
23	0.26	0.38	2.61	2a	0.05309304	0.11341176	0.21728876
24	0.36	0.4	2.59	1a	0.10178784	0.12566400	0.29455013
25	0.32	0.31	2.60	1a	0.08042496	0.07547694	0.20267247
26	0.37	0.38	2.59	3a	0.10752126	0.11341176	0.28610826
27	0.26	0.28	2.61	2a	0.05309304	0.06157536	0.14964226
28	0.36	0.35	2.60	2a	0.10178784	0.09621150	0.25739914
29	0.29	0.32	2.59	2a	0.06605214	0.08042496	0.18968784
30	0.33	0.32	2.62	2a	0.08553006	0.08042496	0.21740108

Vol. Total de madera en rollo = 8.74711408 m³

Anexo 5. Rendimiento por troza.

TROZA No.	Vol. De Mad en Rollo(m ³)	Madera Aserrada (m ³)			Vol. Tot de	C. A. I. *
		1a	3a	tablón	Mad.aserrada	
1	0.51881914	0.1876643	0.138717	0.026104	0.3524853	67.9399183
2	0.39858579	0.1073875	0.1109808	0.021168	0.2395363	60.0965482
3	0.12684838		0.0396318	0.017136	0.0567678	44.7524821
4	0.34479217		0.2005668	0.026208	0.2267748	65.771447
5	0.35038854	0.0248992	0.1718518	0.0247988	0.2215498	63.2297509
6	0.2301006		0.080616	0.027216	0.107832	46.8629805
7	0.16655389		0.1038235	0.0231924	0.1270159	76.261144
8	0.16338284		0.068774	0.019404	0.088178	53.9701738
9	0.45476231	0.217366	0.088452	0.026208	0.332026	73.0108881
10	0.3318315		0.1279598	0.0200298	0.1479896	44.5978155
11	0.21491175		0.1031184	0.021084	0.1242024	57.7922796
12	0.38794244	0.1194258	0.140238	0.026104	0.2857678	73.6624228
13	0.31375788	0.084115	0.127091	0.021168	0.232374	74.0615673
14	0.30273243	0.1136124	0.0701043	0.022088	0.2058047	67.9823764
15	0.23972764	0.0176904	0.0886706	0.0237195	0.1300805	54.261786
16	0.17707589		0.081894	0.022088	0.103982	58.7217149
17	0.43727145	0.0482847	0.1045456	0.031752	0.1845823	42.2122917
18	0.39860621	0.048945	0.11151	0.023814	0.184269	46.2283317
19	0.36348312	0.00753	0.1504745	0.0304965	0.188501	51.8596297
20	0.36889453	0.0222768	0.1695558	0.0304965	0.2223291	60.2690158
21	0.24726356	0.01506	0.123156	0.049698	0.187914	75.9974514
22	0.39463208	0.1003886	0.1611067	0.029367	0.2908623	73.7046763
23	0.21728876		0.071285	0.022088	0.093373	42.9718492
24	0.29455013	0.057145	0.0948529	0.054216	0.2062139	70.00978
25	0.20267247	0.00753	0.0872225	0.022088	0.1168405	57.6499117
26	0.28610826		0.1392066	0.0304965	0.1697031	59.3142957
27	0.14964226		0.0567	0.024948	0.081648	54.5621263
28	0.25739914		0.1279096	0.0304965	0.1584061	61.5410365
29	0.18968784	0.0333475	0.05271	0.0232848	0.1093423	57.6432825
30	0.21740108		0.1240972	0.0237195	0.1478167	67.9926257
sumas	8.7471141	1.2126682	3.3168222	0.7946778	5.3241682	1804.9316
promedio	0.29157047	0.04042227	0.11056074	0.02648926	0.17747227	60.1643867

Anexo 6. Madera aserrada obtenida de cada una de las trozas

Madera aserrada									
Troza no.	grueso (mm)	Ancho (cm)	Largo (m)	Vol.(m ³)	Num de	Vol. Total (m ³)	Clase	Vol. De 1a (m ³)	Vol. De 3a (m ³)
					piezas				
1	20	26	2.52	0.013104	2	0.026208	1a	0.1876643	0.138717
	25	27	2.51	0.0169425	4	0.06777	1a		
	26	17	2.52	0.0111384	2	0.0222768	1a		
	26	22	2.51	0.0143572	2	0.0287144	1a		
	27	31.5	2.51	0.02134755	2	0.0426951	1a		
	20	26	2.52	0.013104	8	0.104832	3a		
	25	27	2.51	0.0169425	2	0.033885	3a		
	40	26	2.51	0.026104	1	0.026104	tablon		
			sumas		23	0.3524853			
2	25	17	2.52	0.01071	2	0.02142	1a	0.1073875	0.1109808
	25	22	2.51	0.013805	5	0.069025	1a		
	25	27	2.51	0.0169425	1	0.0169425	1a		
	20	21	2.52	0.010584	9	0.095256	3a		
	26	12	2.52	0.0078624	2	0.0157248	3a		
	40	21	2.52	0.021168	1	0.021168	tablon		
			sumas		20	0.2395363			
3	18	21	2.51	0.0094878	1	0.0094878	3a		0.0396318
	20	12	2.52	0.006048	1	0.006048	3a		
	20	16	2.51	0.008032	3	0.024096	3a		
	40	17	2.52	0.017136	1	0.017136	tablon		
			sumas		6	0.0396318			
4	20	17	2.52	0.008568	2	0.017136	3a		0.2005668
	20	22	2.52	0.011088	3	0.033264	3a		
	20	26	2.52	0.013104	10	0.13104	3a		
	25	12	2.52	0.00756	1	0.00756	3a		
	27	17	2.52	0.0115668	1	0.0115668	3a		
	40	26	2.52	0.026208	1	0.026208	tablon		
			sumas		18	0.2267748			
5	25	17	2.51	0.0106675	1	0.0106675	1a	0.0248992	0.1718518
	27	21	2.51	0.0142317	1	0.0142317	1a		
	20	21	2.51	0.010542	1	0.010542	3a		
	20	26	2.51	0.013052	10	0.13052	3a		
	22	17	2.52	0.0094248	1	0.0094248	3a		
	25	12	2.52	0.00756	1	0.00756	3a		
	25	22	2.51	0.013805	1	0.013805	3a		
	38	26	2.51	0.0247988	1	0.0247988	tablon		
			sumas		17	0.2215498			
6	20	12	2.51	0.006024	1	0.006024	3a		0.080616
	20	17	2.52	0.008568	5	0.04284	3a		
	20	21	2.52	0.010584	3	0.031752	3a		
	40	27	2.52	0.027216	1	0.027216	tablon		
			sumas		10	0.107832			

Continuación del anexo 6. Madera aserrada obtenida de cada una de las trozas

Madera aserrada									
Troza no.	grueso (mm)	Ancho (cm)	Largo (m)	Vol.(m ³)	Num de	Vol. Total	Clase	Vol. De 1a	Vol. De 3a
7	20	12	2.51	0.006024	1	0.006024	3a		0.1038235
	20	17	2.52	0.008568	1	0.008568	3a		
	20	21	2.52	0.010584	6	0.063504	3a		
	25	12	2.51	0.00753	2	0.01506	3a		
	25	17	2.51	0.0106675	1	0.0106675	3a		
	44	21	2.51	0.0231924	1	0.0231924	tablón		
			sumas		12	0.1270159			
8	20	16	2.51	0.008032	2	0.016064	3a		0.068774
	20	21	2.51	0.010542	5	0.05271	3a		
	35	22	2.52	0.019404	1	0.019404	tablón		
			sumas		8	0.088178			
9	20	27	2.51	0.013554	4	0.054216	1a	0.217366	0.088452
	26	12	2.51	0.0078312	1	0.0078312	1a		
	26	17	2.51	0.0110942	3	0.0332826	1a		
	26	22	2.51	0.0143572	2	0.0287144	1a		
	26	27	2.51	0.0176202	3	0.0528606	1a		
	26	31	2.51	0.0202306	2	0.0404612	1a		
	26	27	2.52	0.0176904	5	0.088452	3a		
	40	26	2.52	0.026208	1	0.026208	tablón		
			sumas		21	0.332026			
10	20	12	2.51	0.006024	2	0.012048	3a		0.1279598
	20	17	2.51	0.008534	1	0.008534	3a		
	20	21	2.51	0.010542	8	0.084336	3a		
	27	17	2.51	0.0115209	2	0.0230418	3a		
	38	21	2.51	0.0200298	1	0.0200298	tablón		
			sumas		14	0.1479896			
11	20	12	2.52	0.006048	1	0.006048	3a		0.1031184
	20	17	2.52	0.008568	3	0.025704	3a		
	20	21	2.52	0.010584	6	0.063504	3a		
	26	12	2.52	0.0078624	1	0.0078624	3a		
	40	21	2.51	0.021084	1	0.021084	tablón		
			sumas		12	0.1242024			
12	26	12	2.51	0.0078312	1	0.0078312	1a	0.1194258	0.140238
	26	21	2.51	0.0137046	3	0.0411138	1a		
	26	27	2.51	0.0176202	4	0.0704808	1a		
	20	26	2.52	0.013104	7	0.091728	3a		
	25	17	2.52	0.01071	3	0.03213	3a		
	25	26	2.52	0.01638	1	0.01638	3a		
	40	26	2.51	0.026104	1	0.026104	tablon		
			sumas		20	0.2857678			

Continuación del anexo 6. Madera aserrada obtenida de cada una de las trozas.

Madera aserrada									
Troza no.	grueso (mm)	Ancho (cm)	Largo (m)	Vol.(m ³)	Num de	Vol. Total	Clase	Vol. De 1a	Vol. De 3a
13	25	12	2.52	0.00756	1	0.00756	1a	0.084115	0.127091
	25	17	2.51	0.0106675	2	0.021335	1a		
	25	22	2.51	0.013805	4	0.05522	1a		
	20	21	2.52	0.010584	8	0.084672	3a		
	26	17	2.51	0.0110942	1	0.0110942	3a		
	26	21	2.51	0.0137046	1	0.0137046	3a		
	26	27	2.51	0.0176202	1	0.0176202	3a		
	40	21	2.52	0.021168	1	0.021168	tablón		
			sumas		19	0.232374			
14	19	21	2.51	0.0100149	1	0.0100149	1a	0.1136124	0.0701043
	25	12	2.52	0.00756	2	0.01512	1a		
	25	17	2.51	0.0106675	3	0.0320025	1a		
	25	21	2.51	0.0131775	3	0.0395325	1a		
	25	27	2.51	0.0169425	1	0.0169425	1a		
	19	21	2.51	0.0100149	7	0.0701043	3a		
	40	22	2.51	0.022088	1	0.022088	tablón		
			sumas		18	0.2058047			
15	26	27	2.52	0.0176904	1	0.0176904	1a	0.0176904	0.0886706
	20	21	2.52	0.010584	4	0.042336	3a		
	26	12	2.51	0.0078312	1	0.0078312	3a		
	26	17	2.51	0.0110942	1	0.0110942	3a		
	26	21	2.51	0.0137046	2	0.0274092	3a		
	45	21	2.51	0.0237195	1	0.0237195	tablón		
			sumas		10	0.1300805			
16	20	12	2.51	0.006024	2	0.012048	3a		0.081894
	20	17	2.52	0.008568	2	0.017136	3a		
	20	21	2.51	0.010542	5	0.05271	3a		
	40	22	2.51	0.022088	1	0.022088	tablón		
			sumas		10	0.103982			
17	19	31.5	2.51	0.01502235	2	0.0300447	1a	0.0482847	0.1045456
	25	12	2.51	0.00753	1	0.00753	1a		
	25	17	2.52	0.01071	1	0.01071	1a		
	19	12	2.52	0.0057456	2	0.0114912	3a		
	19	17	2.51	0.0081073	1	0.0081073	3a		
	19	21	2.51	0.0100149	1	0.0100149	3a		
	19	31.5	2.52	0.0150822	1	0.0150822	3a		
	25	17	2.52	0.01071	3	0.03213	3a		
	25	22	2.52	0.01386	2	0.02772	3a		
	40	31.5	2.52	0.031752	1	0.031752	tablón		
			sumas		15	0.1845823			

Continuación del anexo 6. Madera aserrada obtenida de cada una de las trozas.

Madera aserrada									
Troza no.	grueso (mm)	Ancho (cm)	Largo (m)	Vol.(m³)	Num de	Vol. Total	Clase	Vol. De 1a	Vol. De 3a
18	26	12	2.51	0.0078312	2	0.0156624	1a	0.048945	0.11151
	26	17	2.51	0.0110942	3	0.0332826	1a		
	20	12	2.52	0.006048	2	0.012096	3a		
	20	17	2.52	0.008568	1	0.008568	3a		
	20	22	2.52	0.011088	6	0.066528	3a		
	20	27	2.52	0.013608	1	0.013608	3a		
	25	17	2.52	0.01071	1	0.01071	3a		
	45	21	2.52	0.023814	1	0.023814	tablón		
			sumas		17	0.184269			
19	25	12	2.51	0.00753	1	0.00753	1a	0.00753	0.1504745
	19	22	2.51	0.0104918	3	0.0314754	3a		
	19	27	2.51	0.0128763	7	0.0901341	3a		
	25	12	2.51	0.00753	1	0.00753	3a		
	25	17	2.51	0.0106675	2	0.021335	3a		
	45	27	2.51	0.0304965	1	0.0304965	tablón		
			sumas		15	0.188501			
20	26	12	2.52	0.0078624	1	0.0078624	1a	0.0222768	0.1695558
	26	22	2.52	0.0144144	1	0.0144144	1a		
	20	27	2.52	0.013608	8	0.108864	3a		
	26	22	2.51	0.0143572	3	0.0430716	3a		
	26	27	2.51	0.0176202	1	0.0176202	3a		
	45	27	2.51	0.0304965	1	0.0304965	tablón		
			sumas		15	0.2223291			
21	25	12	2.51	0.00753	2	0.01506	1a	0.01506	0.123156
	20	17	2.52	0.008568	1	0.008568	3a		
	20	22	2.52	0.011088	3	0.033264	3a		
	20	27	2.51	0.013554	6	0.081324	3a		
	45	17	2.51	0.0192015	1	0.0192015	tablón		
	45	27	2.51	0.0304965	1	0.0304965	tablón		
			sumas		14	0.187914			
22	26	17	2.52	0.0111384	3	0.0334152	1a	0.1003886	0.1611067
	26	22	2.51	0.0143572	2	0.0287144	1a		
	26	27	2.51	0.0176202	1	0.0176202	1a		
	26	31.5	2.52	0.0206388	1	0.0206388	1a		
	19	26	2.52	0.0124488	9	0.1120392	3a		
	25	12	2.51	0.00753	1	0.00753	3a		
	25	17	2.51	0.0106675	1	0.0106675	3a		
	25	22	2.52	0.01386	1	0.01386	3a		
	25	27	2.52	0.01701	1	0.01701	3a		
	45	26	2.51	0.029367	1	0.029367	tablón		
			sumas		21	0.2908623			

Continuación del anexo 6. Madera aserrada obtenida de cada una de las trozas.

Madera aserrada									
Troza No.	Grueso (mm)	Ancho (cm)	Largo (m)	Vol.(m ³)	Num. de	Vol. Total	Clase	Vol. De 1a	Vol. De 3a
23	19	17	2.52	0.0081396	3	0.0244188	3a		0.071285
	19	21	2.52	0.0100548	2	0.0201096	3a		
	26	12	2.51	0.0078312	2	0.0156624	3a		
	26	17	2.51	0.0110942	1	0.0110942	3a		
	40	22	2.51	0.022088	1	0.022088	tablón		
			sumas		9	0.093373			

24	25	17	2.52	0.01071	1	0.01071	1a	0.057145	0.0948529
	25	22	2.51	0.013805	1	0.013805	1a		
	25	26	2.51	0.016315	2	0.03263	1a		
	25	17	2.51	0.0106675	1	0.0106675	3a		
	26	21	2.51	0.0137046	1	0.0137046	3a		
	26	27	2.51	0.0176202	4	0.0704808	3a		
	40	27	2.51	0.027108	2	0.054216	tablón		
			sumas		12	0.2062139			

25	25	12	2.51	0.00753	1	0.00753	1a	0.00753	0.0872225
	25	17	2.51	0.0106675	2	0.021335	3a		
	25	21	2.51	0.0131775	5	0.0658875	3a		
	40	22	2.51	0.022088	1	0.022088	tablón		
			sumas		9	0.1168405			

26	26	12	2.52	0.0078624	3	0.0235872	3a		0.1392066
	26	21	2.52	0.0137592	2	0.0275184	3a		
	26	27	2.51	0.0176202	5	0.088101	3a		
	45	27	2.51	0.0304965	1	0.0304965	Tablón.		
			sumas		11	0.1697031			

27	25	12	2.52	0.00756	1	0.00756	3a		0.0567
	25	17	2.52	0.01071	2	0.02142	3a		
	25	22	2.52	0.01386	2	0.02772	3a		
	45	22	2.52	0.024948	1	0.024948	Tablón		
			sumas		6	0.081648			

28	26	17	2.51	0.0110942	2	0.0221884	3a		0.1279096
	26	27	2.51	0.0176202	6	0.1057212	3a		
	45	27	2.51	0.0304965	1	0.0304965	Tablón		
			sumas		9	0.1584061			

29	25	12	2.52	0.00756	3	0.02268	1a	0.0333475	0.05271
	25	17	2.51	0.0106675	1	0.0106675	1a		
	25	21	2.51	0.0131775	4	0.05271	3a		
	44	21	2.52	0.0232848	1	0.0232848	Tablón		
			sumas		9	0.1093423			

Continuación del anexo 6. Madera aserrada obtenida de cada una de las trozas.

Madera aserrada									
Troza no.	grueso (mm)	Ancho (cm)	Largo (m)	Vol.(m ³)	Num de	Vol. Total	Clase	Vol. De 1a	Vol. De 3a
30	20	17	2.52	0.008568	1	0.008568	3a		0.1240972
	20	22	2.52	0.011088	7	0.077616	3a		
	26	12	2.52	0.0078624	2	0.0157248	3a		
	26	17	2.51	0.0110942	2	0.0221884	3a		
	45	21	2.51	0.0237195	1	0.0237195	tablón		
			sumas		13	0.1478167		1.2126682	3.3168222

Vol. Total de Madera

Aserrada= 5.3241682

Numero de piezas = 413

Vol. Total De tablonas= 0.7946778m³

Vol. total de madera de 1a= 1.2126682m³

Vol. Total de madera de 3a = 3.3168222m³

Anexo 7. Planilla de campo

ESTUDIO DE MUESTREO DE TRABAJO

ESTUDIO N° 1 AREA DE ESTUDIO: Sierra principal del aserradero
 PLANTA: Procesadora Madera de Arévalo S.A. de C.V.
 NOTAS: El proceso se detuvo en dos ocasiones, a las 12:55 a 1:20 y de 11:00 a 11:17 para arrimar trozas a la rampa de alimentación.

FECHA _____ OBSERVADOR: Salvador Cisneros Martínez
 HORA DE INICIO: 7:52 a.m. Detención del proceso (almuerzo): 10:12 a.m.
 HORA DE REINICIO: 11:22 a.m. Fin del día laboral: 3:02 p.m.
 TIEMPO TRABAJADO: 6 hrs.

OBSERVACIONES:

Aserrando:		120
Volteo de troza:		7
Espera de troza:		28
Mantenimiento:		19
Reparación:		6
Distracción		0
Conservación		0
Totales		180

Anexo 8. Observaciones obtenidas durante el estudio de tiempos y movimientos

Día #1

	Sierra Principal	Observaciones	
R E T R A Z O S	Aserrando	120	Obs.
	Volteo de troza	7	Obs.
	Espera de Troza	28	Obs.
	Mantenimiento	19	Obs.
	Reparación	6	Obs.
	Distracción	0	Obs.
	Conversación	0	Obs.

Total de observaciones 180 obs.
 Horas de observación 6 hrs.
 Numero de Trozas Aserradas 69
 Volumen total aserrado 20.0326519 m^3
 Grupo de trabajo (operarios) 8

Día #2

	Sierra Principal	Observaciones	
R E T R A Z O S	Aserrando	67	Obs.
	Volteo de troza	19	Obs.
	Espera de Troza	35	Obs.
	Mantenimiento	4	Obs.
	Reparación	0	Obs.
	Distracción	0	Obs.
	Conversación	0	Obs.

Total de observaciones 125
 Horas de observación 4 hrs. X 10 min.
 Numero de trozas aserradas 14 de 8' y 18 de 16'
 Volumen total aserrado $6.8096 \times 8.6261 = 16.4357 \text{ m}^3$
 Grupo de trabajo (operarios) 8
 Observaciones. Las 14 trozas de 8 fueron aserradas en: 1 hr. Y 46 min.
 Las 18 trozas de 16 fueron aserradas en: 2 hrs y 10 min.

Observaciones 42 min. Perdidos en arrimar troza en la rampa de alimentación.

Continuación del anexo 8. Observaciones obtenidas durante el estudio de tiempos y movimientos

Día # 3

	Sierra Principal	Observaciones	
	Aserrando	62	Obs.
R	Volteo de troza	12	Obs.
E	Espera de Troza	19	Obs.
T	Mantenimiento	14	Obs.
R	Reparación	4	Obs.
A	Distracción	0	Obs.
Z	Conversación	0	Obs.
O			
S			

Total de observaciones 111
 Horas de observación 3 hrs. X 42 min.
 Numero de trozas aserradas 28 de 16
 Volumen total aserrado 13.2936 m³
 Grupo de trabajo (operarios) 8

Día # 4

	Sierra Principal	Observaciones	
	Aserrando	71	Obs.
R	Volteo de troza	12	Obs.
E	Espera de Troza	20	Obs.
T	Mantenimiento	8	Obs.
R	Reparación	7	Obs.
A	Distracción	0	Obs.
Z	Conversación	0	Obs.
O			
S			

Total de observaciones 119
 Horas de observación 3 hrs. X 58 min.
 Numero de trozas aserradas 9 de 8 y 15 de 16
 Volumen total aserrado 15.1484 m³
 Grupo de trabajo (operarios) 8

Continuación del anexo 8. Observaciones obtenidas durante el estudio de tiempos y movimientos

Día # 5

	Sierra Principal	Observaciones	
	Aserrando	86	Obs.
R	Volteo de troza	9	Obs.
E	Espera de Troza	6	Obs.
T	Mantenimiento	19	Obs.
R	Reparación	9	Obs.
A	Distracción	0	Obs.
Z	Conversación	0	Obs.
O			
S			

Total de Observaciones 129
 Tiempo de Observaciones 4 hrs. 19 min.
 Numero de trozas aserradas 53
 Volumen total aserrado 14.6788 m³
 Grupo de trabajo (operarios) 8

Día # 6.

	Sierra Principal	Observaciones	
	Aserrando	102	Obs.
R	Volteo de troza	8	Obs.
E	Espera de Troza	12	Obs.
T	Mantenimiento	14	Obs.
R	Reparación	0	Obs.
A	Distracción	0	Obs.
Z	Conversación	0	Obs.
O			
S			

Total de Observaciones 136
 Tiempo de Observaciones 4 hrs. Con 33min.
 Número de Trozas Aserradas 67
 Volumen Total Aserrado 16.6023 m³
 Grupo de Trabajo 8

Continuación del anexo 8. Observaciones obtenidas durante el estudio de tiempos y movimientos

Día # 7

	Sierra Principal	Observaciones	
R E T R A Z O S	Aserrando	32	Obs.
	Volteo de troza	6	Obs.
	Espera de Troza	4	Obs.
	Mantenimiento	9	Obs.
	Reparación	0	Obs.
	Distracción	0	Obs.
	Conversación	0	Obs.

Total de Observaciones 51
 Tiempo de Observaciones 1 hr. Y 42 min.
 Numero de trozas aserradas 12 de 16
 Volumen total aserrado 8.5610 m³
 Grupo de trabajo (operarios) 8

Día # 8.

	Sierra Principal	Observaciones	
R E T R A Z O S	Aserrando	111	Obs.
	Volteo de troza	9	Obs.
	Espera de Troza	14	Obs.
	Mantenimiento	2	Obs.
	Reparación	0	Obs.
	Distracción	0	Obs.
	Conversación	0	Obs.

Total de Observaciones 136
 Tiempo de Observaciones 4 hrs. 32 min.
 Número de Trozas Aserradas 80
 Volumen Total Aserrado 18.5216 m³
 Grupo de Trabajo 8

Continuación del anexo 8. Observaciones obtenidas durante el estudio de tiempos y movimientos

Día # 9

	Sierra Principal	Observaciones	
	Aserrando	111	Obs.
R	Volteo de troza	9	Obs.
E	Espera de Troza	14	Obs.
T	Mantenimiento	2	Obs.
R	Reparación	0	Obs.
A	Distracción	0	Obs.
Z	Conversación	0	Obs.
O			
S			

Total de Observaciones 61
 Tiempo de Observaciones 2 hrs. Y 2 min.
 Número de Trozas Aserradas 27
 Volumen Total Aserrado 6.9985 m³
 Grupo de Trabajo 8

Resumen de la información

	Sierra Principal	Observaciones
	Aserrando	702
R	Volteo de troza	87
E	Espera de Troza	143
T	Mantenimiento	84
R	Reparación	26
A	Distracción	0
Z	Conversación	1
O		
S		

Total de observaciones 1.048
 Tiempo de observación 34 hrs. 58 min.
 Numero de Trozas Aserradas 319 de 8 ¼ ' y 73 de 16'
 Volumen total aserrado 130.2725 m³
 Grupo de trabajo (operarios)- 8

Anexo 9. Procesamiento de los datos obtenidos durante el tiempo de observación

Con los datos obtenidos se determinó:

- a) El tiempo trabajado, que a su vez se subdivide en trabajo productivo y trabajo no productivo.
- b) Tiempo no trabajado, que se subdividió en tiempo justificado y tiempo no justificado.

Para determinar cada tiempo en cifra porcentual se aplicó la formula siguiente:

$$\text{Obs. \%} = \frac{\text{total individual de cada observación}}{\text{Total de todas las observaciones}} \times 100$$

Para obtener el volumen de la trozas registradas durante los periodos de observación se aplicó la formula utilizada para el estudio de coeficiente de aserrío.

Aplicando la formula anterior, tendremos lo siguiente:

$$\text{a) Tiempo trabajado} = \frac{789}{1.048} \times 100 = 75.29\%$$

$$\text{a.1) Tiempo trabajado productivo} = \frac{702}{1.048} \times 100 = 66.99\%$$

$$\text{a.2) Tiempo trabajado no productivo} = \frac{87}{1.048} \times 100 = 8.3\%$$

$$\text{b) Tiempo no trabajado} = \frac{259}{1.048} \times 100 = 24.71\%$$

$$\text{b.1) Tiempo no trabajado justificado} = \frac{115}{1.048} \times 100 = 10.97\%$$

$$\text{Reparación} = \frac{26}{1.048} \times 100 = 2.45\% \quad \text{Mantenimiento} = \frac{89}{1.048} \times 100 = 8.49\%$$

$$\text{b.2) Tiempo no trabajado no justificado} = \frac{144}{1.048} \times 100 = 13.74\%$$

$$\text{Esperas} = \frac{143}{1.048} \times 100 = 13.65\%$$

$$\text{Conversación} = \frac{1}{1048} = 0.095\%$$

$$\text{Distracción} = 0$$

Anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos.

Día No. 1

Troza No.	Diam. 1 (m)	Diam. 2 (m)	Diam.prom. (m)	Long. (m)	Vol. (m ³)
1	0.39	0.37	0.380	2.62	0.29734
2	0.40	0.44	0.420	2.59	0.35964
3	0.24	0.31	0.275	2.64	0.15935
4	0.37	0.40	0.385	2.58	0.30081
5	0.26	0.33	0.295	2.59	0.17952
6	0.29	0.32	0.305	2.62	0.19189
7	0.33	0.32	0.325	2.61	0.21657
8	0.38	0.45	0.415	2.62	0.35692
9	0.27	0.30	0.285	2.57	0.16441
10	0.34	0.33	0.335	2.60	0.22922
11	0.40	0.41	0.405	2.61	0.33629
12	0.47	0.40	0.435	2.63	0.39339
13	0.29	0.32	0.305	2.57	0.18822
14	0.31	0.34	0.325	2.61	0.21698
15	0.53	0.43	0.480	2.62	0.47925
16	0.36	0.32	0.340	2.60	0.23688
17	0.36	0.40	0.380	2.61	0.29682
18	0.33	0.36	0.345	2.58	0.24164
19	0.35	0.36	0.355	2.60	0.25740
20	0.33	0.34	0.335	2.62	0.23098
21	0.35	0.38	0.365	2.61	0.27356
22	0.37	0.39	0.380	2.64	0.29961
23	0.36	0.40	0.380	2.58	0.29341
24	0.52	0.41	0.465	2.56	0.44083
25	0.30	0.27	0.285	2.61	0.16696
26	0.32	0.35	0.335	2.59	0.22874
27	0.37	0.33	0.350	2.59	0.25000
28	0.31	0.30	0.305	2.61	0.19074
29	0.42	0.42	0.420	2.63	0.36437
30	0.58	0.52	0.550	2.61	0.62194
31	0.25	0.27	0.260	2.64	0.14037
32	0.32	0.34	0.330	2.60	0.22258
33	0.36	0.39	0.375	2.56	0.28320
34	0.30	0.29	0.295	2.58	0.17639
35	0.34	0.35	0.345	2.60	0.24310
36	0.35	0.35	0.350	2.64	0.25400
37	0.45	0.43	0.440	2.54	0.38642
38	0.53	0.50	0.515	2.61	0.54414
39	0.34	0.36	0.350	2.62	0.25228
40	0.37	0.29	0.330	2.60	0.22565
41	0.46	0.53	0.495	2.57	0.49705
42	0.35	0.38	0.365	2.58	0.27041
43	0.64	0.63	0.635	2.55	0.80762
44	0.28	0.30	0.290	2.56	0.16929
45	0.34	0.31	0.325	2.58	0.21449
46	0.33	0.33	0.330	2.58	0.22067
47	0.26	0.31	0.285	2.59	0.16650
48	0.34	0.38	0.360	2.61	0.26649

Continuación del anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos

49	0.32	0.35	0.335	2.63	0.23228
50	0.32	0.33	0.325	2.60	0.21574
51	0.36	0.33	0.345	2.64	0.24726
52	0.38	0.40	0.390	2.61	0.31199
53	0.56	0.57	0.565	2.59	0.64941
54	0.35	0.31	0.330	2.61	0.22405
55	0.34	0.37	0.355	2.58	0.25582
56	0.27	0.31	0.290	2.62	0.17388
57	0.37	0.36	0.365	2.63	0.27524
58	0.29	0.32	0.305	2.64	0.19335
59	0.42	0.40	0.410	2.62	0.34611
60	0.45	0.47	0.460	2.57	0.42731
61	0.37	0.40	0.385	2.59	0.30197
62	0.26	0.38	0.320	2.61	0.21729
63	0.38	0.35	0.365	2.62	0.27461
64	0.34	0.40	0.370	2.60	0.28139
65	0.42	0.41	0.415	2.58	0.34904
66	0.44	0.43	0.435	2.60	0.38646
67	0.43	0.48	0.455	2.62	0.42729

Vol. promedio **0.29246**
volumen total **19.59484**

Día No. 2

Troza No.	Diam. 1 (m)	Diam. 2 (m)	Diam.prom. (m)	Long. (m)	Vol. (m ³)
1	0.52	0.53	0.525	2.58	0.55856
2	0.54	0.54	0.540	2.56	0.58630
3	0.53	0.55	0.540	2.60	0.59566
4	0.54	0.52	0.530	2.62	0.57823
5	0.41	0.42	0.415	2.57	0.34768
6	0.44	0.46	0.450	2.56	0.40735
7	0.36	0.41	0.385	2.61	0.30513
8	0.49	0.51	0.500	2.63	0.51661
9	0.41	0.41	0.410	2.56	0.33799
10	0.41	0.43	0.420	2.60	0.36042
11	0.54	0.52	0.530	2.62	0.57823
12	0.47	0.48	0.475	2.59	0.45901
13	0.50	0.51	0.505	2.61	0.52283
14	0.54	0.59	0.565	2.61	0.65566
15	0.37	0.43	0.400	5.04	0.63691
16	0.33	0.36	0.345	5.06	0.47391
17	0.38	0.46	0.420	5.07	0.70879
18	0.32	0.35	0.335	5.08	0.44866
19	0.31	0.34	0.325	5.10	0.42399
20	0.43	0.34	0.385	5.09	0.60065
21	0.34	0.36	0.350	5.07	0.48819
22	0.29	0.38	0.335	5.09	0.45674

Continuación del anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos

23	0.40	0.45	0.425	5.09	0.72458
24	0.37	0.38	0.375	5.06	0.55896
25	0.36	0.38	0.370	5.04	0.54230
26	0.30	0.35	0.325	5.07	0.42309
27	0.38	0.41	0.395	5.08	0.62341
28	0.31	0.39	0.350	5.10	0.49709
29	0.29	0.32	0.305	5.08	0.37205
30	0.35	0.39	0.370	5.08	0.54780
31	0.28	0.31	0.295	5.05	0.34606
32	0.46	0.41	0.435	5.05	0.75300

Vol. Total **16.43582**

Resumen

longitud	No. De trozas	Volumen (m ³)
8'	14	6.80965
16'	18	9.62617

Dia No. 3

Troza No.	Diam. 1 (m)	Diam. 2 (m)	Diam.prom. (m)	Long. (m)	Vol. (m3)
1	0.39	0.41	0.400	5.08	0.63877
2	0.42	0.37	0.395	5.06	0.62255
3	0.31	0.33	0.320	5.05	0.40654
4	0.30	0.34	0.320	5.05	0.40773
5	0.31	0.36	0.335	5.07	0.44937
6	0.31	0.35	0.330	5.08	0.43609
7	0.41	0.38	0.395	5.10	0.62587
8	0.34	0.40	0.370	5.07	0.54872
9	0.31	0.35	0.330	5.05	0.43351
10	0.30	0.33	0.315	5.04	0.39366
11	0.35	0.38	0.365	5.10	0.53454
12	0.28	0.30	0.290	5.08	0.33594
13	0.38	0.41	0.395	5.07	0.62218
14	0.28	0.30	0.290	5.10	0.33727
15	0.34	0.38	0.360	5.04	0.51459
16	0.38	0.42	0.400	5.06	0.63745
17	0.30	0.32	0.310	5.07	0.38307
18	0.32	0.34	0.330	5.08	0.43489
19	0.28	0.31	0.295	5.11	0.35017
20	0.31	0.36	0.335	5.05	0.44759
21	0.31	0.35	0.330	5.06	0.43437
22	0.36	0.40	0.380	5.04	0.57318
23	0.29	0.32	0.305	5.07	0.37132
24	0.30	0.30	0.300	5.11	0.36121
25	0.32	0.35	0.335	5.10	0.45042
26	0.35	0.40	0.375	5.08	0.56356
27	0.32	0.35	0.335	5.09	0.44954
28	0.36	0.37	0.365	5.06	0.52955

Continuación del anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos

Vol.
Promedio **0.47477**
Vol. Total **13.29366**

Día No. 4

Troza No.	Diam. 1 (m)	Diam. 2 (m)	Diam.prom. (m)	Long. (m)	Vol. (m ³)
1	0.39	0.43	0.410	2.57	0.34011
2	0.31	0.35	0.330	2.64	0.22663
3	0.3	0.3	0.300	2.59	0.18308
4	0.26	0.27	0.265	2.62	0.14456
5	0.26	0.26	0.260	2.60	0.13804
6	0.35	0.41	0.380	2.56	0.29214
7	0.43	0.42	0.425	2.58	0.36606
8	0.42	0.41	0.415	2.60	0.35174
9	0.55	0.5	0.525	2.63	0.57062
10	0.45	0.52	0.485	5.07	0.94154
11	0.35	0.41	0.380	5.08	0.57972
12	0.73	0.53	0.630	5.06	1.61707
13	0.38	0.43	0.405	5.07	0.65563
14	0.32	0.36	0.340	5.10	0.46464
15	0.5	0.53	0.515	5.12	1.06744
16	0.43	0.49	0.460	5.07	0.84617
17	0.44	0.44	0.440	5.11	0.77699
18	0.5	0.5	0.500	5.06	0.99353
19	0.28	0.32	0.300	5.07	0.35997
20	0.43	0.43	0.430	5.10	0.74062
21	0.23	0.37	0.300	5.09	0.37938
22	0.39	0.42	0.405	5.06	0.65275
23	0.86	0.6	0.730	5.07	2.18929
24	0.25	0.27	0.260	5.09	0.27064

Vol. Total **15.14838**

Resumen

longitud	No. De trozas	Volumen (m ³)
8'	9	2.61298
16'	15	12.53540

Día No. 5

Troza No.	Diam. 1 (m)	Diam. 2 (m)	Diam.prom. (m)	Long. (m)	Vol. (m3)
1	0.31	0.33	0.320	2.62	0.21092
2	0.49	0.41	0.450	2.61	0.41838
3	0.32	0.37	0.345	2.62	0.24621

Continuación del anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos

4	0.36	0.33	0.345	2.63	0.24632
5	0.31	0.32	0.315	2.64	0.20579
6	0.29	0.31	0.300	2.63	0.18611
7	0.52	0.60	0.560	2.58	0.63870
8	0.35	0.33	0.340	2.59	0.23536
9	0.35	0.36	0.355	2.60	0.25740
10	0.37	0.39	0.380	2.57	0.29167
11	0.37	0.37	0.370	2.63	0.28278
12	0.63	0.49	0.560	2.57	0.64289
13	0.33	0.46	0.395	2.59	0.32598
14	0.38	0.33	0.355	2.56	0.25465
15	0.54	0.49	0.515	2.57	0.53661
16	0.27	0.31	0.290	2.56	0.16990
17	0.37	0.31	0.340	2.59	0.23698
18	0.25	0.26	0.255	2.57	0.13130
19	0.38	0.41	0.395	2.60	0.31907
20	0.30	0.30	0.300	2.62	0.18520
21	0.34	0.38	0.360	2.61	0.26649
22	0.37	0.43	0.400	2.64	0.33362
23	0.32	0.33	0.325	2.60	0.21574
24	0.28	0.26	0.270	2.62	0.15022
25	0.35	0.36	0.355	2.57	0.25443
26	0.39	0.34	0.365	2.56	0.26912
27	0.33	0.36	0.345	2.58	0.24164
28	0.30	0.28	0.290	2.62	0.17326
29	0.30	0.30	0.300	2.59	0.18308
30	0.32	0.32	0.320	2.61	0.20991
31	0.52	0.61	0.565	2.56	0.64591
32	0.28	0.28	0.280	2.60	0.16010
33	0.39	0.41	0.400	2.61	0.32819
34	0.38	0.40	0.390	2.59	0.30960
35	0.41	0.38	0.395	2.57	0.31539
36	0.35	0.36	0.355	2.62	0.25938
37	0.34	0.32	0.330	2.60	0.22258
38	0.38	0.41	0.395	2.57	0.31539
39	0.33	0.29	0.310	2.62	0.19857
40	0.35	0.34	0.345	2.61	0.24404
41	0.32	0.35	0.335	2.59	0.22874
42	0.30	0.32	0.310	2.57	0.19418
43	0.33	0.29	0.310	2.61	0.19781
44	0.39	0.37	0.380	2.56	0.29054
45	0.33	0.33	0.330	2.62	0.22409
46	0.36	0.35	0.355	2.64	0.26136
47	0.30	0.31	0.305	2.62	0.19147
48	0.34	0.31	0.325	2.59	0.21532
49	0.42	0.42	0.420	2.61	0.36160
50	0.29	0.33	0.310	2.58	0.19554
51	0.36	0.32	0.340	2.62	0.23870
52	0.52	0.53	0.525	2.57	0.55639
53	0.31	0.32	0.315	2.62	0.20423

Continuación del anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos

Vol.
Promedio **0.27696**
Vol. Total **14.67884**

Día No. 6

Troza No.	Diam. 1 (m)	Diam. 2 (m)	Diam.prom. (m)	Long. (m)	Vol. (m3)
1	0.38	0.37	0.375	2.58	0.28500
2	0.33	0.33	0.330	2.57	0.21981
3	0.37	0.38	0.375	2.59	0.28611
4	0.31	0.33	0.320	2.56	0.20609
5	0.32	0.34	0.330	2.60	0.22258
6	0.29	0.28	0.285	2.57	0.16400
7	0.27	0.30	0.285	2.61	0.16696
8	0.26	0.29	0.275	2.63	0.15668
9	0.45	0.41	0.430	2.59	0.37693
10	0.33	0.40	0.365	2.64	0.27878
11	0.37	0.40	0.385	2.61	0.30431
12	0.30	0.31	0.305	2.57	0.18782
13	0.26	0.29	0.275	2.59	0.15429
14	0.29	0.25	0.270	2.58	0.14853
15	0.35	0.36	0.355	2.56	0.25344
16	0.39	0.43	0.410	2.61	0.34541
17	0.35	0.38	0.365	2.63	0.27565
18	0.29	0.33	0.310	2.60	0.19706
19	0.32	0.32	0.320	2.57	0.20669
20	0.24	0.24	0.240	2.56	0.11581
21	0.47	0.49	0.480	2.57	0.46526
22	0.45	0.48	0.465	2.59	0.44030
23	0.36	0.38	0.370	2.62	0.28191
24	0.33	0.35	0.340	2.60	0.23626
25	0.32	0.36	0.340	2.61	0.23779
26	0.29	0.29	0.290	2.61	0.17240
27	0.40	0.38	0.390	2.63	0.31438
28	0.27	0.29	0.280	2.58	0.15907
29	0.32	0.32	0.320	2.56	0.20589
30	0.56	0.53	0.545	2.59	0.60466
31	0.36	0.38	0.370	2.59	0.27868
32	0.40	0.38	0.390	2.59	0.30960
33	0.34	0.32	0.330	2.58	0.22087
34	0.31	0.30	0.305	2.59	0.18928
35	0.30	0.28	0.290	2.60	0.17194
36	0.42	0.36	0.390	2.61	0.31363
37	0.31	0.30	0.305	2.63	0.19220
38	0.36	0.39	0.375	2.60	0.28762
39	0.40	0.48	0.440	2.60	0.39861
40	0.29	0.31	0.300	2.56	0.18116
41	0.29	0.31	0.300	2.59	0.18328
42	0.37	0.40	0.385	2.57	0.29964

Continuación del anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos

43	0.35	0.42	0.385	2.57	0.30166
44	0.31	0.29	0.300	2.56	0.18116
45	0.41	0.38	0.395	2.64	0.32398
46	0.44	0.43	0.435	2.61	0.38794
47	0.38	0.39	0.385	2.60	0.30273
48	0.26	0.26	0.260	2.63	0.13963
49	0.41	0.37	0.390	2.60	0.31141
50	0.31	0.34	0.325	2.56	0.21282
51	0.34	0.33	0.335	2.61	0.23010
52	0.44	0.36	0.400	2.60	0.32999
53	0.27	0.27	0.270	2.62	0.15001
54	0.33	0.34	0.335	2.62	0.23098
55	0.31	0.31	0.310	2.59	0.19549
56	0.33	0.35	0.340	2.59	0.23536
57	0.36	0.39	0.375	2.61	0.28873
58	0.35	0.34	0.345	2.62	0.24497
59	0.28	0.29	0.285	2.60	0.16592
60	0.29	0.32	0.305	2.58	0.18896
61	0.26	0.28	0.270	2.59	0.14850
62	0.34	0.34	0.340	2.58	0.23424
63	0.32	0.32	0.320	2.58	0.20750
64	0.36	0.33	0.345	2.59	0.24258
65	0.38	0.33	0.355	2.61	0.25962
66	0.36	0.34	0.350	2.56	0.24650
67	0.26	0.27	0.265	2.63	0.14511

Vol. promedio **0.24780**
Vol. Total **16.60229**

Dia No. 7

Troza No.	Diam. 1 (m)	Diam. 2 (m)	Diam.prom. (m)	Long. (m)	Vol. (m3)
1	0.28	0.40	0.340	5.01	0.46903
2	0.52	0.45	0.485	5.06	0.93968
3	0.47	0.53	0.500	5.09	1.00302
4	0.35	0.38	0.365	5.07	0.53139
5	0.39	0.42	0.405	5.10	0.65791
6	0.35	0.36	0.355	5.11	0.50589
7	0.40	0.46	0.430	5.02	0.73256
8	0.37	0.39	0.380	5.06	0.57426
9	0.52	0.39	0.455	5.07	0.84119
10	0.36	0.42	0.390	4.98	0.59843
11	0.40	0.42	0.410	5.02	0.66316
12	0.53	0.50	0.515	5.01	1.04451

Vol.
Promedio **0.71342**
Vol. Total **8.56104**

Continuación del anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos

Día No. 8

Troza No.	Diam. 1 (m)	Diam. 2 (m)	Diam.prom. (m)	Long. (m)	Vol. (m3)
1	0.33	0.32	0.325	2.66	0.22072
2	0.37	0.40	0.385	2.63	0.30664
3	0.48	0.41	0.445	2.64	0.41314
4	0.36	0.31	0.335	2.61	0.23133
5	0.46	0.42	0.440	2.60	0.39616
6	0.31	0.33	0.320	2.58	0.20770
7	0.39	0.41	0.400	2.61	0.32819
8	0.32	0.34	0.330	2.59	0.22173
9	0.30	0.31	0.305	2.62	0.19147
10	0.27	0.28	0.275	2.60	0.15448
11	0.40	0.41	0.405	2.61	0.33629
12	0.32	0.30	0.310	2.58	0.19493
13	0.29	0.31	0.300	2.62	0.18540
14	0.30	0.32	0.310	2.57	0.19418
15	0.32	0.32	0.320	2.61	0.20991
16	0.49	0.44	0.465	2.56	0.43600
17	0.30	0.34	0.320	2.57	0.20750
18	0.30	0.32	0.310	2.58	0.19493
19	0.27	0.30	0.285	2.61	0.16696
20	0.37	0.35	0.360	2.61	0.26587
21	0.33	0.35	0.340	2.62	0.23808
22	0.31	0.35	0.330	2.63	0.22577
23	0.37	0.38	0.375	2.59	0.28611
24	0.33	0.36	0.345	2.57	0.24070
25	0.41	0.35	0.380	2.61	0.29785
26	0.37	0.39	0.380	2.56	0.29054
27	0.30	0.27	0.285	2.57	0.16441
28	0.37	0.34	0.355	2.59	0.25682
29	0.31	0.28	0.295	2.62	0.17954
30	0.27	0.26	0.265	2.61	0.14401
31	0.29	0.27	0.280	2.62	0.16153
32	0.29	0.33	0.310	2.60	0.19706
33	0.39	0.40	0.395	2.63	0.32234
34	0.29	0.28	0.285	2.64	0.16847
35	0.40	0.44	0.420	2.59	0.35964
36	0.32	0.35	0.335	2.57	0.22698
37	0.28	0.25	0.265	2.56	0.14165
38	0.30	0.31	0.305	2.59	0.18928
39	0.33	0.32	0.325	2.57	0.21325
40	0.39	0.38	0.385	2.58	0.30040
41	0.30	0.28	0.290	2.61	0.17260
42	0.29	0.28	0.285	2.58	0.16464
43	0.33	0.35	0.340	2.63	0.23899
44	0.30	0.31	0.305	2.60	0.19001
45	0.34	0.33	0.335	2.57	0.22657
46	0.33	0.32	0.325	2.55	0.21159
47	0.44	0.38	0.410	2.56	0.33980

Continuación del anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos

48	0.39	0.40	0.395	2.61	0.31989
49	0.32	0.27	0.295	2.61	0.17967
50	0.30	0.33	0.315	2.59	0.20230
51	0.32	0.29	0.305	2.63	0.19262
52	0.26	0.26	0.260	2.61	0.13857
53	0.31	0.31	0.310	2.64	0.19926
54	0.30	0.29	0.295	2.61	0.17844
55	0.30	0.32	0.310	2.60	0.19644
56	0.33	0.32	0.325	2.56	0.21242
57	0.36	0.27	0.315	2.58	0.20517
58	0.38	0.33	0.355	2.60	0.25862
59	0.40	0.34	0.370	2.61	0.28248
60	0.44	0.34	0.390	2.58	0.31327
61	0.27	0.28	0.275	2.57	0.15270
62	0.30	0.33	0.315	2.60	0.20308
63	0.32	0.30	0.310	2.58	0.19493
64	0.40	0.44	0.420	2.53	0.35131
65	0.27	0.28	0.275	2.59	0.15389
66	0.28	0.27	0.275	2.64	0.15686
67	0.26	0.28	0.270	2.60	0.14907
68	0.29	0.31	0.300	2.62	0.18540
69	0.38	0.40	0.390	2.59	0.30960
70	0.28	0.29	0.285	2.59	0.16528
71	0.46	0.39	0.425	2.59	0.36992
72	0.29	0.29	0.290	2.61	0.17240
73	0.47	0.29	0.380	2.62	0.31381
74	0.33	0.33	0.330	2.57	0.21981
75	0.34	0.33	0.335	2.59	0.22834
76	0.34	0.38	0.360	2.58	0.26342
77	0.31	0.32	0.315	2.61	0.20345
78	0.32	0.35	0.335	2.63	0.23228
79	0.33	0.34	0.335	2.53	0.22305
80	0.28	0.32	0.300	2.56	0.18176

Vol.
Promedio **0.23152**
Vol. Total **18.52165**

Dia No. 9

Troza No.	Diam. 1 (m)	Diam. 2 (m)	Diam.prom. (m)	Long. (m)	Vol. (m3)
1	0.41	0.4	0.405	2.61	0.33629
2	0.49	0.45	0.470	2.63	0.45712
3	0.34	0.36	0.350	2.58	0.24843
4	0.38	0.33	0.355	2.60	0.25862
5	0.41	0.45	0.430	2.52	0.36675
6	0.40	0.39	0.395	2.59	0.31743
7	0.35	0.45	0.400	2.64	0.33694
8	0.32	0.32	0.320	2.57	0.20669

Continuación del anexo 10. Trozas procesadas en el estudio de tiempos y movimientos

9	0.37	0.37	0.370	2.60	0.27956
10	0.27	0.28	0.275	2.62	0.15567
11	0.33	0.36	0.345	2.60	0.24351
12	0.35	0.34	0.345	2.61	0.24404
13	0.41	0.42	0.415	2.59	0.35039
14	0.34	0.44	0.390	2.59	0.31449
15	0.33	0.33	0.330	2.64	0.22580
16	0.33	0.37	0.350	2.58	0.24904
17	0.34	0.38	0.360	2.59	0.26444
18	0.29	0.32	0.305	2.60	0.19042
19	0.37	0.35	0.360	2.56	0.26078
20	0.30	0.31	0.305	2.57	0.18782
21	0.31	0.28	0.295	2.59	0.17748
22	0.29	0.31	0.300	2.60	0.18399
23	0.31	0.32	0.315	2.59	0.20189
24	0.33	0.37	0.350	2.60	0.25097
25	0.30	0.35	0.325	2.65	0.22114
26	0.32	0.35	0.335	2.60	0.22963
27	0.33	0.36	0.345	2.58	0.24164

Vol. Promedio **0.25929**
Vol. Total **7.00095**