

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA**



**Coeficiente de aserrío y caracterización del aserradero ejidal Santa María  
Magdalena Cahuacán, Nicolás Romero, Estado de México**

**Por:**

**HECTOR BACA MARIN**

**T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo Forestal**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Agosto de 2001**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Coefficiente de aserrío y caracterización del aserradero ejidal Santa María  
Magdalena Cahuacán, Nicolás Romero, Estado de México**

**TESIS**

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador  
como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRONOMO FORESTAL**

**Por**

**HECTOR BACA MARIN**

**APROBADA**

---

**M.C. Salvador Valencia Manzo.  
Presidente del Jurado**

---

**M.C. Luis Morales Quiñones.  
Sinodal**

---

**M.C. José Armando Nájera Castro.  
Sinodal**

---

**M.C. Reynaldo Alonso Velasco.  
Coordinador de la División de Agronomía**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.**

**Agosto de 2001**

## DEDICATORIA

**A MIS PADRES:** Salvador Baca Suárez y Ma Elena Marín Robledo; este logro es de ustedes: por todas las cosas que me han enseñado, por sus grandes consejos, ejemplos, por sus oraciones y desvelos, por su incansable deseo de brindarme siempre lo mejor, pero sobre todo porque son los seres que más quiero, respeto y admiro.

**A MIS HERMANOS:** Salvador, Liliana, Lazaro Alonzo, Magda Elena y Gonzalo; con cariño, por todo el apoyo que me brindan, por la libertad de dejarme ser como quiero ser y por permitirme la dicha de disfrutar de la hermandad y armonía familiar.

**A MIS SOBRINOS:** Salvador Ascharis y Erandy; con amor, por su inocencia.

**A MIS ABUELOS:** Salvador Baca M.(+), Amalia Suárez M.(+), Gonzalo Marín T. y Elvira Robledo G.; con respeto, por su eterna sabiduría y gran fortaleza.

**A MIS TIOS (AS):** Adela (+), Yolanda, Amalia, Jovita (+), Dolores, Guillermina, Manuel, Francisco(+) y Felipe; Mario, Gloria, Rosalba, Gerardo, Odilia, Gonzalo, Atilano, Rocío, Laura y Claudio; con afecto, por su apoyo y palabras de aliento.

A todos mis primos.

Al M. C. Jesús R. Valenzuela G., porque siempre ha tenido para mi una palabra de aliento, una sonrisa sincera, una mano extendida y sobre todo una gran amistad incondicional.

A Lascares, Timio, Jorge, Carlitos, Chino, Mario, Patiño, Dario, Homero, Alejandro, Alexis, Castillo, Juan, Lemus y Nestor (+); integrantes del equipo de Basquetbol de la UAAAN (1993-1997), porque su amistad y gran compañerismo hicieron más agradable mi estancia en la universidad.

Especialmente a mi novia María Cristina Zuñiga Barragán por compartir juntos tantos momentos inolvidables, por llegar a formar parte fundamental en mi vida y sobre todo por brindarme su amor.

A mis compañeros de la Generación LXXXIV de la especialidad Ingeniero Agrónomo Forestal por todos los momentos que compartimos.

A los compañeros del 20, por tantos momentos felices que pasamos como una gran familia.

A quienes omito involuntariamente pero son tan importantes como los que aparecen en el escrito.

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO, por darme la oportunidad de vivir y realizarme como persona.

A MI “ALMA MATER”, LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”. Por recibirme con los brazos abiertos y darme la oportunidad de cultivarme en su seno.

A LOS PROFESORES Y PERSONAL DEL DEPARTAMENTO FORESTAL. Por transmitirme sus conocimientos y experiencia, a ustedes debo mi formación.

AL PERSONAL DEL ASERRADERO del ejido Santa María Magdalena Cahuacán, por las facilidades otorgadas para la toma de datos.

AL M. C. MARTIN MARTINEZ SALVADOR, por su apoyo en la elaboración del presente trabajo.

AL M. C. SALVADOR VALENCIA MANZO, por su colaboración e interés en la realización del presente trabajo, por ser una persona de gran calidad moral e intelectual, pero sobre todo por su incondicional disposición y apoyo en todo momento.

AL M. C. JOSE ARMANDO NAJERA CASTRO, por su disponibilidad en la revisión de este trabajo.

AL M. C. LUIS MORALES QUIÑONES, por su valiosa aportación al presente trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CONTENIDO	iii
INDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vi
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 El sector forestal en México	3
2.1.1 El sector y la industria forestal en el Estado de México	3
2.2 Coeficiente de aserrío	4
2.3 Factores que Influyen en la productividad o coeficiente de aserrío.	5
2.3.1 Materia prima	5
2.3.2 Maquinaria y equipo	6
2.3.3 Mano de obra	6
2.4 Importancia del coeficiente de aserrío	6
2.5 Diagnostico de la industria forestal	8
3 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA	14
4 METODOLOGIA	15
4.1 Diagnostico del aserradero	15
4.2 Metodología para el cálculo del coeficiente de aserrío	15
4.2.1 Tamaño de muestra	16
4.2.2 Madera en rollo y aserrada de la muestra	19
4.2.2.1 Medición y cubicación de la madera en rollo de la muestra	19
4.2.2.2 Medición, cubicación y clasificación de madera aserrada	19
4.2.2.3 Medición y cubicación de subproductos	20
4.2.2.4 Medición y cubicación de corteza y leñas	21
4.2.3 Cálculo del coeficiente de aserrío	21

4.2.4	Estimación de un intervalo de confianza para el coeficiente de aserrío	22
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1	Caracterización de la industria	23
5.1.1	Maquinaria, equipo y sus características	23
5.1.2	Movimiento de trocería y sistema de alimentación	23
5.1.3	Características de las maquinas de corte	24
5.1.4	Producto	26
5.2	Coefficientes de aserrío	29
5.2.1	Cálculo del tamaño de muestra	29
5.1.2	Resultados de la evaluación del coeficiente de aserrío de la muestra	30
5.1.3	Porcentajes de los productos resultantes del proceso de aserrío	32
5.1.4	Presentación de los coeficientes de aserrío	33
5.1.5	Intervalos de confianza	33
5.3	Resumen de los resultados obtenidos	34
6	CONCLUSIONES	38
7	RECOMENDACIONES	39
8	LITERATURA CITADA	41

**INDICE DE CUADROS**

	Página
1. Características del carro.	24
2. Características de la maquinaria de corte.	24
3. Maquinaria para la elaboración de subproductos.	26
4. Medias de las características de la materia prima.	27
5. Características de los productos resultantes del proceso de aserrío.	27
6. Refuerzo en grueso y ancho.	28
7. Observaciones para el cálculo del tamaño de muestra.	29
8. Tamaño de muestra.	30
9. Volúmenes de madera en rollo con corteza y sin corteza y madera aserrada de largas dimensiones resultante en m <sup>3</sup> .	31
10. Cálculo del volumen de aserrín.	31
11. Distribución de productos resultantes del proceso de aserrío en relación con la madera en rollo que les dio origen.	32
12. Coeficientes de aserrío.	33
13. Intervalos de confianza.	34
14. Coeficientes de aserrío reales y comerciales.	34

## RESUMEN.

El presente trabajo se realizó en la empresa forestal “aserradero ejidal de Santa María Magdalena Cahuacán”, Nicolás Romero, Estado de México. Se evaluó la producción de madera aserrada en relación a la madera en rollo que le dio origen (coeficiente de aserrío), además de realizar la caracterización o diagnóstico de dicha industria forestal, la cual cuenta con dos torres principales de tipo sierra banda.

Para realizar el diagnóstico, se tomaron en cuenta elementos específicos que intervienen en el proceso de aserrío, tal es el caso de las características de la materia prima, maquinaria, mano de obra y el tipo de producto a elaborar, ya que estos elementos tienen influencia directa en la productividad de la industria. La materia prima que se empleó para la determinación de los coeficientes de aserrío (C.A.) fue *Pinus teocote*. Se tomó una premuestra y con base en el análisis de dichos datos se determinó el tamaño de muestra óptimo para la estimación del coeficiente de aserrío por tipo de producto resultante del proceso mismo. Se determinaron coeficientes de aserrío individuales y posteriormente se obtuvo una media. Se determinaron coeficientes de aserrío reales y comerciales con y sin corteza para cada torre de la industria (A y B); además se determinaron intervalos de confianza para cada valor de coeficiente de aserrío.

Dentro de la caracterización de la industria se concluyó que la capacidad instalada se subutiliza, además de que el nivel tecnológico es bajo. Los coeficientes de aserrío reales obtenidos son los siguientes: 61.10% y 69.45% para la torre “A”, con corteza y sin corteza, respectivamente con un I.C. de  $\pm 0.0051$  y  $0.0074$  y un  $\alpha=0.01$  y de 61.20% y 69.68% para la torre “B”, con corteza y sin corteza, respectivamente con un I.C. de  $\pm 0.0112$  y  $0.0151$  y un  $\alpha=0.01$ .



## INTRODUCCIÓN

En México las industrias forestales de mayor importancia en cuanto a volumen de producción ( $m^3$  de madera en rollo), capital invertido y la generación de empleos, son las industrias de celulosa, papel y aserrío; a esta última se le destina más del 50% de la producción maderable rollo comercial anual del país; asimismo, el alto porcentaje de materia prima que se emplea para la obtención de madera aserrada, hace de esta industria una de las fundamentales en la economía forestal (Acevedo, 1992).

Los productos del aserrío son, a su vez, la materia prima para la industria mueblera y de la construcción, principalmente; para lo cual se tienen determinadas las características que debe tener la madera aserrada para estos usos, como podrían ser en cuanto a su dimensión y calidad.

Por otra parte, se tiene la necesidad de hacer más productivas y eficientes las industrias dedicadas al aserrío, para que puedan competir con los productos de importación, lo cual requiere planear la producción, invertir capital, y capacitar a la gente que trabaja en la industria, ya que con una buena planeación de la producción, la madera se aprovechará al máximo, tratando de minimizar los desperdicios y hacer más eficiente la producción de madera aserrada.

Con la materia prima, maquinaria, productos y demás elementos productivos, se pretende determinar los parámetros de evaluación, para definir los elementos que operan con mayor eficiencia en las empresas y unir la investigación forestal con la industria para determinar los medios de producción eficientes en las diferentes actividades de transformación (Zavala, 1982).

A pesar de la importancia que representa la industria forestal en el proceso productivo forestal en el Estado de México, ésta afronta deficiencias en

su operación por falta de un abastecimiento de materia prima en cuanto a la calidad, cantidad y oportunidad requerida, así como por el desconocimiento de la eficiencia real de transformación de la materia prima que no permite modificar los métodos actuales de operación para incrementar la productividad.

Ante la necesidad de contar con una herramienta de valoración del proceso de aserrío para conocer la relación entre el volumen de un producto aserrado y el volumen de la materia prima que le dió origen, se realiza el presente estudio para la determinación de coeficientes de aserrío, con base en una metodología, producto de fuentes bibliográficas y estudios de caso realizados por diferentes instancias de investigación, la cual lleva al soporte de los análisis estadísticos, para su valoración.

## **1.1 Objetivos**

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- a) Caracterizar la industria forestal “aserradero del Ejido Santa María Magdalena Cahuacán”, ubicada en el Quinto Barrio de Santa María Magdalena Cahuacán, municipio de Nicolás Romero, Estado de México.
- b) Evaluar la producción de madera aserrada en relación a la madera en rollo que le dio origen para determinar el coeficiente de aserrío en dos torres de dicha industria.

## **2 REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 El sector forestal en México**

Para 1994, la superficie forestal en México era de un total de 141´745,169 hectáreas; esta superficie forestal se clasifica de la siguiente manera: 21% bosques, 19% selvas, 41% vegetación de zonas áridas, 3% vegetación hidrófila y halófila y el restante 17% áreas perturbadas (SEMARNAT, 2001).

Las estadísticas indican que de 1970 a 1997 la superficie forestal arbolada ha disminuido de 53.14 millones de hectáreas a 49.37 millones de hectáreas, por consecuencia, la producción forestal dentro del país, al igual que la superficie, ha disminuido de una producción de 9.79 millones de m<sup>3</sup> rollo en 1987 a 6.31 millones de m<sup>3</sup> rollo en 1995, aunque en los años posteriores se ha incrementado hasta llegar a los 8.33 millones de m<sup>3</sup> rollo en 1998 (SEMARNAT, 2001; SARH, s/f).

#### **2.1.1 El sector y la industria forestal en el Estado de México**

Las estadísticas de SEMARNAT (2001), también indican que el Estado de México ocupa el sexto lugar a nivel nacional, en cuanto a producción maderable se refiere, siendo el primero Durango, con producciones de 1´821,670 m<sup>3</sup> rollo y 1´910,920 m<sup>3</sup> rollo para 1997 y 1998, respectivamente. Para el Estado de México las producciones son de 280,070 m<sup>3</sup> rollo y 406,460 m<sup>3</sup> rollo en 1997 y 1998, respectivamente; esto representa el 3.6% y 4.9% de la producción total para 1997 y 1998, respectivamente, lo cual indica claramente que existe un aumento considerable en la actividad forestal industrial.

De acuerdo al Gobierno del Estado de México (1997), la industria forestal en el Estado de México está conformada en su mayoría por aserraderos que operan con problemas de abastecimiento regular de materias primas, poca

diversificación y tamaños menor y medio. El número total de industrias dentro del Estado es de 138, distribuidas en 131 aserraderos, 5 de chapa y triplay, 1 de aglomerados y 1 resinera. La capacidad instalada de la industria forestal en el estado de México es de 1'215,260 m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> y la capacidad utilizada es de 795,661 m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. En su conjunto, toda la industria en esta entidad, genera aproximadamente 3,303 empleos directos.

## 2.2 Coeficiente de aserrío

Villegas (1996) indica que el coeficiente de aserrío es la relación porcentual dada entre el volumen de producto aserrado (madera aserrada) y el volumen de la materia prima que le dió origen (madera en rollo), de tal manera que, para medir la cantidad de madera que es transformada en productos aserrados, se utiliza el coeficiente de aserrío, el cual es la relación que existe entre el rendimiento de madera aserrada y los metros cúbicos de rollo alimentados al aserradero; la ecuación que relaciona estas variables es:

$$\text{Coeficiente de aserrío} = \frac{\text{Volumen aserrado}}{\text{Volumen en rollo}} \quad (100)$$

El coeficiente de aserrío depende del tamaño de la troza, del método de aserrío, de las dimensiones del producto y de otros factores (Piedra, 1995).

Lo anterior debido a que en muchos aserraderos existe en forma adicional un taller de secundarios, de tal forma que en ellos es posible la obtención de productos secundarios, que trae como consecuencia, un aumento en el coeficiente de aserrío dada la recuperación del volumen escuadrado de esos productos, en tanto que en aquellas industrias que no disponen de instalaciones para el procesamiento de productos secundarios, el coeficiente de aserrío será

menor, dado que deben considerar técnicamente como desperdicio aquellos productos que no están en condiciones de transformar (Piedra, 1995).

La eficiencia de la industria, está en función de una serie de factores, entre los cuales destacan: la materia prima, el proceso y la mano de obra, que combinados de manera armoniosa la hacen eficiente y competitiva en su campo; la industria del aserrío no es ajena a tales factores, ya que su éxito depende de la calidad de la materia prima, de la eficiencia del proceso de transformación, del tipo de maquinaria y la calidad de la mano de obra utilizada en el proceso (Rodríguez, 1991).

La productividad del proceso de aserrío, cuya repercusión puede evaluarse con el estimador, coeficiente de aserrío, es consecuencia de una productividad parcial, que dentro del proceso se tiene en cada uno de los factores mencionados ( Villegas, 1996).

## **2.3 Factores que influyen en la productividad o coeficiente de aserrío**

### **2.3.1 Materia prima**

La transformación de madera en rollo requiere de ciertas especificaciones en cuanto a la especie, características físicas, etc., para que pueda llevarse a efecto, en virtud de que la tecnología disponible tiene rangos limitados de adopción (UACH, 1989a).

La calidad del producto obtenido en el proceso de aserrío es una consecuencia de la calidad de la materia prima o trocería usada y de las características del proceso mismo (UACH, 1989b).

### **2.3.2 Maquinaria y equipo**

La influencia de la maquinaria y equipo en el coeficiente de aserrío, es función básicamente de sus características de construcción y fuerza motriz, accesorios cortantes e implementos y el mantenimiento, a que las dos anteriores estén sujetas (Rodríguez, 1991).

### **2.3.3 Mano de obra**

En este sentido Rodríguez (1992) señala que son básicamente dos las formas en que se ve influenciada la magnitud del coeficiente de aserrío:

- a) Capacitación.- El grado de conocimientos teórico-prácticos de los elementos que intervienen en el proceso; a nivel de dirección y/u operación son de vital importancia en el proceso de aserrío.
- b) Disposición de trabajo.- La disposición de trabajo y la producción tiene dos orígenes, uno de tipo natural y consecuencia del estado de salud, edad, higiene, alimentación, etc. y el otro de tipo artificial producto del interés que el empleado tenga en su trabajo.

## **2.4 Importancia del coeficiente de aserrío**

Los coeficientes de aserrío constituyen para el productor, una herramienta que le permite conocer los principales parámetros que indican la eficiencia del proceso de aserrío a fin de realizar las modificaciones necesarias tendientes a mejorarlas (SARH-INIFAP, 1993).

El coeficiente de aserrío, al igual que muchas evaluaciones dasonómicas, debe ser una medida representativa del potencial de transformación que posee una especie, la maquinaria y las características de la mano de obra, de tal suerte

que su evaluación requiere de elementos de la estadística, que demarquen su validez con un cierto margen de confiabilidad y con el riesgo de un cierto porcentaje de error (SARH-INIFAP, 1993).

En el medio forestal se tiene pleno conocimiento de lo anterior, y en muy pocos casos, el coeficiente de aserrío se evalúa determinando al tamaño de muestra requerida para una evaluación estadísticamente confiable (SARH-INIFAP, 1993).

Rodríguez (1991) señala que la productividad es un indicador de la eficiencia y eficacia del sistema en la producción de bienes y servicios. A su vez, el diagnóstico sirve para determinar los siguientes aspectos:

- a) El desequilibrio operativo o funcional de uno o más de sus componentes.
- b) El nivel de deterioro de la eficiencia y la eficacia, a partir del análisis de los signos vitales de los elementos del sistema, basado en lo que en realidad se debe hacer y no en lo que se dice que se hace.

Los diagnósticos industriales tienen como objetivo la evaluación de los factores que intervienen en el proceso productivo, en su acción e interacción. La información obtenida de estos estudios, se analiza para proponer estrategias que permitan superar las deficiencias detectadas e impulsar el desarrollo equilibrado de la industria en todas sus áreas (Baca, 1991).

La utilidad de cualquier planta de aserrío, se refleja en el resultado que se obtiene de convertir la madera en rollo, en madera aserrada lista para la venta final. Esta utilidad también va a depender de los rendimientos de asierre que se obtengan del proceso de las trozas, y de la cantidad, en cuanto a la calidad que éstas puedan dar; el éxito de los rendimientos de asierre radican en la especie,

características de la trocería, tipo de sierra, pericia del aserrador al tomar las decisiones, en el desorillador para obtener menor desperdicio por concepto de desorille, etc. La cantidad y calidad de la madera aserrada que se obtiene del proceso de aserrío, va a depender de la especie y forma de la troza. Los rendimientos de la madera aserrada de cualquier aserradero, siempre van a ser mayores a medida que el grosor de las tablas sea mayor (Piedra, 1995).

La expresión del coeficiente de aserrío, refleja de manera práctica los niveles de aprovechamiento de la materia prima, en función de los tipos de productos a obtener. Es decir, entre mayor sea el número de conceptos que se incluyan en el cálculo, ocasiona que el porcentaje obtenido sea más alto, lo que indica que existe una mayor integración industrial para el aprovechamiento de la materia prima (Moreno, 1993).

Siempre deberá observarse el coeficiente de aserrío, si se desea obtener y conservar rendimientos máximos, pues es un índice de comportamiento de un aserradero. Para saber el coeficiente de aserrío adecuado, se analiza el sistema de conversión, y así se puede asegurar si hay desperdicio innecesario en alguna etapa del proceso de transformación (Piedra, 1995).

Cuando en la industria del aserrío se logren identificar y cuantificar la causa de su coeficiente de aserrío, así como el planteamiento y adopción de medidas que lo incrementen al máximo, se estará en el punto que, en términos de productividad recibe el nombre de “máxima productividad”, es decir, que se produzca al máximo volumen con el mismo consumo de recursos, de aquí la importancia del coeficiente de aserrío (Villegas, 1996).

## **2.5 Diagnóstico de la industria forestal**

En las diferentes fases de producción del proceso de aserrío, incluyendo desde el troceo del arbolado hasta la elaboración de madera aserrada, influyen



muchos factores que afectan directamente el coeficiente de aprovechamiento, la calidad de la madera que se obtiene y los costos de producción; aspectos que repercuten de forma directa en las utilidades o pérdidas económicas que pueden variar considerablemente de una empresa a otra, aun cuando sus capacidades de producción sean similares (Zavala, 1982).

En la empresa de tipo industrial existe el problema de mantener una tasa adecuada de producción que exige una atención especial en la planeación de lo que se va a producir, a la compra y al control de materiales, recepción y almacenamiento, disponibilidad de instalaciones fabriles, mano de obra, métodos y normas de procedimiento, inspección, embarque y facturación, entre otros (Álvarez, 1990).

De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria Forestal (1991), la planta industrial maderera instalada en México se caracteriza por:

- a) Ser una rama productiva que comprende pocos eslabones en su cadena de producción.
- b) Su desarrollo se ha visto limitado por el deficiente abasto de materia prima, producto de una excesiva regulación para el aprovechamiento y porque la forma de tenencia de los terrenos forestales no permite a los industriales producir su propia materia prima.
- c) Falta de planificación, principalmente en el abastecimiento, ocasionado por la infraestructura caminera insuficiente y la regulación en la actividad extractiva.
- d) El capital de las empresas industriales madereras es prioritariamente mexicano.

En relación a estudios específicos que se han efectuado sobre la industria del aserrío a nivel de diagnóstico, se toman en cuenta los puntos técnicos de mayor importancia para la evaluación de los diversos tipos de la industria forestal, incluyen para la industria del aserrío, las dimensiones y calibres de las sierras y maquinas básicas como la torre principal, el carro y los motores (Zamudio, 1984).

En el estado de Durango, se realizó un diagnóstico de la industria del aserrío, en el cual se señalan los factores que limitan el buen funcionamiento de los aserraderos, siendo los siguientes: fallas mecánicas y una serie de condiciones desfavorables que no aseguran la permanencia de la mano de obra (Zavala, 1982).

En el estado de Tabasco, se realizó un diagnóstico de la industria del aserrío, investigando mediante encuestas a siete aserraderos, dando como conclusiones que las deficiencias técnicas y de abastecimiento disminuyen la capacidad instalada hasta en un 40 % (Melchor, 1984).

En el diagnóstico realizado en Tlaxcala, se señala que el régimen de propiedad de los aserraderos del estado, son en su mayoría privados, con bajos niveles de eficiencia, ocasionados principalmente por el bajo nivel tecnológico y administrativo con que éstos operan, la nula mecanización en las fases de apilamiento y movimiento de trocería y alimentación de la sierra principal, la mala distribución en planta y la deficiente capacitación de los operarios que inciden en los deficientes niveles de productividad y utilización de la capacidad instalada. Además la maquinaria utilizada en el proceso de aserrío de la entidad, es obsoleta e inadecuada (Moreno, 1993).

En el estado de Chiapas, se encontró que la industria es de baja eficiencia, ya que carecen en su mayoría de servicios de comunicación, la

disponibilidad y calidad de la fuerza de trabajo no es del nivel que se requiere; las fuentes de abastecimiento y mercados de consumo son un problema debido a la inadecuada ubicación; se descuida la planificación y control de la producción de madera aserrada; no existen programas adecuados de mantenimiento y reposición de maquinaria, equipo e instalaciones (Álvarez, 1990).

Villegas (1996), en un estudio realizado en el Estado de México, concluye que la maquinaria está poco tecnificada, además de que la capacidad instalada es subutilizada y la mano de obra carece de capacitación y adiestramiento; así mismo, determina que los factores que más influyen en la producción de madera aserrada son: la maquinaria, calidad del producto y mano de obra.

Dentro de los problemas que sufre la industria del aserrío, se encuentran: contracción de la demanda de madera aserrada; maquinaria y equipo obsoleto; falta de mano de obra calificada; falta de esquemas adecuados de organización; irregularidad en el abasto de materia prima; controles inadecuados en el proceso productivo; e inadecuada ubicación y construcción de los aserraderos. Todo lo anterior se refleja en los altos costos de producción, mala calidad del producto y elevado porcentaje de desperdicios; que no es más que ineficiencia productiva (Flores y Velasco, 1992).

La mayor parte de los aserraderos del país operan a una capacidad mucho menor a la capacidad instalada; los aserraderos mexicanos generalmente se encuentran localizados en zonas rurales forestales poco ventajosas por la forma empírica en que se selecciona el lugar de la ubicación de los mismos, ya que se debe tomar en cuenta una serie de factores como la materia prima y el mercado, cuya distancia relacionada con el transporte de la trocería o del producto, lleva a considerar la distancia más favorable para uno u otro factor (Rodríguez, 1991).

En un estudio realizado a la industria del aserrío, se asevera que esta industria es básica y fundamental, mencionando que consume un 55 % de la madera aprovechada anualmente, y es el único tipo de industria que tiene como propietarios mayoritarios o únicos a los ejidatarios o comuneros. Se resume la problemática de la industria en los siguientes puntos: exceso de desperdicios por unidad; obsolescencia en la mayoría de los aserraderos; poca capacitación de los operarios; baja calidad de los productos y baja eficiencia debido a la raquítica capacidad de producción y a los cortos periodos de operación del equipo, ya que el abastecimiento en la mayoría de los casos está ligado a la falta de una buena red de caminos transitables en época de lluvias (Caballero, 1988).

Algunos de los factores directamente relacionados con la rentabilidad de los aserraderos son: las características y la capacidad de producción del equipo utilizado; la habilidad y preparación del operario y condiciones de mantenimiento del equipo; las características de la trocería utilizada (calidad, dimensiones y refuerzo), y las características de la madera aserrada producida (dimensiones, refuerzos y variación del grosor en la madera) (Zavala, 1982).

En relación a las características de las sierras y equipo de aserrío en general, es importante que sus elementos se ajusten a especificaciones técnicas adecuadas, para aserrar maderas duras o blandas según sea el caso, con la finalidad de lograr mayor eficiencia en el proceso de aserrío y aprovechar al máximo la materia prima (Melchor, 1984).

Otro aspecto fundamental es la fuerza motriz, que debe tener la potencia suficiente para cubrir las necesidades de energía, que se emplea en las diversas actividades de aserrío, recomendándose en orden de importancia, los motores de energía eléctrica, después lo que usan diesel y por último los que operan con gasolina; las características de la nave industrial, también son importantes, ya que cuando las condiciones de operación no son favorables, la eficiencia de los

operadores es baja como consecuencia de la falta de un espacio de maniobras suficiente (Melchor, 1984).

Debido a la gran variación de las trozas entregadas al aserradero, resulta imposible hacer reglas precisas que especifiquen la forma en la cual una troza se debe cortar; sin embargo, existen principios básicos que pueden servir como guía para la buena práctica del aserrío (Brown y Bethel, 1975).

El patrón común de corte que se usa, es aquel en donde una serie de cortes paralelos, se hacen a través de la troza sin cambiarla; aunque también existe otra forma de corte en la que las dos costeras de ambos extremos de la sección transversal, se cortan inicialmente y se asierran en forma similar al patrón anterior, y la semiescuadra que resulta se corta en forma perpendicular a los cortes hechos sobre las costeras (Park y Leman, 1983).

Para determinar la dimensión óptima de corte de una pieza de madera aserrada, se le debe agregar a la dimensión nominal una serie de refuerzos para obtener la dimensión final especificada (Zavala, 1982).

Mediante esta técnica, se asegura el tipo y la cantidad de madera aserrada requerida por el mercado; por lo que se reducen las pérdidas por la obtención de productos de poca demanda en el mercado; también hace más flexible la producción de madera aserrada, al no encasillarse en la obtención de un solo tipo de producto, ya que presenta una mayor variabilidad de productos comerciales en comparación con el método tradicional (López, 1992).

### 3 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

La empresa seleccionada para la realización del presente trabajo es el aserradero ejidal de “Santa María Magdalena Cahuacán”, ubicado en el Quinto Barrio de Santa María Magdalena Cahuacán, del municipio de Nicolás Romero, Estado de México.

Este ejido cuenta con dos torres principales, por lo que se maneja como dos aserraderos (A y B) dentro de la misma empresa y ubicados en el mismo sitio. Estos aserraderos son fijos, del tipo sierra banda, aserrando principalmente madera de pino con una capacidad instalada de 25 m<sup>3</sup> r por turno de 8 horas, lo que representa una producción aproximada de 5,300 pt. La empresa cuenta con 6 trabajadores, los cuales desempeñan varias funciones dentro del proceso productivo y todos son del propio ejido; no han recibido ningún tipo de capacitación por parte de la empresa, su escolaridad es muy variable ya que va desde quien no ha terminado la primaria, hasta el que estudió el bachillerato.

La empresa se abastece de los mismos montes ejidales, los cuales están conformados por rodales puros de pino (P) y rodales mezclados de pino-encino (Pq), los cuales vegetan en espesuras desde muy aclaradas hasta muy cerradas. Dentro de los géneros y especies de mayor importancia económica y que son la que se aprovechan actualmente se encuentran el *Pinus teocote*, *P. hartwegii*, *Quercus laurina*, *Q. crassipes*, *Alnus* sp y *Arbutus* sp. El ejido cuenta con dos permisos para el aprovechamiento de recursos forestales maderables de tipo persistente, autorizados por la Delegación Federal de la SEMARNAP en el Estado de México, emitidos mediante oficios No. DFMARNAP/0079/98 y DFMARNAP/0080/98, para la ampliación y dotación, respectivamente; teniendo una posibilidad promedio anual de 3,824 m<sup>3</sup> V.T.A., de acuerdo a los Programas de Manejo Forestal y autorizaciones emitidas (GEM-SEDAGRO-PROBOSQUE, 1996a; GEM-SEDAGRO-PROBOSQUE, 1996b).

### 4 METODOLOGIA

#### 4.1 Diagnóstico del aserradero

Para realizar el diagnóstico, se tomaron en cuenta elementos específicos que intervienen en el proceso de aserrío, tal es el caso de las características de la materia prima, maquinaria, mano de obra y el tipo de producto a elaborar, ya que estos elementos tienen influencia directa en la productividad de la industria.

Las características de cada elemento que interviene en el proceso de producción se determinaron de la siguiente manera.

- a) **Materia prima.** Se elaboró un formato para el registro de los diámetros de la troza y el diámetro promedio, así como la longitud de la misma y el volumen. Para el caso de la madera aserrada, se registró en otro formato que incluye, el grueso, el ancho y el largo, así como el número total de unidades por cada troza, obteniendo así coeficientes de aserrío individuales.
- b) **Maquinaria.** Para este caso se realizó bajo un formato en el cual se anotaron, las características de la maquinaria con la que cuenta el aserradero para saber el nivel tecnológico existente (Zamudio, 1984).
- c) **Mano de obra.** Se encuestaron a las personas que ahí trabajan, para conocer su experiencia en el ramo, si han sido capacitados y con que frecuencia, así como la escolaridad que tienen.

## **4.2 Metodología para el cálculo del coeficiente de aserrío**

Para el caso del presente estudio se empleó la metodología utilizada para el cálculo del coeficiente de aserrío descrita por SARH-INIFAP (1993), la cual cuenta con sólidas bases estadísticas y se resume en la siguiente guía.

### **4.2.1 Tamaño de muestra**

La Universidad Autónoma Chapingo (1989) señala que con el objeto de demarcar el margen de confiabilidad y el riesgo de porcentaje de error en la determinación del coeficiente de aserrío, se toma una muestra de 15 trozas del mismo género. Así se hizo para cada una de las torres A y B y se realizaron las actividades siguientes:

- a) Cubicación de las trozas.- Se cubió cada una de las trozas, utilizando el sistema métrico decimal, de acuerdo con la fórmula de Huber que registra Romahn *et al.* (1994).

$$V = S_m H$$

V = Volumen (expresado en m<sup>3</sup>)

S<sub>m</sub> = Area de la sección transversal media (expresado en m<sup>2</sup>)

H = Longitud total de la troza (expresado en m)

A cada una de las trozas de la muestra se les midió el diámetro mayor y menor con corteza y sin corteza, así como la longitud de las mismas. Esto se hizo con cinta métrica y con aproximación al milímetro para el caso de los diámetros, y con cinta métrica y con aproximación al centímetro para la longitud.

- b) Aserrado de las trozas.- Después de la cubicación de las trozas, éstas se aserraron y se registraron los productos aserrados por cada troza.

Para la cubicación de cada pieza de madera aserrada, se empleó la fórmula del paralelepípedo, la cual es la siguiente:

$$\text{Volumen de madera aserrada} = \text{grueso(m)} \times \text{largo(m)} \times \text{ancho(m)}$$



La medición para la cubicación de la madera aserrada se realizó de la siguiente manera:

Para realizar las mediciones en grueso y ancho en cada producto aserrado y/o desorillado se tomaron tres medidas, tanto para ancho, como para grueso: una a 20 cm de un extremo de la pieza, la segunda a 20 cm del otro extremo y la tercera en el centro de la pieza aserrada, de estos datos se tomó una media en cada pieza aserrada para realizar los cálculos de cubicación de madera aserrada.

- c) Cálculo del coeficiente de aserrío.- El volumen de madera aserrada de cada troza se obtiene de la suma del volumen de cada producto aserrado de cada troza.

Una vez cubicada la trocería y la madera aserrada resultante del aserrío de cada una de las trozas, se procede a determinar el coeficiente de aserrío de cada troza.

Para la determinación del coeficiente de aserrío se empleó la siguiente fórmula:

$$C. A. = ( VMA / VMR ) \times 100$$

Donde:

C. A. = Coeficiente de aserrío (%)

VMA = Volumen de madera aserrada (m<sup>3</sup>)

VMR = Volumen de madera en rollo (m<sup>3</sup>)

- d) Cálculo de los estimadores media y varianza.- Después de la determinación del coeficiente de aserrío de cada troza de la muestra se procedió al cálculo de los estimadores media y varianza.

Media = La media se obtiene de la suma de todos los coeficientes de aserrío unitarios, entre el número total de ellos, ésto es:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Donde:

$\bar{X}$  = Media

n = Número de observaciones

$X_i$  = Observación i-esima

A su vez, la varianza es la suma de los cuadrados de las desviaciones con respecto a su media entre sus grados de libertad (número total de observaciones menos uno); en forma de fórmula, se tiene:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i^2 - \bar{X})^2$$

Donde:

$S^2$  = Varianza

$X_i^2$  = Cuadrado de la observación i-esima

$\bar{X}$  = Media de las observaciones

e) Cálculo del tamaño de muestra.- Freese (citado por Dobie, 1973), señaló que una vez calculados los estimadores media y varianza, se procede a la determinación del tamaño de muestra con la fórmula siguiente:

$$N = (t^2 S^2) / E^2$$

Donde:

N = Tamaño mínimo de muestra

$t$  = Valor de la distribución  $t$  de “student” para un nivel dado de probabilidad y  $n-1$  grados de libertad

$S^2$  = Varianza de las observaciones

$E$  = Error aceptable, normalmente un porcentaje dado de la media de las observaciones previas expresado en las mismas unidades de la media

#### **4.2.2 Madera en rollo y madera aserrada de la muestra**

Una vez determinado el tamaño mínimo de muestra, se procedió a realizar la medición y cubicación de la madera en rollo y de la madera aserrada.

##### **4.2.2.1 Medición y cubicación de madera en rollo de la muestra**

El procedimiento de medición de las trozas, fue el mismo utilizado en la medición de las trozas de la premuestra, descrito previamente.

Una vez medidas y cubicadas las trozas, se aserraron, obteniéndose de ellas los tipos de productos comerciales más comunes por cada troza, según registros de reembarque de la industria en estudio.

##### **4.2.2.2 Medición, cubicación y clasificación de madera aserrada**

Para facilitar la medición de la madera aserrada resultante del aserrío de cada una de las trozas de la muestra, se clasificaron primero por el grosor, luego por su ancho y finalmente por su longitud, en forma ascendente. Las variables principales a medir, fueron grueso, ancho y longitud de madera aserrada. Se separaron los resultados de madera aserrada de cada troza, para obtener coeficientes de aserrío individuales.

- a) Cubicación de la madera de largas dimensiones. En la cubicación de madera aserrada de largas dimensiones (longitud de 8 pies o mayor), se utilizó la fórmula convencional de un paralelepípedo.
- b) Cubicación de la madera de cortas dimensiones. Para la cubicación de madera aserrada de cortas dimensiones (longitud menor de 8 pies), también se emplea la fórmula del paralelepípedo. Sin embargo para el caso de esta industria no se obtiene madera de cortas dimensiones.

#### **4.2.2.3 Medición y cubicación de subproductos**

Los productos y subproductos, los constituyen las costeras y las fajillas resultantes del asierre de las trozas y del desorillado de las tablas respectivamente; el aserrín, producto del asierre de las trozas, y la leña producto del redimensionado de los productos aserrados.

- a) Costeras y fajillas. Se calculó por diferencia de volúmenes de la siguiente forma: del total de madera en rollo con corteza, se restó el volumen de madera aserrada, así como el volumen de la corteza y el volumen del aserrín, obteniendo así el volumen de costeras y fajillas. Cabe mencionar que el cálculo del volumen también se puede efectuar a través de la relación existente entre el peso total de estos subproductos y la relación peso entre volumen de la madera.
- b) Aserrín. Para la correcta medición y cubicación del aserrín, se pesó éste inmediatamente después de su producción y por otro lado, aleatoriamente se obtuvieron muestras de madera aserrada resultante de las diversas trozas. Estas muestras también se pesaron y cubicaron luego de su obtención.

Con el peso y volumen de las muestras se determinó la relación peso entre volumen de la madera aserrada, por lo que con esta relación y el peso total

del aserrín se obtuvo el volumen de este último producto. Este procedimiento fue el utilizado para la obtención del volumen del aserrín y se da por la fórmula:

Vol. aserrín = peso del aserrín / relación peso : volumen de madera aserrada

Dobie (1973) señala también que puede estimarse el volumen de aserrín mediante el grosor de la sierra y los cortes realizados por la misma.

#### **4.2.2.4 Medición y cubicación de la corteza y leñas**

Dadas las irregularidades de formas y condiciones de humedad de estos productos, su cubicación se realizó por diferencia de volúmenes, es decir, el volumen total en rollo con corteza, menos el volumen total de madera en rollo sin corteza.

#### **4.2.3 Cálculo del coeficiente de aserrío**

Para la determinación del coeficiente de aserrío, se procedió de la siguiente manera:

- a) Se sumaron los volúmenes unitarios de las trozas.
- b) Se sumaron los volúmenes unitarios de los tipos de productos aserrados.

C. A. = Vol. total del tipo de producto aserrado / Vol tot. de madera en rollo

El Coeficiente de Aserrío está dado por la media de las observaciones de coeficientes de aserrío unitarios de la muestra, lo que permite establecer un intervalo de confianza para el mismo.

#### **4.2.4 Estimación de un intervalo de confianza para el coeficiente de aserrío**

Para la estimación del intervalo de confianza se empleó la siguiente fórmula (Infante y Zárate, 1998):

$$t_{\alpha/2, (n-1)} \sqrt{\frac{S^2}{n}} \pm \bar{X} \text{ C. A.}$$

Donde:

$t_{\alpha, (n-1)}$  = Valor de la distribución t de “student” para un nivel dado de probabilidad y  $n - 1$  grados de libertad

$S^2$  = varianza estimada en el tamaño de muestra

$\bar{X}$  C. A. = media de los coeficientes de aserrío unitarios de la muestra

$n$  = número de coeficientes de aserrío unitarios correspondientes a la muestra

El coeficiente de aserrío se calculó del volumen total de la madera aserrada entre el volumen total de la madera en rollo y se multiplicó por cien para obtener la relación porcentual.

El coeficiente de aserrío puede estar referido a cada tipo de producto aserrado, de tal forma que se pueden obtener coeficientes de aserrío para maderas de largas dimensiones y para productos secundarios.

El análisis de datos del presente trabajo se realizó utilizando SAS (Sistema de Análisis Estadístico) Sistema para Windows, Versión 6.12. (SAS Institute Inc., 1996).

## 5 RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Caracterización de la industria

### 5.1.1 Maquinaria, equipo y sus características

Es indispensable analizar las características de la maquinaria y equipo empleado en el proceso básico de aserrío, así como el grado de mecanización de aquellas fases donde se requieren grandes esfuerzos físicos, siendo éste un indicador del grado de combinación de insumos, mano de obra y tiempo de operación entre las fases más importantes, reflejando la dinámica productiva de la industria (Moreno, 1993).

### 5.1.2 Movimiento de trocería y sistema de alimentación

El inicio del proceso de transformación en este caso presenta la siguiente característica:

El principal producto que se asierra en esta industria, es el género *Pinus*. El apilamiento y movimiento de trocería en el patio se realiza en forma manual empleando para ello los ganchos troceros y el movimiento de las trozas es a distancias relativamente cortas debido a que la materia prima se descarga cerca de la rampa, por lo que se concluye que éste no influye en gran medida en la eficiencia de la alimentación a la sierra principal.

La alimentación a la sierra principal se realiza mediante el sistema de carro, el cual es de estructura metálica con sujetadores de presión para las trozas (perros), montado en una base de cemento con un sistema de rieles, con propulsión de forma manual (Cuadro 1); lo que implica que la velocidad de alimentación varíe según la fuerza del aserrador, reflejándose ésta en la eficiencia del proceso y calidad del producto.

*Cuadro 1. Características del carro.*

Máquina	Tipo de movimiento	No. de escuadras	Distancia entre escuadras	Apertura máxima de escuadras
---------	--------------------	------------------	---------------------------	------------------------------

Carro A	Empujón	2	1.25 m	27"
Carro B	Empujón	2	1.38 m	33"

Como es evidente, el tipo de movimiento con el que se cuenta para mover el carro, indica que no es precisamente el más rápido, además de que difícilmente es factible aserrar trozas de más de 12' de longitud por las características propias de los carros y al reducido espacio que existe entre la torre y el carro.

### 5.1.3 Características de las máquinas de corte

Sin duda alguna, es en la sierra principal donde se realiza propiamente la acción de asierre de la trocería para ser transformada ésta en madera aserrada, por lo que se considera ésta como la máquina más importante del aserradero; para este caso la sierra principal A y B, es de tipo banda o cinta con las características que se indican en el Cuadro 2.

*Cuadro 2. Características de la maquinaria de corte.*

Características de la maquinaria	Sierra principal aserradero "A"	Sierra principal aserradero "B"	Desorrilladora	Cabeceadora (péndulo)
Base	METAL	METAL	-----	METAL
Marca	TROSA	TRANZVAL	SIN MARCA	CRAFTSMAN
Diám. De volante	40"	40"	-----	-----
Anchos de trabajo	-----	-----	4" - 12"	-----
Ancho de pista	4"	4"	-----	-----
Tipo de sierra	BANDA	BANDA	CIRCULAR	PÉNDULO CIRCULAR
No. de sierras	1	1	1	1
Tipo de diente	SUAJE	SUAJE	ARRANCADA	DE COYOTE
Ancho de sierra	4"	4"	6"-10"	10"
Paso de diente	3.2 cm.	3.2 cm.	1.3 cm.	4.0 cm.
Profundidad de garganta	1.3 cm.	1.3 cm.	1.0 cm.	1.4 cm.
Ancho de diente	0.24 cm:	0.24 cm:	0.32 cm.	0.32 cm.
Motor	ELECTRICO	ELECTRICO	ELECTRICO	ELECTRICO
H. P.	10	10	3	1
Marca del motor	RAMSA	IEM	SIN MARCA	CRAFTSMAN

Se aprecia que la maquinaria es de fabricación nacional, algunas sin marca, con motores eléctricos como toma de fuerza; es importante señalar que no se cuenta con una cabeceadora y aunque se cuenta con un péndulo, este no



se utiliza como tal; por lo que el cabeceo de madera, rara vez se realiza, lo cual disminuye la calidad del producto y la eficiencia del aserradero.

Se observa entonces, que el nivel tecnológico del aserradero en el proceso de transformación primaria es bajo, ya que se carece de equipo complementario para realizar el proceso de industrialización adecuadamente para incrementar la eficiencia de transformación. Uno de los factores que afectan seriamente la productividad de la industria es que la desorilladora sólo es de una sierra, por lo tanto para desorillar una tabla de debe pasar dos veces por la sierra la misma pieza, lo cual implica un doble de tiempo para desorillar, esto a la vez afecta la calidad del producto.

Por otra parte, el mantenimiento de la maquinaria es casi nulo, el afilado es a partir de limas lo que genera desajuste de la maquinaria y por lo tanto provoca que la calidad del producto no sea buena.

Posterior al asierre principal, se arpillan la madera y enseguida se embarca para el mercado siguiendo diferentes canales de comercialización. No obstante, la industria cuenta con equipo complementario para la elaboración de subproductos. Las máquinas y sus características se presentan en el Cuadro 3; cabe hacer mención que existe subutilización de esta maquinaria, ya que sólo ocasionalmente se llega a elaborar como subproductos, las tarimas utilizadas para la construcción.

*Cuadro 3. Maquinaria para la elaboración de subproductos.*

Características de la maquinaria	Sierra banda	Sierra circular	Cepillo	Canteador	Bastonera	Torno	Fresador
----------------------------------	--------------	-----------------	---------	-----------	-----------	-------	----------

Base Marca	METAL SIN MARCA	----- SIN MARCA	----- BAUERLO	----- SIN MARCA	----- SIN MARCA	----- TALLERES BOLIVAR	----- SIN MARCA
Diám. de volante	35"	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Anchos de trabajo	-----	-----	HASTA 16"	-----	-----	-----	-----
Ancho de pista	2"	-----	16"	-----	-----	-----	-----
Tipo de sierra	BANDA	CIRCULAR	CUCHILLA	CUCHILLAS	-----	-----	CUCHILLAS
No. DE SIERRAS	1	1	-----	-----	-----	-----	-----
Tipo de diente	SUAJE	ARRANCAD A	-----	-----	-----	-----	-----
Ancho de sierra	2"	6"-10"	-----	-----	-----	-----	-----
Paso de diente	1.27 cm	1.3 cm	-----	-----	-----	-----	-----
Profundidad de garganta	0.63 cm	1.0 cm	-----	-----	-----	-----	-----
Ancho de diente	0.15 cm	0.32 cm	-----	-----	-----	-----	-----
Motor	ELECTRICO	ELECTRICO	ELECTRICO	ELECTRICO	SIN MOTOR	ELECTRICO	ELECTRICO
H. P.	5	3	5	2	-----	2	1.5
Marca del motor	SIN MARCA	SIN MARCA	IEM	MOTIM	-----	SIEMENS	US

Aún cuando las características de la maquinaria para la elaboración de subproductos no muestran un alto nivel tecnológico, el lograr instalar una industria de subproductos anexa a la industria de transformación, en su primera etapa, seguramente elevaría las utilidades de la empresa, así como su eficiencia.

El equipo de seguridad con que cuenta el personal operativo es nulo, ésto genera una constata inseguridad en los operadores al momento de estar laborando en sus diferentes áreas, lo que tiene esto influencia indirecta tanto en la eficiencia de la empresa, como en la calidad de los productos obtenidos

#### 5.1.4 Producto

La madera en rollo con la que se estimaron los coeficientes de aserrío corresponde a la especie *Pinus teocote*; no obstante, se trabaja con algunas otras especies, aunque en su mayoría son pinos.

Los productos aserrados en mayor porcentaje en la industria son maderas de largas dimensiones (mayormente de 8 pies), los diámetros que se asierrana al igual son variables, así como el ahusamiento (Cuadro 4).

Cuadro 4. Medias de las características de la materia prima.

Aserradero	Diámetro mayor (cm)	Diámetro menor (cm)	Ahusamiento (mm)	Longitud (m)
------------	------------------------	------------------------	------------------	-----------------

A Con Corteza	43.20	39.67	35	2.54
A Sin Corteza	40.66	37.21	34	2.54
B Con Corteza	41.40	37.35	40	2.55
B Sin Corteza	38.92	35.05	39	2.55

Se observó que, las trozas no siempre son cortadas a la misma longitud, en la mayoría de los casos el corte no se realiza en forma perpendicular al tronco, sino que existe cierto ángulo de inclinación, lo que hace que varíe la longitud y ésta no sea muy uniforme; esto puede repercutir directamente en la cantidad de desperdicios generados en el momento de aserrar cada troza. Para corregir este defecto sería indispensable capacitar y concientizar al personal que realiza las labores de corte y elaboración de madera en rollo, aunque esto resulta difícil debido a que el personal trabaja o se le paga por cada m<sup>3</sup> elaborado, además por la propia costumbre de trabajo que ya se tiene.

El Cuadro 5 representa valores medio de las muestras y se observa que en esta industria se obtiene tabla con grosor comercial de  $\frac{3}{4}$ " con los anchos más comerciales que son 4", 6", 8", 10" y 12", con el largo más comercial que es de 8  $\frac{1}{4}$ ' y algunas veces, de la plancha se obtiene tablón de 1 $\frac{1}{2}$ " de grueso con los mismos anchos de las tablas; cuando la troza no es de muy buena calidad se obtienen polines y en muy contadas ocasiones waldras y vigas.

*Cuadro 5. Características de los productos resultantes del proceso de aserrío.*

Ancho real		Ancho comercial		Grueso real		Grueso comercial		Largo comercial	
Pulg.	cm	Pulg.	cm	Pulg.	cm	Pulg.	cm	Pies	m
3.58	9.10	3.5	8.89	3.38	8.60	3.0	7.62	8.25	2.51
6.30	16.0	6	15.24	1.75	4.445	1.5	3.81	8.25	2.51
8.27	21.0	8	20.32	1.75	4.445	1.5	3.81	8.25	2.51
10.31	26.20	10	25.40	1.75	4.445	1.5	3.81	8.25	2.51
12.32	31.30	12	30.48	1.75	4.445	1.5	3.81	8.25	2.51
4.37	11.1	4	10.16	1.03	2.63	3/4	1.905	8.25	2.51
6.30	16.0	6	15.24	1.03	2.63	3/4	1.905	8.25	2.51
8.27	21.0	8	20.32	1.03	2.63	3/4	1.905	8.25	2.51
10.31	26.20	10	25.40	1.03	2.63	3/4	1.905	8.25	2.51
12.32	31.30	12	30.48	1.03	2.63	3/4	1.905	8.25	2.51

A continuación se muestra un cuadro comparativo de los refuerzos de los valores medios tanto en grueso como en ancho para los productos obtenidos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Refuerzo en grueso y ancho.

Medida comercial				Refuerzo				% de refuerzo en relación a medidas comerciales
Grueso		Ancho		Grueso		Ancho		
Pulg.	cm	Pulg.	cm	Pulg.	cm	Pulg.	cm	
$\frac{3}{4}$	1.905	4	10.16	0.28	0.725	0.37	0.94	50.14
$\frac{3}{4}$	1.905	6	15.24	0.28	0.725	0.30	0.76	44.20
$\frac{3}{4}$	1.905	8	20.32	0.28	0.725	0.27	0.68	41.97
$\frac{3}{4}$	1.905	10	25.40	0.28	0.725	0.31	0.80	41.59
$\frac{3}{4}$	1.905	12	30.48	0.28	0.725	0.33	0.83	40.99
1.5	3.810	6	15.24	0.25	0.635	0.30	0.76	22.50
1.5	3.810	8	20.32	0.25	0.635	0.30	0.76	20.60
1.5	3.810	10	25.40	0.25	0.635	0.30	0.76	20.28
1.5	3.810	12	30.48	0.25	0.635	0.30	0.76	19.78
3.0	7.620	3.5	8.89	0.38	0.960	0.08	0.20	16.81

De lo anterior se deduce que el refuerzo promedio de los gruesos de las tablas de  $\frac{3}{4}$ " es igual; también para los tablones de  $1\frac{1}{2}$ ", es el mismo (en dimensión), no así para los polines que es un poco mayor; en el caso de los anchos en las tablas y tablones de 4", 6" y 8" se observa una disminución gradual del refuerzo (en dimensión), incluso en los polines, y para los anchos de 10" y 12" no se sigue con este patrón de disminución gradual, posiblemente atribuible un poco al desajuste de la maquinaria y equipo con que se cuenta, ya que como se ha mencionado, la industria está poco tecnificada. El porcentaje de refuerzo sigue un patrón de disminución gradual, siendo las tablas de  $\frac{3}{4}$ " de grueso por 4" de ancho las que en proporción cuentan con más refuerzo; el caso opuesto son los polines que en proporción tiene menos refuerzo.

El refuerzo que marca la Dirección General de Normas en 1986 (Citado por Villegas, 1996) en la Norma Oficial Mexicana Nom-C-18-1986, de la industria forestal para madera aserrada húmeda de pino, es de 3 mm para piezas de hasta 38 mm de grosor nominal (real) y 5 mm para piezas de mayor grosor, mientras que para la anchura, establece 13 mm de refuerzo.

Se observa por lo tanto, que en el caso del refuerzo en el grueso, en ningún caso es el establecido en la Norma Oficial, ya que en todos está por

arriba de lo establecido y en el ancho, en todos los casos incluso está por debajo de lo establecido en la citada norma.

## 5.2 Coeficientes de aserrío

### 5.2.1 Cálculo del tamaño de muestra

De acuerdo con la metodología mencionada en el presente estudio se obtuvieron los siguientes resultados.

La premuestra fue de 15 trozas para cada aserradero (A y B), de las cuales sus volúmenes están expresados en el Cuadro 7 que a continuación se presenta.

*Cuadro 7. Observaciones de la premuestra.*

No. de troza <b>A y B</b>	Vol. madera en rollo (m <sup>3</sup> )		Vol. madera aserrada (m <sup>3</sup> )		C. A. unitarios	
	A	B	A	B	A	B
<b>1</b>	0.3794	0.1707	0.1565	0.1345	0.5601	0.7878
<b>2</b>	0.4549	0.3406	0.2621	0.1966	0.5763	0.5772
<b>3</b>	0.3477	0.6527	0.2192	0.4120	0.6305	0.6312
<b>4</b>	0.2149	0.5498	0.1287	0.3444	0.5988	0.6264
<b>5</b>	0.2843	0.4448	0.1767	0.2765	0.6214	0.6216
<b>6</b>	0.3761	0.3801	0.2445	0.2345	0.6501	0.6168
<b>7</b>	0.2331	0.2272	0.1124	0.1354	0.4822	0.5959
<b>8</b>	0.5690	0.2428	0.3732	0.1458	0.6558	0.6005
<b>9</b>	0.1795	0.2684	0.1133	0.1621	0.6310	0.6039
<b>10</b>	0.6881	0.3760	0.4467	0.2316	0.6492	0.6160
<b>11</b>	0.7015	0.5964	0.4132	0.3746	0.5890	0.6281
<b>12</b>	0.6249	0.5406	0.3126	0.3384	0.5002	0.6261
<b>13</b>	0.4143	0.3436	0.2498	0.2108	0.6031	0.6135
<b>14</b>	0.2449	0.2710	0.1411	0.1637	0.5761	0.6043
<b>15</b>	0.1864	0.3645	0.1081	0.2241	0.5799	0.6148

A.- Indica los datos de la premuestra del aserradero A.

B.- Indica los datos de la premuestra del aserradero B.

De acuerdo con la información expresada en el Cuadro 7 y con una  $\alpha=0.05$  y  $n-1=14$  grados de libertad se calculó el tamaño de muestra que se presenta en el Cuadro 8.

*Cuadro 8. Tamaño de muestra.*

Valor de $t_{0.05,14}$		Media		Varianza		Error aceptable		T. de muestra.	
A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1.7613	1.7613	0.5945	0.6243	0.002821	0.002253	0.01	0.01	87.51	69.89

Se ha determinado un tamaño de muestra de 88 y 70 trozas, para el aserradero A y B, respectivamente, las cuales fueron tomadas al azar y aserradas de acuerdo a como fueron ingresando a la rampa para ser procesadas. Además, se siguió con la metodología propuesta con anterioridad. Cada uno de los productos obtenidos de las trozas una vez aserradas, fueron cuantificados y cubicados para la obtención del volumen final de madera aserrada y madera en rollo, parámetros a través de los cuales se estimó el coeficiente de aserrío.

### **5.2.2 Resultados de la evaluación del coeficiente de aserrío de la muestra**

Los resultados de los productos obtenidos en el proceso de aserrío se desglosan en los siguientes incisos.

- a) Cálculo del volumen de madera aserrada. En el Cuadro 9, se presenta el volumen de madera aserrada de largas dimensiones que para el caso de esta industria es el único producto elaborado (madera aserrada de 8 pies o más). La cantidad de madera en rollo de la muestra del aserradero A fue de 31.1307 m<sup>3</sup> contemplando la corteza de las trozas, y el volumen de madera en rollo sin corteza fue de 27.5835 m<sup>3</sup>, por su parte el volumen de madera aserrada obtenido fue de 19.1638 m<sup>3</sup>; para el caso del aserradero B el total

de madera en rollo con corteza fue de 23.0967 m<sup>3</sup> y sin corteza fue de 20.4384 m<sup>3</sup>; de ésta se obtuvo 14.1940 m<sup>3</sup> de madera aserrada.

*Cuadro 9. Volúmenes de madera en rollo con corteza y sin corteza y madera aserrada de largas dimensiones resultante en m<sup>3</sup>.*

No. de trozas de la muestra		Volumen en rollo con corteza (m <sup>3</sup> )		Volumen en rollo sin corteza (m <sup>3</sup> )		Volumen aserrada m <sup>3</sup>	
A	B	A	B	A	B	A	B
88	72	31.1307	23.0967	27.5835	20.4384	19.1638	14.1940

b) Volumen de aserrín. El volumen del aserrín, es producto del asierre de las 88 trozas en el aserradero A y 72 trozas aserradas en el aserradero B y que se utilizaron para el cálculo del coeficiente de aserrío. El resultado fue de 0.836 kg m<sup>-3</sup> (Cuadro 10).

*Cuadro 10. Cálculo del volumen de aserrín.*

Peso del aserrín (ton.)		Relación Peso / Volumen de madera húmeda (kg/m <sup>3</sup> )		Vol. del aserrín m <sup>3</sup>	
A	B	A	B	A	B
3.3078	2.7349	0.836	0.836	3.9567	3.2714

c) Volumen de costeras y fajillas. El cálculo del volumen de costeras y fajillas, se realizó por diferencia de volúmenes, es decir; el volumen total de madera en rollo con corteza, menos la madera aserrada, menos el aserrín y la corteza; para el caso del aserradero A, el volumen de costeras y fajillas resulta ser de 4.4630 m<sup>3</sup> que corresponde al 14.34 % del total de la madera en rollo, y en el caso del aserradero B fue de 2.9730 m<sup>3</sup>, lo que representa un 12.87 % del total de madera en rollo, ésto se considera que es un porcentaje muy elevado atribuible a que no se obtiene ningún tipo de subproductos y al propio desajuste de las maquinas, este porcentaje se puede reducir aprovechando las costeras para obtener algunos subproductos, tales como

barrote para escoba, tableta para caja de empaque, tableta para tarima y tableta para palillo, entre otros productos.

Ayerde (1991) obtuvo del total de madera en rollo, en promedio un 4.8 % de madera en costeras, pero en su trabajo se incluyó la madera de cortas dimensiones; lo cual nos indica claramente que el porcentaje de costeras y fajillas obtenido en el presente trabajo está demasiado elevado, lo cual si es muy posible reducirlo y con ésto incrementar el coeficiente de aserrío.

### 5.2.3 Porcentajes de los productos resultantes del proceso de aserrío

En el Cuadro 11, se presentan los volúmenes y porcentajes de los productos resultantes del proceso de aserrío para las dos torres instaladas en la industria, estos porcentajes pudieran considerarse como los respectivos coeficientes de aserrío; sin embargo, dado que se obtuvieron los coeficientes unitarios de las trozas, se acepta con preferencia la media aritmética de los coeficientes de aserrío como el coeficiente del producto principal aserrado (madera largas dimensiones).

*Cuadro 11. Distribución de productos resultantes del proceso de aserrío en relación con la madera en rollo que les dio origen.*

CONCEPTO	M. rollo con corteza				M. rollo sin corteza			
	Vol (m <sup>3</sup> )		%		Vol (m <sup>3</sup> )		%	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Madera aserrada de largas dimensiones	19.167	14.194	61.560	61.460	19.164	14.194	69.480	69.450
Madera aserrada de cortas dimensiones (tableta)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Madera aserrada cortas dimensiones (palo de escoba)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Madera aserrada cortas dimensiones (Palillo de paleta)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Volumen costeras y fajillas.	4.463	2.973	14.340	12.870	4.463	2.973	16.180	14.550
Volumen aserrín	3.957	3.271	12.710	14.160	3.957	3.271	14.340	16.000
Volumen corteza y leñas	3.547	2.658	11.390	11.510	-----	-----	-----	-----



### 5.2.4 Presentación de los coeficientes de aserrío

El coeficiente de Aserrío de los diferentes productos con relación a la madera en rollo con y sin corteza que le dio origen se muestra en resumen en el Cuadro 12.

*Cuadro 12. Coeficientes de aserrío.*

CONCEPTO	C. A. Con Corteza		C. A. Sin Corteza	
	A	B	A	B
Madera aserrada de largas dimensiones.	61.103	61.203	69.453	69.676
Madera aserrada de cortas dimensiones (tableta)	-----	-----	-----	-----
Madera aserrada cortas dimensiones (palo de escoba)	-----	-----	-----	-----
Madera aserrada cortas dimensiones (Palillo de paleta)	-----	-----	-----	-----

Para los productos primarios el coeficiente de aserrío está dado con base en la media de las observaciones de la muestra.

Así se tiene que para el caso del coeficiente de aserrío contemplando la corteza de las trozas en el volumen de madera en rollo se tiene un coeficiente de 61.10 % y 61.20 % para el aserradero A y B, respectivamente; sin considerar la corteza en el v.t.r. los coeficientes obtenidos corresponden a 69.45 % y 69.67 %, para el aserradero A y B, respectivamente; estos resultados de coeficientes de aserrío son los reales, es decir considerando la madera inmediatamente después de que ha sido aserrada y considerando sus refuerzos correspondientes.

### 5.2.5 Intervalos de confianza

En el Cuadro 13, se puede observar un intervalo de confianza estimado para cada uno de los coeficientes de aserrío, en este caso se determinó el intervalo considerando un 99 % de confiabilidad, debido a que la varianza del

coeficiente de aserrío fue mínima se establece un intervalo relativamente estrecho, por lo que se considera que el proceso operativo de aserrío es homogéneo en cada troza ( $\alpha=0.01$ ).

*Cuadro 13. Intervalos de confianza.*

Concepto	Intervalo de confianza	
	A	B
Coeficiente relacionado con v.m.r. con corteza	61.1026 $\pm$ 0.0050618	61.2031 $\pm$ 0.011234
Coeficiente relacionado con v.m.r. sin corteza.	69.4530 $\pm$ 0.0073963	69.6756 $\pm$ 0.015118

### 5.3 Resumen de los resultados obtenidos

Los coeficientes de aserrío fueron estimados considerando las dimensiones de la madera aserrada inmediatamente después de culminado el proceso de asierre (coeficiente de aserrío real), esto es, con el refuerzo correspondiente; en este caso, dado que la madera aserrada casi en su totalidad corresponde a una medida comercial de  $\frac{3}{4}$ " de grueso; para obtener el coeficiente de aserrío comercial, se debe descontar del coeficiente de aserrío estimado o real, un 31.88 % de refuerzo en promedio, de acuerdo a los productos aserrados en esta industria durante la elaboración del presente trabajo. Los resultados se presentan en el Cuadro 14.

*CUADRO 14. Coeficientes de aserrío reales y comerciales.*

Aserradero	C. A. real	C. A. comercial
Aserradero "A" para madera en rollo con corteza	61.1026 $\pm$ 0.005062	41.6231
Aserradero "A" para madera en rollo sin corteza	69.4530 $\pm$ 0.007396	47.3114
Aserradero "B" para madera en rollo con corteza	61.2031 $\pm$ 0.011234	41.6916
Aserradero "B" para madera en rollo sin corteza	69.6756 $\pm$ 0.015118	47.4630

En estas estimaciones de coeficientes de aserrío no se ha considerado las pérdidas por cabeceo de la madera, debido a que en la industria no se realiza esta práctica, pero se calcula que por efectos de cabeceo se pierde de un 2 a 3% de madera aserrada, lo cual también afectaría el coeficiente de aserrío.

García (1999) determinó un volumen perdido por exceso de refuerzo en longitud de la trocería del 2.14% del total del volumen de madera en rollo que se procesó en cuatro aserraderos estudiados en Jalisco. En el caso de este trabajo, no se ha determinado con precisión el porcentaje de madera perdido por efectos de cabeceo, pero como se ha mencionado en el párrafo anterior, se estima que varía del 2 al 3% del total de madera en rollo.

De acuerdo con algunos autores que han realizado estudios de este tipo, se puede deducir que los coeficientes de aserrío determinados para esta industria están dentro de los resultados numéricos que comúnmente se obtienen en este tipo de trabajos, aunque para determinar los coeficientes de aserrío no se sigue siempre la misma metodología; teniendo una base estadística buena, cualquier resultado puede ser confiable.

En el trabajo que realizó García (1999), él determinó un valor promedio de 44.58 % de coeficiente de aserrío nominal en cuatro aserraderos banda en el sur de Jalisco. Con una confiabilidad al 95%, indica que dicho coeficiente se encuentra entre 37.59 % y 51.56 %.

Por otro lado, Villegas (1996) determinó un coeficiente de aserrío comercial de 43.82 %, empleando para su determinación la técnica de los

diagramas de corte, aumentando el coeficiente de aserrío en un 8.36 %, con el empleo de estos diagramas.

Según FIRA (1985), en los aserraderos tipo sierra cinta, llamados también sierra banda, se tiene un coeficiente de aprovechamiento promedio de un 50 %, lo que quiere decir que la mitad del volumen de materia prima es producto y la otra mitad es desperdicio.

Es conveniente señalar que del volumen de desperdicio, parte es seleccionado y procesado en el taller de subproductos o secundarios, por lo que el coeficiente de aserrío o aprovechamiento general se eleva, pudiendo llegar hasta un 65% (FIRA, 1985).

Los resultados de coeficiente de aserrío que se han obtenido en el presente trabajo según Acevedo (1992), son considerados bajos ya que a nivel nacional los aserraderos tienen un coeficiente de aprovechamiento promedio de 50 %, lo cual se debe a que sólo producen madera aserrada, sin realizar ninguna otra actividad que signifique una mayor recuperación para aumentar el coeficiente de aserrío.

Por su parte, Ayerde (1991) estimó que en tres aserraderos con sierra cinta, se aprovecha como madera aserrada el 63.1% del volumen de la madera en rollo, el resto 36.9% lo constituyen los subproductos y desperdicios. Estos últimos productos se desglosan en 10.2% de desperdicios en forma de aserrín y 26.7% como costeras, corteza y leñas, estos porcentajes podrán reducirse conforme se cuente con mejor calidad de la materia prima, mejor infraestructura y recursos humanos más capacitados. En la determinación de este coeficiente de aserrío se incluyó madera aserrada de largas dimensiones, madera aserrada de cortas dimensiones (tableta), madera

aserrada de cortas dimensiones (palo escoba), y en un aserradero madera aserrada cortas dimensiones (palillo para paleta)

Para la determinación del coeficiente de aserrío del trabajo citado anteriormente (Ayerde, 1991), se empleó la misma metodología utilizada en el presente trabajo, por lo que puede ser factible realizar una comparación en cuanto a los resultados obtenidos en cada trabajo.

Como ya se citó, Ayerde (1991) determinó un 63.1% de coeficiente de aserrío, pero tomando en cuenta maderas de largas y cortas dimensiones, de las cortas dimensiones en promedio se obtuvo un 6% de coeficiente de aserrío el promedio de porcentaje de aprovechamiento en madera de largas dimensiones fue de 57.1 %, este resultado resulta ser muy elevado en comparación con el resultado del presente estudio, sin embargo se deduce que en la industria forestal objeto del presente estudio el porcentaje de aprovechamiento o coeficiente de aserrío se puede incrementar si existiera capacitación en el personal que opera las máquinas, además de tener cuidado en algunos desajustes que es muy posible que tengan las mismas máquinas; por otra parte con la obtención de madera de cortas dimensiones se considera posible incrementar el coeficiente de aserrío hasta en un 5%.

## 6 CONCLUSIONES

La especie utilizada para la elaboración del coeficiente de aserrío, fue *Pinus teocote*, que presenta una relación peso / volumen de madera aserrada de  $0.836 \text{ Kg m}^{-3}$ .

Los factores que más afectan la calidad del producto en esta industria son la falta de maquinaria adecuada para cada una de las etapas de aserrío y la falta de capacitación en la mano de obra.

La capacidad instalada del aserradero se subutiliza, en más de un 50%, debido a que sólo se trabaja en una torre y no en las dos a la vez, además de la falta de personal.

La calidad de la madera aserrada es de regular a mala, debido a la falta de capacitación de los operarios para obtener la mayor cantidad de madera aserrada, de la mejor calidad que pueda proporcionar cada troza.

El que la desorilladora sea de una sola sierra hace que disminuya la eficiencia en la producción, aunado a esto la carencia de un mantenimiento adecuado genera que la producción disminuya en gran medida.

El refuerzo en la madera aserrada es variable, así como el corte por el aserrío, lo cual es posible reducir aumentando con esto el coeficiente de aserrío.

Los coeficientes de aserrío reales obtenidos son de 41.6 y 41.7 % para las torres A y B, respectivamente, estos son obviamente bajos lo cual indica que debe implementarse en lo inmediato un programa de mejora para incrementar el volumen de madera aserrada a obtener.

## 7 RECOMENDACIONES

Delimitar sistemáticamente los espacios para realizar cada una de las actividades involucradas en el proceso de transformación de la madera en rollo.

- a. Patio
- b. Área de aserrío
- c. Área de almacenamiento y embarque
- d. Área de talleres para la elaboración de subproductos.

Distribuir la maquinaria dentro de cada una de las áreas correspondientes tratando de tener una sincronía para ser más eficientes.

La obtención de tableta se hace indispensable para incrementar el coeficiente de aserrío lo que repercute directamente en la productividad de la industria y por consiguiente en el ingreso económico que se genera.

Hacer funcionales los talleres de subproductos para dar un valor agregado a las costeras y fajillas e incluso a una proporción de la madera aserrada, tratando de completar así el proceso productivo.

Dar capacitación al coordinador general de la industria para lograr una administración de excelencia.

Localizar fuentes alternas de abastecimiento para poder aprovechar la capacidad instalada con las dos torres, lo cual implicaría la contratación de más personal, pero previamente darles capacitación en caso de que no cuenten con ella.

Enmarcar cada una de las recomendaciones anteriores dentro de un programa de transformación gradual y establecer programas de operación que incluyan metas claras para generar disciplina y por tanto elevar la eficiencia productiva y la calidad de los conceptos productivos en la industria forestal ejidal.



## 8 LITERATURA CITADA

- ACEVEDO C., L. 1992. Diagnóstico del uso de la madera aserrada en el Distrito Federal. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 69 p.
- ALVAREZ Z., L. 1990. Diagnóstico de la industria del aserrío del Estado de Chiapas. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 159 p.
- AYERDE L., D. 1991. Informe del módulo de validación forestal “determinación de coeficientes de aserrío”. Documento interno. C.E. Chilpo. CIFAP-GRO.INIFAP. Chilpancingo, Gro.
- BACA R., B. 1991. Diagnóstico y perspectiva de la industria del aserrío del Estado de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 96 p.
- BROWN, N. C. Y J. M. BETHEL. 1975. La industria maderera. Editorial Limusa. México. 397 p.
- CABALLERO D., M. 1988. Sistema de producción maderable. Academia Nacional de Ciencias Forestales. Dasonomía Mexicana. 10 (6). México D. F. 29 p.
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FORESTAL. 1991. Monografía de la industria forestal y propuesta para la negociación del acuerdo de libre comercio, México-Estados Unidos. Inédito. 72 p.

- DOBIE, J. 1973. Coeficientes de aserrío (adaptado y traducido por Juvencio P. García). Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México D. F. 27 p.
- FIRA. 1985. Instructivos técnicos de apoyo para la formulación de proyectos de financiamiento y asistencia técnica. Actividad forestal. Serie agroindustrias. México. 95 p.
- FLORES, B. y J. VELASCO. 1992. El mercado de la madera aserrada en el Estado de México: abastecimiento, industria y comercialización. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 102 p.
- GARCIA R., J. D. 1999. Coeficiente de aserrío para cuatro aserraderos banda en el sur de Jalisco. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 64 p.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO-SECRETARIA DE DESARROLLO AGROPECUARIO-PROTECTORA DE BOSQUES. 1997. Padrón de la industria forestal del Estado de México. Metepec, México. 24 p.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO-SECRETARIA DE DESARROLLO AGROPECUARIO-PROBOSQUE. 1996a. Programa de manejo forestal para el aprovechamiento persistente de recursos forestales maderables en el predio denominado "Ejido Santa María Magdalena Cahuacán, Ampliación", Municipio de Nicolás Romero del Estado de México. Metepec, México. 67 p.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO-SECRETARIA DE DESARROLLO AGROPECUARIO-PROBOSQUE. 1996b. Programa de manejo forestal para el aprovechamiento persistente de recursos forestales maderables en el predio denominado "Ejido Santa María Magdalena Cahuacán, Dotación", Municipio de Nicolás Romero del Estado de México. Metepec, México. 63 p.
- INFANTE S. G. Y G. P. ZARATE DE L. 1998. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. Editorial Trillas. Segunda edición. México. 643 p.

- LOPEZ G., I. 1992. Aplicación de diagramas de corte en la producción de madera aserrada de *Pinus hartwegii*. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 76 p.
- MELCHOR M., J. I. 1984. La industria del aserrío en el Estado de Tabasco. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 85 p.
- MORENO C., R. 1993. La industria del aserrío en el estado de Tlaxcala. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 78 p.
- PARK T. C. y C. S. LEMAN. 1983. Sawin study metod for evaluating timber for pruned logs. New Zeland. Forest Service. Bulletin N° 47. New Zeland. 45 p.
- PIEDRA S., J. F. 1995. Determinación de rendimientos de madera aserrada y sus calidades en *Pinus douglasiana*, *Pinus tenuifolia* y *Pinus oocarpa* en la región de la costa de Jalisco. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 101 p.
- RODRÍGUEZ O., G. 1991. Diagnóstico de la industria del aserrío en la Sierra de Juárez, Oaxaca. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 125 p.
- RODRIGUEZ B., M. A. 1992. Diagnóstico y perspectivas de la industria del aserrío en el Estado de Nayarit. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 120 p.
- ROMANH DE LA V., C. F. 1987. Formulario de medición forestal. Serie de Apoyo Académico No.23. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Mex. 1-16 p.
- ROMANH DE LA VEGA, C. F., H. RAMÍREZ M. Y J. L. TREVIÑO G. 1994. Dendrometria. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 354 p.
- SARH. S/F. Compendio estadístico de la producción forestal 1989-1993. México. 260 p.
- SARH-INIFAP. 1993. Metodología para la determinación de coeficientes de aserrío. Centro de Investigación Regional del Pacifico Sur Campo

- Experimental Chilpancingo. División Forestal. Folleto Técnico No. 1. Chilpancingo, Gro. 19 p.
- SAS INSTITUTE INC., 1996. Sistema de Análisis Estadístico, SAS for Windows. Ver. 6.12. USA.
- SEMARNAT. 2001. <http://www.semarnat.gob.mx>
- UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO. 1989a. Departamento de productos forestales. Clasificación de trocería. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo., Chapingo, Mex. Mimeografiado. 10 p.
- UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO. 1989b. Departamento de productos forestales. Clasificación de madera aserrada. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo., Chapingo, Mex. Mimeografiado. 15 p.
- VILLEGAS C., R. 1996. Identificación de los factores que afectan La producción en el aserradero “Jerónimo Ortiz” en Huexotla, Estado de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex. 79 p.
- ZAMUDIO S., E. 1984. Datos necesarios para determinar la situación tecnológica de las industrias forestales a partir de la madera. Unidad Coordinadora de la Actividad Forestal Paraestatal. SARH. México. 50 p.
- ZAVALA Z., D. 1982. Diagnóstico de la industria de aserrío del Estado de Durango. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Bol. Tec. N° 87. México. 76 p.