

# COEFICIENTES DE APROVECHAMIENTO DE TROCERÍA DE PINO EN ASERRADEROS BANDA

Zavala Zavala David \*

## RESUMEN

El proceso de aserrío se considera una de las actividades más importantes de la industria forestal en México y una de las formas más sencillas de transformar la trocería en productos utilizables, es la de evaluar la eficiencia del proceso de aserrío a través de estudios de coeficientes de aprovechamiento. Con la finalidad de analizar la eficiencia de aserraderos banda de los más comunes en México, se seleccionaron dos aserraderos de sierras de 6", 8" y 10" (pulgadas) de ancho, respectivamente. Para este tipo de trabajos tradicionalmente se utiliza una muestra de 100 trozas. En este estudio, el número de trozas procesadas se definió estadísticamente con base en la variación del volumen de una premuestra, y se determinó un tamaño de muestra de 132 a 150 trozas por aserradero. De la relación del volumen de las trozas con el de la madera aserrada, se determinó el coeficiente de aprovechamiento real y el nominal, que varió para el primer caso de 54.96 a 61.63% y en el segundo de 41.54 a 44.18%. También se determinó la proporción de subproductos a través de una muestra de 60 trozas descortezadas; para costeras tiras y recortes correspondió un porcentaje del 20.67 al 30.32% y para aserrín del 12.96 al 21.98%. Adicionalmente se analizó el efecto de la conicidad y de la calidad de las trozas con el coeficiente de aprovechamiento, donde se calculó para un ahusamiento de 0 a 6 cm un coeficiente de 44.82%, para 6 a 9 cm de 41.65% y para 9 a 15 cm el coeficiente fue de 38.61%. En cuanto a la calidad de la trocería, la de primera generó un 49.52% de aprovechamiento, la de segunda un 46.31%, la de tercera 43.27%, la de cuarta 41.54% y la de quinta 40.26%. También se analizó el efecto de los refuerzos en la madera aserrada, se determinó un excedente de refuerzos en relación a los establecidos oficialmente que varió del 7.31 al 15.41%, siendo este último el correspondiente a la madera de 3/4" de espesor.

**Palabras clave:** Industria forestal, coeficientes de aprovechamiento, trocería de pino.

---

\* Ph.D. Investigador Titular del CENID-COMEF, Coyoacán. INIFAP, SAGAR.

## ABSTRACT

The sawmilling process is considered to be one of the most important activities of the Forest industry in Mexico, and one of the basic stages to transform the logs into final useable products. The efficiency of this process is measured through lumber recovery studies. In order to analyze the lumber recovery factor of representative band sawmills in México, two mills of 6", 8" and 12" band width were selected. For this type of studies a sample of 100 logs is traditionally chosen. In this work, the number of logs selected was defined statistically based on the log-volume variation of a presample, determining a sample size of 132 to 150 logs for each sawmill. From the ratio of lumber-log volume, the real and nominal lumber recovery factor were determined, in the first case a ranged of 54.96 to 61.63% was found, and in the second case from 41.54 to 44.18%. From a sample of 60 debarked logs, the propotion of by products was also determined, corresponding from 20.67 to 30.32% to slabs and from 12.96 to 21.98% to sawdust. The effect of log taper and log quality on lumber recovery was also analyzed; for a log taper of 0 to 6 cm the recovery factor was 44.82%, for the 6 to 9 cm was 41.65% and for the 9 to 15 cm the yield was 38.61%. As for log quality, the first grade yielded 49.52%, the second grade 46.31%, third 43.27%, fourth 41.54% and fifth grade 40.26%. The effect of lumber allowance was also analyzed, finding out an over allowance that ranged from 7.31 to 15.41% in relation to the official allowance, corresponding the later percentage to 3/4" lumber thickness.

Key words: Forest industry, lumber recovery factor, pine log.

## INTRODUCCIÓN

El proceso de aserrío se considera una de las formas más simples de transformación de la trocería y una de las actividades más importantes de la industria forestal del país. Sin embargo, y no obstante lo sencillo del proceso y su importancia, se considera que el grado de avance o adaptación tecnológica en México ha sido muy lento, por argumentos de diferente índole.

Con la integración de México a un mercado común, el Tratado de Libre Comercio (TLC), con dos de los países más desarrollados tecnológicamente (Estados Unidos de América y Canadá), se considera necesario optimizar la eficiencia de transformación de la materia prima. En el proceso de aserrío, una forma de evaluar la eficiencia de transformación de la trocería, es a través de estudios de coeficientes de aprovechamiento, los cuales reflejan

la interrelación de las características de las trozas, (dimensiones y calidades) con el tipo de productos generados, (proporción de espesores, refuerzos y calidad de la madera aserrada); además de la influencia directa del tipo de maquinaria empleada y de la habilidad de los operadores.

La integración de estos factores en los análisis de evaluación de aserraderos, que usualmente no se consideran en estudios tradicionales, es un aspecto que cada día es más importante debido al aumento de precios y a la disminución en calidad y en cantidad de la madera en rollo disponible. Esta tendencia repercute en forma directa en el proceso de aserrío, el cual deberá ser más eficiente para contrarrestar los efectos de las limitantes de materia prima y para poder conservar el mismo margen de utilidad sin afectar en forma significativa los precios de la madera aserrada; sobretodo considerando que con la apertura comercial generalmente se compite con productos más baratos que los nacionales.

En este trabajo se presentan lineamientos para estudios de coeficientes de aprovechamiento y se analiza el efecto de las características de la trocería en la producción de madera aserrada, específicamente la conicidad y la calidad de las trozas y la proporción de subproductos. También se analizó la variación de los refuerzos en la madera de las dimensiones más frecuentemente producidas en aserraderos de distintas capacidades.

## ANTECEDENTES

### Cubicación de la Trocería

Para la cubicación de la trocería, Rodríguez, (1978)<sup>1</sup>, sugirió que se emplee la longitud de la troza con aproximación al centímetro y la circunferencia con corteza a la mitad de dicha longitud también con aproximación al centímetro. Dobie (1972)<sup>2</sup>, indicó que la fórmula de Smalian es la base para cubicar la trocería en Columbia Británica (Canadá):

$$V = (A1+A2)L/2$$

Donde:

V = volumen

A1 y A2 = áreas de las cabezas de las trozas

L = longitud

---

<sup>1</sup> Rodríguez C., R. 1978. Coeficientes de refuerzo y aserrío en la práctica mexicana de producción de madera aserrada de pino. México y sus Bosques. 17(1): 8-23.

<sup>2</sup> Dobie, J. 1972. Guidelines for the study of sawmill performance.

Los diámetros se miden sin corteza a la pulgada más próxima, y si la troza está deformada se toma más de un diámetro en cada extremo; la longitud se mide al pie más próximo.

Para determinar el número de trozas requeridas para generar datos con límites de confiabilidad del 95%, Dobie, (1975)<sup>3</sup> recomendó utilizar la fórmula:

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

Donde:

N = tamaño de muestra

t<sup>2</sup> = estadístico "t"

S<sup>2</sup> = varianza de la población

E<sup>2</sup> = error permitido (en base a una premuestra de 60 trozas)

Señaló que al emplear esta metodología para estudios de coeficiente de aserrío se requieren de 210 a 379 trozas. Zavala, (1987)<sup>4</sup>, aplicó este procedimiento donde determinó un tamaño de muestra en dos aserraderos del estado de Tlaxcala de 279 y 249 trozas.

## Factores que Influyen en el Coeficiente de Aserrío

Respecto al coeficiente de aprovechamiento, Zavala, *et al.*, (1981)<sup>5</sup>, reportó que para aserraderos banda del estado de Durango, existe una variación del 40 al 53%, y para los cíclicos de un 37 a 47%. Zavala, *op. cit.*, determinó un coeficiente nominal en aserraderos de Tlaxcala del 39 y 40% y un coeficiente real entre un 51 y 54%.

Se ha evaluado el efecto de la calidad de la trocería en el coeficiente de aprovechamiento para diferentes especies y características de las trozas, y se ha reportado que en general la calidad de la madera aserrada decrece con la calidad de la troza y que el coeficiente de aserrío se reduce con el aumento de los defectos en las trozas.

---

<sup>3</sup> Dobie, J. 1975. Lumber recovery practices in British Columbia coastal sawmills.

<sup>4</sup> Zavala Z., D. 1987. Análisis del coeficiente de aprovechamiento en dos aserraderos del Estado de Tlaxcala. pp. 52-62.

<sup>5</sup> Zavala Z., R., *et al.* 1981. Diagnóstico de la industria de aserrío del estado de Durango.

En general las trozas torcidas generan menos madera que las rectas, para la misma categoría diamétrica y longitudinal. Como regla empírica, Brown (1975)<sup>6</sup>, y Dobie, (1966)<sup>7</sup>, establecieron que por cada incremento de 0.1 en la relación de torcedura/diámetro, el coeficiente de aprovechamiento se redujo hasta en un 7% comparado con trozas rectas y que el tiempo de asierre se incrementó en un 40%.

Respecto a la conicidad de las trozas, el coeficiente de aserrió disminuye con el aumento de la conicidad y el tiempo de asierre aumenta (Dobie, *op. cit.*). 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 un mayor coeficiente de aprovechamiento; pero si la cubicación se hace con el sistema de medición directa, el coeficiente de aserrió se reduce (Hallock, 1979)<sup>8</sup>.

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 madera (Bailey, 1973)<sup>9</sup>. Se ha determinado que el coeficiente de aserrió aumenta con el diámetro de las trozas, variando del 40 al 43% para trozas de 10" a 12", y del 58 al 65% para trozas de 24" a 28" (Clark, 1974<sup>10</sup>, Philips, 1975<sup>11</sup>). Un concepto general que funciona para ambos casos es 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 aserrió con una disminución en la calidad (Kerbes, 1968<sup>12</sup>, Pnevmaticos, 1971<sup>13</sup>).

## Refuerzos de la Madera Aserrada

El refuerzo en las dimensiones es una práctica común en la producción y comercialización de madera aserrada, debido al volumen que se pierde por la variación del corte en el aserrió, por el cepillado y por las contracciones de la madera verde al momento de secarse.

<sup>6</sup> Brown, A. G. and R. G., Miller. 1975. Effect of sweep on sawn recovery from radiata pine logs. pp. 28-29

<sup>7</sup> Dobie, J. 1966. Log taper related to lumber production. 48 (5): 80-85.

<sup>8</sup> Hallock, H., P. Steele and R. Selin. 1979. Comparing lumber yields from board-foot and cubically scale logs.

<sup>9</sup> Bailey, G. R. 1973. Lumber grade recovery from straight aspen logs. pp. 47-54.

<sup>10</sup> Clark, A. III. *et al.* 1974. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of yellow-poplar.

<sup>11</sup> Phillips, D. R. and J. G. Schoeder. 1975. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of shortleaf pine.

<sup>12</sup> Kerbes, E. L. and J. A. McIntosh. 1968. Some relationship between exterior log characteristics and lumber recovery values for samples of B.C. interior spruce.

<sup>13</sup> Pnevmaticos, S.M. *et al.* 1971. How log characteristics relate to sawing profit. pp. 40-43.

Un exceso de refuerzo en la madera aserrada para compensar por estos factores, aumenta el volumen de madera que se pierde, lo cual repercute directamente en el coeficiente de aprovechamiento, (Brown, 1979<sup>14</sup>, Zavala, 1981<sup>15</sup>, 1991<sup>16</sup> y 1994<sup>17</sup>).

Las dimensiones más comunes en que se asierra y comercializa la madera aserrada varía de 4" a 12" en anchura y de 4' a 20' en longitud, con incrementos de 2" y de 2' respectivamente. Los espesores oscilan de 1/2" a 2" en dimensiones nominales. El refuerzo por cepillado en madera áspera seca fluctúa de 1/4" a 1/8" en grosor, con un mínimo de 1/2" en anchura y de 3" en longitud, (Rodríguez, *op. cit.*).

La Subsecretaría Forestal y de la Fauna, (SFF)<sup>18</sup>, estableció en el año de 1978, las dimensiones del refuerzo en grosor y en volumen para madera aserrada más comunmente producida; para 1/2", 3/4", 4/4", 6/4" y 8/4", las dimensiones reales en grosor con su respectivo refuerzo deberían ser de 16, 22, 28, 41 y 54 mm; con refuerzo en volumen para la dimensión final de 40%, 30%, 22%, 14% y 8% respectivamente. A través de la conversión de las 5 dimensiones en pulgadas a milímetros se obtienen precisamente las dimensiones nominales en grosor de la madera aserrada de 13, 19, 25, 38, y 51 mm.

La Norma Oficial Mexicana NOM-C-18-1986, (DGN, 1986)<sup>19</sup>, estipula para estas dimensiones un refuerzo de 3 mm que coincide con el previamente establecido por la SFF 1978, a excepción de la de 51 mm; para dimensiones mayores a 38 mm la norma establece un refuerzo de 5 mm. Los refuerzos correspondientes en anchura y en longitud son de 13 mm y de 25 mm respectivamente, indistintamente de las categorías en dimensiones de las piezas.

---

<sup>14</sup> Brown, T. D. 1979. Determining lumber target sizes and monitoring sawing accuracy. pp. 48-54.

<sup>15</sup> Zavala Z., D. 1981. Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, México.

<sup>16</sup> Zavala Z., D. 1991. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada.

<sup>17</sup> Zavala Z., D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica.

<sup>18</sup> Subsecretaría Forestal y de la Fauna (SFF). 1978. Disposiciones sobre coeficientes de aserrío y usos de refuerzos.

<sup>19</sup> Dirección General de Normas (DGN). 1986. Norma Oficial Mexicana. NOM-C-18-1986. Industria de la Construcción-Tablas y Tablones de Pino-Clasificación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Selección de los Aserraderos

Con la finalidad de generar datos representativos de la industria de aserrío, se seleccionaron dos aserraderos banda en el estado de Durango, que corresponden a 6", 8" y 10" de ancho de sierra. La capacidad de producción de las empresas analizadas varía de 10,000 a 18,000 pies tabla (p.t.) por turno de madera aserrada de pino.

### Cubicación de las Trozas

Aun cuando en la industria de la madera es común utilizar reglas de cubicación con equivalencias en pies tabla, predominando la regla Doyle, oficialmente estos sistemas no se reconocen, (DGN, 1988<sup>20</sup>; Freese, 1974<sup>21</sup>). En este estudio el volumen de las trozas se determinó con la fórmula de Smalian, (Hallock, *et al.*, *op. cit.*):

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

Donde:

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

B, b, = Áreas de las cabezas de las trozas en m<sup>2</sup>

L = Longitud en metros

Para determinar las superficies de las áreas transversales de las trozas se midieron dos diámetros en centímetros en cada extremo, sin considerar la corteza. La longitud también se midió al centímetro más próximo.

---

<sup>20</sup> Dirección General de Normas. 1988. Norma Oficial Mexicana, NOM-C-359-1988. Industria Maderera-Trocería de Pino-Clasificación.

<sup>21</sup> Freese, F. 1974. A collection of log rules.

## Determinación del Número de Trozas (Tamaño de Muestra)

Tradicionalmente en estudios de evaluación del coeficiente de aprovechamiento en aserraderos, se utiliza una muestra de 100 trozas al azar (SFF, *op. cit.*). En este estudio se determinó el tamaño de la muestra con base en la variación del volumen de una premuestra de 80 trozas, considerando un 95% como límite de confiabilidad de la media, a través de la siguiente ecuación (Dobie, *op. cit.*):

$$N = \frac{t^2 S^2}{E}$$

N = Tamaño de la muestra

S<sup>2</sup> = Varianza de la población

t<sup>2</sup> = Valor apropiado del estadístico "t"

E<sup>2</sup> = Error permitido

## Coefficiente de Aprovechamiento y Proporción de Subproductos

Para determinar el coeficiente de aprovechamiento de las trozas procesadas en cada aserradero, se utilizó la relación: **volumen de madera aserrada/volumen de las trozas**, en unidades métricas y expresada en porcentaje. Se analizaron dos tipos de proporciones, el coeficiente de aserrio 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 aserrio real que se derivó de la relación del volumen real de madera aserrada y el volumen real de las trozas.

Para determinar el volumen real de la madera se utilizaron los promedios de las dimensiones reales de las tablas obtenidas de 10 trozas de las clases diamétricas más comunes en cada aserradero. En cada tabla se calculó el espesor promedio a través de seis mediciones, tres en cada canto y separadas equidistantemente a lo largo de la tabla. El ancho real se calculó por el promedio de cuatro mediciones. Todas las medidas se realizaron con aproximación al milímetro. Para la longitud se tomó una medición con aproximación al centímetro, (Zavala, *op. cit.*).

La proporción de costeras, tiras, recortes y de aserrín se determinaron a través de los productos generados de una muestra de 10 trozas descortezadas en cada uno de los seis aserraderos, pesando las costeras y recortes, y relacionando su valor con el peso de las



tablas de dimensiones conocidas para determinar el volumen de las costeras. El volumen de aserrín se determinó por la diferencia entre el volumen real de las trozas y el volumen real de madera aserrada y de las costeras, (Zavala, *op. cit.*).

### **Efecto de la Conicidad y Calidad de las Trozas en el Coeficiente de Aserrío**

Para analizar el efecto de la conicidad y de la calidad de la trocería en el coeficiente de aprovechamiento, se agruparon las trozas por categorías de ahusamiento y por calidades, se relacionó su volumen con sus respectivos volúmenes de madera generada de cada grupo de trozas. En el caso de la conicidad, las trozas se agruparon en rangos de ahusamiento de 0 a 6 cm, de 0 a 9 cm y de 0 a 15 cm. Para definir el efecto de la calidad de la trocería en el coeficiente de aprovechamiento, las trozas se agruparon en clases de 1, 2, 3, 4 y 5, utilizando como base los sistemas de clasificación del área de influencia del estudio.

### **Refuerzos de la Madera Aserrada**

Para determinar los refuerzos de la madera aserrada, se compararon las dimensiones reales con las nominales de todas las tablas provenientes de 60 trozas de los seis aserraderos analizados. Para calcular los volúmenes reales de cada tabla, se utilizó el espesor y el ancho promedios con aproximación al milímetro y la longitud con aproximación al centímetro. Posteriormente se comparó el refuerzo calculado con el refuerzo oficial o comercial, y por la diferencia entre ambos, la pérdida de madera por efecto de una sobredimensión en espesor de las tablas producidas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Características de las Trozas Procesadas**

El número de trozas estudiado varió de 132 a 150 por aserrado, y correspondió a un total de 879 en los seis aserraderos, cantidades superiores a las 100 trozas especificadas por la SFF, 1978 por aserradero, (Cuadro N° 1). Del análisis de los datos de las trozas muestreadas en los patios de almacenamiento, se determinó que la clase diamétrica más frecuente fue de 30 a 35 cm, y representó un 33% de las trozas procesadas. Aproximadamente el 80% de las trozas se ubicaron en un rango de 25 a 40 cm de diámetro. La longitud de la clase

más frecuente fue de 16 pies, y representó un 80% de las trozas muestreadas. A través de la evaluación de la calidad de la trocería, (DGN, *op. cit.*); se determinó que las clases de 4ta y 5ta representaron un 80% de las trozas, que correspondió al 78.5% del volumen procesado.

PARÁMETRO	ASERRADEROS					
	A-6"	B-6"	A-8"	B-8"	A-10"	B-10"
Tamaño preliminar de muestra	80	80	80	80	80	80
Vol. promedio de trozas (m <sup>3</sup> )	0.4533	0.5370	0.5061	0.5164	0.5692	0.5478
Desviación estandar (m <sup>3</sup> )	0.1506	0.1494	0.1524	0.1543	0.1595	0.1643
Varianza (m <sup>3</sup> )	0.0198	0.0223	0.2323	0.0238	0.0255	0.0270
Valor "t" de Student	2	2	2	2	2	2
Error estandar de la media	0.0227	0.0268	0.0253	0.0258	0.0285	0.0273
Valor de E <sup>2</sup>	0.0005	0.0007	0.0006	0.0007	0.0007	0.0007
Tamaño de muestra requerido	150	124	145	143	126	144
Tamaño de muestra estudiado	150	131	150	148	150	150

**Cuadro N° 1.** Determinación del número de trozas para coeficientes de aserrío con límite de confianza del 95%.

### Coefficiente de Aprovechamiento Real y Nominal

Del análisis de los productos generados de las trozas procesadas en cada aserradero y con la determinación de las dimensiones reales de las tablas producidas de una muestra de 60 trozas, se calculó el coeficiente de aprovechamiento real que varió del 54.96 al 61.63% y correspondió a un coeficiente de aserrío nominal de 41.54 a 44.18%, en los seis aserraderos. En estas cifras, que aparentemente son bajas, tiene una influencia directa el alto porcentaje de trozas con diámetro reducido y de baja calidad, y la alta proporción de madera producida en 3/4" de espesor. Si los volúmenes de producción se concentraran en espesores de 6/4" a 8/4", seguramente los porcentajes en el coeficiente de aprovechamiento serían mayores, *vid., infra.*, Cuadro N° 2.

Aserradero	Volumen madera rollo (m <sup>3</sup> )	Volumen madera aserrada (m <sup>3</sup> )	Volumen total con refuerzo (m <sup>3</sup> )	aserrío nominal (%)	aserrío real (%)
A-6"	63.4381	27.6359	39.1031	43.56	61.63
B-6"	72.3452	31.6498	42.7597	43.74	59.10
A-8"	84.7998	35.3943	47.8270	41.74	56.40
B-8"	90.8809	40.1591	52.1224	44.18	57.35
A-10"	83.0553	34.5032	46.1828	41.54	55.60
B-10"	69.5491	29.9940	38.2261	43.12	54.96
Total	464.0684	199.2843	266.2260	42.98	57.36

**Cuadro N° 2.** Coeficiente de aserrío real y nominal.

### Proporción de Subproductos

Respecto a la proporción de costeras y de aserrín, que se determinó de la muestra de 60 trozas descortezadas (10 por aserradero), se cuantificó una variación de 20.67 a 30.32% para costeras, y del 12.96 al 21.98% para aserrín, (Cuadro N° 3).

COEFICIENTES DE APROVECHAMIENTO POR TIPO DE PRODUCTO							
Aserradero	Volumen madera rollo (m <sup>3</sup> )	Volumen madera aserrada real (m <sup>3</sup> )	Coefic. aserrío real (%)	Volumen de costeras (m <sup>3</sup> )	Coefic. aserrío real (%)	Volumen de aserrín (m <sup>3</sup> )	Coefic. aserrío real (%)
A-6"	63.4381	39.1031	61.63	16.1486	25.44	8.2215	12.96
B-6"	72.3452	42.7597	59.10	20.4706	27.91	9.5275	13.99
A-8"	84.7998	47.8270	56.40	23.9474	28.24	13.0252	16.36
B-8"	90.8809	52.1224	57.35	18.7850	20.67	19.9756	21.98
A-10"	83.0553	46.1828	55.60	25.1823	30.32	11.6942	14.08
B-10"	69.5491	38.2261	54.96	18.2496	26.24	13.0752	18.80
Total	464.0684	266.2260	57.36	122.7735	26.47	75.5192	16.03

**Cuadro N° 3.** Proporción de madera aserrada y de subproductos.

Sin duda alguna, estos porcentajes de costeras son un potencial significativo como fuente de materia prima para la industria de la celulosa y la de tableros aglomerados, y que en la actualidad representan un problema de eliminación de desperdicios para muchos aserraderos.

### Efecto de la Conicidad de las Trozas en el Coeficiente de Aserrió

Las características de la materia prima tienen una influencia directa en el coeficiente de aprovechamiento, entre ellas la conicidad de las trozas, la cual es considerada en la determinación del volumen en rollo aplicando el sistema de cubicación oficial, pero no utilizando reglas madereras. Para trozas con ahusamiento, o diferencias del diámetro mayor y menor de las cabezas de las trozas de 0 a 6 cm, se obtuvo un coeficiente de aserrió nominal de 44.82%, para aquellas trozas que variaron de 6 a 9 cm el coeficiente de aserrió fue de 41.65% y para trozas con 9 a 15 cm o más de ahusamiento, el coeficiente de aserrió fue de 38.61% (Cuadro N° 4). Lo anterior manifiesta un incremento en la pérdida de volumen de madera en rollo en forma de costeras durante el proceso de aserrió, directamente proporcional al aumento de la conicidad de las trozas.

<b>ASERRADERO</b>							
	<b>A-6"</b>	<b>B-6"</b>	<b>A-8"</b>	<b>B-8"</b>	<b>A-10"</b>	<b>B-10"</b>	<b>Total</b>
N° de trozas	150	131	150	148	150	150	879
Volumen m <sup>3</sup> r	63.4381	72.3452	84.7998	90.8809	83.0553	69.5491	464.068
<b>Ahusamiento de 0-6 cm</b>							
N° de trozas	68	68	71	84	57	60	408
Volumen m <sup>3</sup> r	23.7161	33.8458	33.6112	46.2819	28.5684	26.0256	192.049
Coeficiente de aserrió (%)	44.52	47.12	42.75	44.67	43.19	46.68	44.82
<b>Ahusamiento de 0-9 cm</b>							
N° de trozas	53	35	43	41	51	53	276
Volumen m <sup>3</sup> r	25.0066	19.7716	25.9312	25.8202	28.9036	24.0838	149.517
Coeficiente de aserrió (%)	44.06	40.43	41.98	41.47	40.29	41.67	41.65
<b>Ahusamiento de 0-15 cm</b>							
N° de trozas	29	28	36	23	42	37	195
Volumen m <sup>3</sup> r	14.7219	18.7278	25.2574	19.1788	25.5833	19.4397	122.908
Coeficiente de aserrió (%)	41.28	37.81	38.73	37.64	38.53	37.68	38.61

**Cuadro N° 4.** Influencia del ahusamiento de la trocería en el coeficiente de aserrió.

## Efecto de la Calidad de las Trozas en el Coeficiente de Aserrío

La calidad de la materia prima con base en los distintos defectos intrínsecos, como aquellos ocasionados por factores externos en las trozas, también mostraron su efecto en la proporción de madera aserrada.

El coeficiente de aprovechamiento fue directamente proporcional a la calidad de la trocería, en donde se determinó para trozas de primera un 49.52% de aprovechamiento, para las de segunda un 46.31%, para las de tercera 43.27%, para las de cuarta 41.54% y para las de quinta el coeficiente fue de 40.26%, (Cuadro N° 5).

<b>ASERRADERO</b>							
	A-6"	B-6"	A-8"	B-8"	A-10"	B-10"	Total
<b>Trocería de Primera</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r			2.7666				2.7666
Volumen m <sup>3</sup>			1.3708				1.3708
Coeficiente (%)			49.52				49.52
<b>Trocería de Segunda</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r			20.4915	1.4816	3.0195	0.5567	25.5493
Volumen m <sup>3</sup>			8.2259	0.6079	1.3846	0.3242	10.5426
Coeficiente (%)			41.26	41.04	45.85	58.23	46.31
<b>Trocería de Tercera</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r	0.5314	9.8324	37.5826	12.7108	10.0059	11.5870	82.2411
Volumen m <sup>3</sup>	0.2876	4.2880	14.1052	5.8075	3.5097	5.0459	33.0440
Coeficiente (%)	54.12	43.65	37.53	45.69	35.08	43.55	43.27
<b>Trocería de Cuarta</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r	9.3751	23.6368	14.4729	26.1851	16.7660	18.9398	109.3757
Volumen m <sup>3</sup>	4.1692	10.9715	5.1210	11.3549	6.3298	7.9376	45.8841
Coeficiente (%)	44.47	46.42	35.38	43.36	37.75	41.91	41.54
<b>Trocería de Quinta</b>							
Volumen m <sup>3</sup> r	53.6386	38.2678	9.5860	50.1088	53.2844	38.0652	242.9508
Volumen m <sup>3</sup>	23.2755	15.9708	3.0808	21.3094	21.5196	15.7477	100.9838
Coeficiente (%)	43.39	41.73	32.14	42.52	40.39	41.37	40.25

**Cuadro N° 5.** Influencia de la calidad de la trocería en el coeficiente de aserrío.

## Refuerzos en la Madera Aserrada

Con base en las tablas producidas de la muestra de las 60 trozas procesadas para analizar el efecto de los refuerzos de la madera aserrada y considerando las dimensiones en grosor, se encontró un excedente de refuerzo de 15.41% para la madera de 3/4", de 9.99% para la de 1 1/2", de 7.31% para la de 1 3/4" y de 10.91% para la de 2" (Cuadro N° 6).

Cabe hacer notar que del total de la madera producida de las 879 trozas, el 82.86% correspondió a la de 3/4" de grosor nominal y el de 10.85% a la de 6/4". Ésta mayor proporción de madera de 3/4" repercutió en forma directa en el coeficiente de aprovechamiento y en los volúmenes excedentes de refuerzos. Los excedentes en refuerzos se deben principalmente a la variación del corte durante el aserrío, que se reflejó en la diferencia en espesores a lo largo de las tablas.

Grososores	DISTRIBUCIÓN DE MADERAS (%) volumen nominal	REFUERZOS		
		total (%)	oficial (%)	excedente (%)
3/4"	52.60	45.41	30.00	15.41
6/4"	25.90	24.99	15.00	9.99
7/4"	9.93	18.81	11.00	7.31
8/4"	6.87	18.91	8.00	10.91

**Cuadro N° 6.** Proporción de refuerzos y sus excedentes en distintas dimensiones de madera aserrada.

## CONCLUSIONES

- Para estudios de coeficientes de aserrío con límites de confianza de 95%, el tamaño de la muestra requerido es mayor que el tradicionalmente establecido de 100 trozas. Posiblemente el número de trozas muestreadas pueda reducirse sin afectar la confiabilidad del estudio a través de un muestreo dirigido y considerando la distribución de frecuencias de las clases diamétricas de la trocería.

- Existe una diferencia entre la forma de expresión del coeficiente de aserrío real y el nominal, que puede generar confusión en la evaluación de la eficiencia de transformación de los aserraderos, por lo que se considera que los resultados de estudios tradicionales el coeficiente de aserrío debería expresarse en términos del volumen real y del volumen nominal, basados en las dimensiones reales y nominales de la trocería y de la madera aserrada.
- La proporción de costeras representa un volumen significativo de subproductos que podría ser una fuente importante de materia prima para las fábricas de aglomerados y de celulosa, que eliminaría el problema de manejo de desperdicios en la mayoría de los aserraderos.
- La calidad y la conicidad de las trozas son determinantes en la proporción del coeficiente de aprovechamiento. Ambos factores, por lo tanto, deben de considerarse en la definición de precios de la trocería, cuando se comercializa en función de su calidad y del volumen cubicado.
- Con la finalidad de mejorar el aprovechamiento de la materia prima, reflejado en el incremento de los coeficientes de aserrío, se sugiere establecer un sistema de incentivos para el industrial, tendiente a reducirle los impuestos al que produzca más volumen de madera aserrada por volúmenes de trocería similares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brown, T. D. 1979. Determining lumber target sizes and monitoring sawing accuracy. *Forest Prod. J.* 29(4):48-54.
- Brown, A. G. and R.G. Miller. 1975. Effect of sweep on sawn recovery from radiata pine logs. *Can. For. Ind.* 93(12):28-29.
- Bailey, G. R. 1973. Lumber grade recovery from straight aspen logs. *Forest Prod. J.* 23(4):47-54.
- Cámara Nacional de las Industrias Derivadas de la Industria Forestal. 1991. Memoria Económica 1990-1991. México, 61 p.

- Clark, A. III. *et al.* 1974. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of yellow-poplar. USDA. For. Ser. Res. Pap. SE-119. USA. 15 p.
- Dirección General de Normas (DGN), 1986. Norma Oficial Mexicana. NOM-C-18-1986. Industria de la Construcción - Tablas y Tablones de Pino - Clasificación. DGN. SECOFI. México. 16 p.
- Dirección General de Normas. 1988. Norma Oficial Mexicana. NOM-C- 359-1988. Industria Maderera-Trocería de Pino-Clasificación. DGN. SECOFI. México. 23 p.
- Dobie, J. 1966. Log taper related to lumber production. B.C. Lumberman. 48(5):80-85.
- Dobie, J. 1972. Guidelines for the study of sawmill performance. West. For. Prod. Lab. Inf. Rep. VP-X-151, Vancouver, B.C. Canada. 75 p.
- Dobie, J. 1975. Lumber recovery practices in British Columbia coastal sawmills. West. For. Prod. Lab. Inf. Rep. VP-X-151, Vancouver, B.C. Canada. 29 p.
- Freese, F. 1974. A collection of log rules. USDA For. Serv. Gen. Tech. Pap. FPL-1. For. Prod. Lab. Madison, Wisc. USA. 65 p.
- Hallock, H., P. Steele *and* R. Selin. 1979. Comparing lumber yields from board-foot and cubically scale logs. USDA For. Serv. Res. Pap. FPL 324. Madison, Wisc. USA. 17 p.
- Kerbes, E. L. *and* 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. 19 p.
- Phillips, D. R *and* J. G. Schoeder. 1975. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of shortleaf pine. USDA For. Ser. Res. Pap. SE-128, 12 p.
- Pnevmaticos, S. M. *et al.* 1971. How log characteristics relate to sawing profit. Can. For. Ind. 91(1):40-43.
- Rodríguez C., R. 1978. Coeficientes de refuerzo y aserrío en la práctica mexicana de producción de madera aserrada de pino. México y sus Bosques. 17(1):8-23.
- Subsecretaría Forestal y de la Fauna (SFF). 1978. Disposiciones sobre coeficientes de aserrío y usos de refuerzos. México. SFF. Dirección General de Control y Vigilancia Forestal. Circular 2/78. 3 p.



- USDA. Forest Service. 1973. Increasing your lumber recovery. Sawmill Improvement Program. Washington, D.C. USA. 25 p.
- Zavala Z., D. 1981. Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, México. Thesis of Master of Science. The University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canada. 91 p.
- Zavala Z., D. 1987. Análisis del coeficiente de aprovechamiento en dos aserraderos del Estado de Tlaxcala. Reunión de Investigación Forestal y Agropecuaria de Tlaxcala. CIFAP-TLAX. 52-62.
- Zavala Z., D. 1991. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Serie de apoyo académico No. 44. Univ. Autónoma Chapingo. México. 50 p.
- Zavala Z., D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica. Boletín Técnico N° 115. INIFAP. México. 48 p.
- Zavala Z., R. *et al.* 1981. Diagnóstico de la industria de aserrío del estado de Durango. Bol. Tec. INIF. México. N° 87, 79 p. ,