

Efecto del sistema de aserrío tradicional en las características de la madera de encinos

David Zavala Zavala

RESUMEN

El proceso de aserrío de encinos se considera una fase importante de su industrialización y de la calidad de la madera generada. Se analiza el control de calidad del proceso de aserrío, el sistema de corte tradicional con el radial y su efecto en los coeficientes de aprovechamiento, en los tiempos de procesamiento y en la proporción de dimensiones en anchos de la madera generada. Se utilizaron trozas de *Quercus laurina*, *Q. candicans* y *Q. acutifolia*, que se procesaron en un aserradero banda de 8 plg de ancho, con sierras tradicionales para pino. La variación del corte (St) fue de 3,93 mm, que se considera alta y refleja una mala calidad del aserrío, la media fue de 25,36 mm y la dimensión óptima de corte de 28,71 mm, la diferencia indica que un porcentaje considerable de las tablas producidas (80 %) no se puede clasificar en el espesor de la categoría de 3/4 plg. Los coeficientes de aserrío del sistema tradicional fueron de 55,83 % y en el radial de 52,31 %. El tiempo de aserrío para procesar 1 000 pies tablas en el sistema tradicional fue de 73 minutos y en el radial de 103 minutos, lo que representa un 41 % más del tradicional. Con el sistema se aserrío radial, se generó una proporción alta (77 %) de tablas angostas (4 plg y 6 plg), y un porcentaje bajo (23 %) de tablas con anchos mayores de 8 plg. Con el aserrío tradicional, las proporciones se invierten significativamente, para los anchos mayores a 8 plg representaron un 88 %.

PALABRAS CLAVE:

Aserrío, coeficiente de aprovechamiento, control de calidad, dimensión óptima de corte, encinos.

ABSTRACT

The saw milling process is considered as an important phase of the industrialization of oaks and of the quality of the sawn lumber. The quality control of the sawing process is analyzed, as well as the traditional sawing pattern with the quarter sawing (flat grain vs vertical grain) and their effect on the lumber yield (lumber recovery factor), on the processing time and on the proportion of width dimensions of lumber. Logs of *Quercus laurina*, *Q. candicans* and *Q. acutifolia* were processed in a 8-in wide band sawmill, with traditional saw machinery for pine. The sawing variation (St) was of 3,93 mm, which is considered high showing the low quality of the sawing system, the obtained mean was 25,36 mm and the optimum sawing dimension was of 28,71 mm. The difference means that a large percentage of boards (80 %) was not able to be graded in the thickness category of 3/4 inches. The lumber recovery factor of the traditional system was 55,83 % and in the quarter sawn was 52,31 %. The sawing time to process 1 000 board feet in the traditional system was 73 minutes being of 103 minutes in the radial system, which represented 41 % of the traditional system. With the quarter sawn system, a large proportion (77 %) of narrow boards (4-in and 6-in) and small percentage (23 %) of wider than 8-in boards were generated. With the traditional sawing system, the proportions were significantly reversed, for 8-in or wider an 88 % was achieved.

KEY WORDS:

Sawmilling, lumber recovery factor, quality control, optimal cutting dimension, oaks.

INTRODUCCIÓN

Algunos factores que han limitado el aprovechamiento de los encinos se relacionan directamente con las características tecnológicas de su madera y con los equipos y técnicas de los procesos de industrialización. Respecto al proceso de aserrío, una tendencia general es procesar la trocería en la misma forma que la de pino, no obstante las diferencias tan marcadas en ambos grupos de especies. Entre estas diferencias destacan la densidad, que se manifiesta en un mayor peso y dureza y la estructura anatómica de la madera, en especial los vasos y radios. Para el proceso de aserrío además también influye el desgaste del filo de las sierras por la dureza de la madera y por la presencia de taninos y de tálides.

Bajo estas consideraciones, los encinos debieran procesarse en forma diferente de los pinos, sobre todo en lo que respecta a la velocidad de corte de las sierras, la velocidad de alimentación del carro y las características de las sierras (paso del diente, profundidad de garganta, ángulo del diente, ángulo de ataque y ángulo de incidencia). Con la adopción de los parámetros adecuados de las sierras se estaría en posibilidad de obtener una buena calidad del proceso, el cual se evalúa a través de la uniformidad del espesor de las tablas producidas.

Con respecto a los sistemas de aserrío, debido a la estructura y a la densidad de la madera, se presentan fuertes contracciones que provocan rajaduras y deformaciones que se acentúan más en la cara tangencial y en los cortes bastardos, comparados con la cara radial, por lo que es recomendable aserrar la trocería de encinos procurando obtener el mayor porcentaje de tablas con corte radial. Sin embargo, es necesario considerar otra serie de factores que repercuten en el coeficiente de aprovechamiento, en los tiempos de aserrío, en los costos del proceso y en la

proporción de dimensiones en anchos de las tablas.

OBJETIVO

Con la finalidad de analizar la calidad del aserrío y la interrelación entre el sistema de aserrío tradicional y el radial, se realizó el presente trabajo en un aserradero banda de 20,32 cm (8 plg) de ancho, con trocería de tres especies de encinos (*Quercus laurina*, *Q. candicans* y *Q. acutifolia*).

ANTECEDENTES

En México se han realizado algunos trabajos sobre aserrío de maderas duras y de encinos, tendientes a determinar la combinación más adecuada de las características de los dientes de las sierras, como el calibre, el paso de diente, la profundidad de garganta, el ángulo del diente, el ángulo de ataque y el ángulo de incidencia. Zavala (1978) evaluó el proceso de aserrío de siete especies tropicales de alta densidad con posibilidades de uso para la producción de durmientes para el metro, señalando la necesidad de utilizar sierras modificadas en los dientes y con tratamientos de endurecimiento con la finalidad de mejorar la calidad del producto y la rentabilidad del proceso.

Béjar (1982, 1985) analizó las características de aserrío de encinos con cuatro sierras banda de 20,32 cm (8 plg) de ancho, calibre 16, encontrando que las de mejores resultados correspondieron a los de ángulo del diente de 50°, ángulo de ataque de 28° y ángulo de incidencia de 12°. Pérez (1985) señala algunos resultados preliminares de la evaluación del aserrío de encinos con cuatro sierras banda de 15,24 cm (6 plg) de ancho y calibre 17. Quiñones y Herrera (1984) analizaron el aserrío de encinos con cinco sierras banda de 15,24 cm (6 plg) de ancho y calibre 17, con suage de 3,17 mm (1/8 plg), modificadas en sus características y una sierra testigo

utilizada normalmente para pino, concluyendo que las sierras con ángulo del diente de 50° y 45°, ángulo de ataque de 26° y 30° y ángulo de incidencia de 14° y 15°, se encontraron los mejores resultados.

Koch (1964) y Willinston (1976, 1978) señalan las características más comunes de los dientes de las sierras banda utilizadas en EUA, que corresponden a un ángulo de corte de 30°, un ángulo del diente de 44° y el ángulo libre de 16°, los cuales se modifican en función de la dureza o tipo de madera, que pueden variar desde 22° a 28° para el ángulo de ataque, de 52° a 60° para el ángulo del diente y de 8° a 12° para el ángulo de incidencia. Además de la modificación de los ángulos de los dientes respecto a la dureza de la madera, también se cambian el paso del diente y la profundidad de garganta o altura del diente en función del ancho y del calibre de la sierra. Para una de 20,32 mm (8 plg) de ancho, Williston (1976) sugiere para maderas duras un calibre de 14, un paso de diente de 4,45 cm (1 3/4 plg) y una altura del diente de 1,9 cm (3/4 plg); Simonds (1986) recomienda el paso y la altura del diente de 1,9 cm (3/4 plg) y de 0,95 cm (3/8 plg) respectivamente, para maderas duras.

Adicionalmente a las modificaciones de las características de los dientes, la eficiencia del corte de maderas de alta densidad se mejora con tratamientos de endurecimiento de las sierras. Quezada (1970) determinó que las sierras con los dientes tratados con estelite podrían aumentar su rendimiento en un 14 % trabajándolas hasta que se les termine el filo (aproximadamente 12 h); pero que si se utilizan por periodos de cuatro horas no hay diferencia con las normales. Kirbach (1979) señala que la aplicación de estelite en sierras banda se ha hecho muy popular en sitios donde se procesan maderas altamente abrasivas, como son algunas de las tropicales, de las cuales entre un 20 % y un 30 % contienen cantidades considerables de compuestos de silicio, son de alta densidad y por lo tanto muy difíciles de procesar. El mismo autor

indica que las sierras tratadas con estelite, en general, muestran un incremento en su resistencia al desgaste de más de seis veces, que los dientes de acero tradicional y que algunas de las características de la aleación de estelite son: su alta resistencia a la abrasión y a la corrosión, su bajo coeficiente de fricción, que no pierde la dureza cuando se calienta a altas temperaturas y su susceptibilidad de ser afilada con piedras para aceros de alta velocidad.

Loehnertz *et al.* (1996) señalan que uno de los principales problemas en el aprovechamiento de maderas duras tropicales, es la utilización de sierras con características inadecuadas de los dientes, en cuanto a los ángulos y distancia entre dientes y enfatizan la necesidad de aplicar estelite a las sierras banda para contrarrestar el efecto de la dureza, del sílice y de los extractivos corrosivos de algunas maderas tropicales, los cuales desgastan rápidamente los aceros tradicionales; estos autores también indican que la adopción de este tipo de tecnologías podría ayudar a contrarrestar los bajos coeficientes de aprovechamiento, la poca calidad de la madera aserrada por efecto del corte y los altos costos del aserrío. Flores *et al.* (2000) determinaron el efecto de la pérdida de afilado de sierras tratadas con estelite comparadas con sierras sin tratamiento en la variación del corte de madera de encinos, para el primer caso encontraron una variación en espesor de 2 mm y para el segundo, hasta de 5 mm.

Para el caso del aserrío de encinos, además de la adopción de las sierras más apropiadas en sus características y tratamientos de dureza en los dientes, también se considera determinante la forma de aserrar la trocería (radial, tangencial y bastardo), básicamente por el efecto de las contracciones de la madera que pueden manifestarse en deformaciones y rajaduras en las tablas durante el proceso de secado. Debido a que en la cara radial de la madera las contracciones son menores comparadas con el corte

tangencial y bastardo, se ha considerado obtener la mayor proporción de tablas con cara radial como una opción para contrarrestar los defectos del secado.

Con relación al tipo de corte de la trocería de encinos, Béjar *et. al.* (1986) determinaron que el rendimiento por cuartos genera un 66 % más en comparación con el proceso tradicional; señalan, además, que en tiempos iguales de aserrío usando los dos métodos, el sistema en cuartos generó un volumen de 42,5 % en relación con el que se obtiene con el proceso tradicional y que el método bastardo superó en un 18,84 % el coeficiente de aserrío por cuartos, basado en volumen real y, en un 14,1 %, en volumen nominal. Adicionalmente, determinaron que la proporción de tablas con anchos comerciales se reduce en el sistema de aserrío en cuartos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se utilizaron 50 trozas de tres especies de encinos: *Quercus laurina*, *Q. candicans* y *Q. acutifolia*, con diámetros que variaron de 30 cm a 55 cm, con longitudes de 2,50 m a 5 m (8 pies a 16 pies) y calidades de 1ª a 5ª. La trocería se procesó en un aserradero de banda de 20,32 cm (8 plg) de ancho con: sierras tradicionales para procesar pino, paso de diente de 4,45 cm (1 ¾ plg), profundidad de garganta de 2,38 cm (15/16 plg), ángulo de diente de 44°, ángulo de ataque de 32° y ángulo de incidencia de 14°. El equipo complementario lo constituyó una desorilladora con 2 sierras circulares y una sierra péndulo para el saneo y dimensionado longitudinal de las tablas.

Determinación de la variación del corte durante el aserrío

Para evaluar la calidad del aserrío de la trocería de encinos, se analizó la variación en espesor de una muestra de

100 tablas producidas durante una jornada normal de trabajo, tomando 10 tablas al azar en distintos intervalos de tiempo de operación del aserradero. En cada tabla se registraron seis mediciones del espesor, tres en cada canto, equidistantemente.

Para la determinación de la variación en espesor de las tablas se utilizaron las siguientes fórmulas (Zavala, 1981; Zavala, 1991):

$$St^2 = (Sw)^2 + (Sb)^2 \quad (1)$$

$$Sw^2 = \bar{S}^2 \quad (2)$$

$$S^2 = \frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1} \quad (3)$$

$$\bar{S}^2 = \frac{S1^2 + S2^2 \dots + Sm^2}{m} \quad (4)$$

$$Sb^2 = S(\bar{X})^2 - \frac{(Sw)^2}{n} \quad (5)$$

$$S(\bar{X})^2 = \frac{\sum \bar{X}^2 - \frac{(\sum \bar{X})^2}{m}}{m-1} \quad (6)$$

$$\bar{X} = \frac{X1 + X2 \dots + Xn}{n} \quad (7)$$

donde:

St = desviación estándar del proceso o variación del aserrío

Sw = desviación estándar en tablas

Sb = desviación estándar entre tablas

S^2 = varianza de las mediciones en cada tabla

\bar{S}^2 = promedio de las varianzas de todas las tablas

$S(\bar{X})^2$ = varianza de las medias de los espesores de cada una de las tablas muestreadas

\bar{X} = media de los espesores de cada tabla

m = número de tablas muestreadas

n = número de mediciones en cada tabla

$$V = \left(\frac{B+b}{2} \right) L \quad (9)$$

donde:

B = área de la base mayor de la troza

b = área de la base menor de la troza

L = longitud de la troza

La variación del corte en el aserrío se determinó usando la desviación estándar total del proceso (St), la cual está integrada por la variación en espesor a lo largo de la tabla (Sw) y por la variación entre tablas (Sb).

Determinación de la dimensión óptima de corte

Para definir la dimensión a la que debe aserrarse la madera para obtener tablas con espesores inferiores al requerido, se utilizó la siguiente fórmula:

$$DO = \frac{(DF + RC)}{1 - \%C} + (Z \times St) \quad (8)$$

donde:

DO = dimensión óptima de la madera verde

DF = dimensión final

RC = refuerzo por cepillado (ambas caras de la tabla)

%C = refuerzo por contracciones (de verde a CH final)

Z = factor de dimensión mínima aceptable

St = desviación estándar del proceso

Sistema de aserrío tradicional y radial

Para evaluar el sistema de aserrío tradicional y el radial, se utilizó una muestra de 50 trozas, de las cuales 25 se procesaron con el corte tradicional y 25 con el radial (Fig. 1). Las trozas se cubicaron sin corteza utilizando la fórmula de Smalian (Zavala, 1981):

Se determinaron los coeficientes de aserrío para cada sistema de aserrío a través de la razón volumen madera/volumen trozas, expresada en porcentaje. Adicionalmente se determinaron los tiempos de aserrío para cada sistema de corte, radial y bastardo, además de la proporción de dimensiones (anchos) de las tablas producidas en cada tipo de corte.



Figura 1. Sistema de corte tradicional (a) y de aserrío radial (b)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación del corte o del espesor de las tablas

Utilizando las ecuaciones 1 al 7 se determinó la variación del corte (S_f) de la muestra de 100 tablas de madera aserrada, siendo ésta de 3,93 mm independientemente del tipo de corte (tradicional o radial). Esta variación se considera alta y refleja una baja calidad del aserrío, por lo que se deduce que el proceso requiere de acciones correctivas para: 1) reducir la variación del corte y, 2) para que las tablas producidas puedan enmarcarse en el espesor deseado, en este caso de 19,05 mm (3/4 plg) de dimensión nominal.

Dimensión óptima de corte

En México, normalmente, a la madera aserrada se le asigna un refuerzo en espesor que representa la pérdida de madera por cepillado y por contracciones durante el secado; tradicionalmente este refuerzo es de 6,3 mm (1/4 plg), aún cuando oficialmente se ha adoptado el de 3,2 mm (1/8 plg)(DGN, 1986).

Si el corte de las sierras fuera perfecto, en cuanto a uniformidad a lo largo de la troza, el refuerzo por cepillado y contracciones sería suficiente para obtener el espesor esperado de las tablas. Sin embargo, como se determinó en este trabajo, existe un tercer factor que se debe tomar en cuenta en la definición del refuerzo final: la irregularidad del corte que se manifiesta en una variación en el espesor a lo largo de las tablas. Los refuerzos por cepillado y por contracciones se consideran constantes e independientes del proceso de aserrío, en tanto que el refuerzo por la variación del corte cambia en función de las características de los equipos de aserrío, las técnicas del proceso y de la habilidad de los operarios.

Al parámetro que incluye estos tres tipos de refuerzos se le denomina Dimensión Óptima de corte (DO) definida como la dimensión real a la que debe aserrarse la madera para obtener el espesor final deseado de las tablas (Zavala, 1991; 1994). La dimensión óptima de corte de la madera se determinó con la ecuación 8. La dimensión final (DF), que se define como el espesor real de la madera, después de secada y cepillada, en este trabajo fue de 19,05 mm (3/4 plg).

El refuerzo por cepillado (RC), es la dimensión adicional que se le da a una tabla y representa el volumen total de madera que se elimina en ambas caras a través de las cuchillas del cepillo. Para el caso del encino se adoptó el refuerzo por cepillado de 2,5 mm, que se determinó mediante el cepillado de una muestra de 10 tablas.

El refuerzo por contracciones (%C), es la dimensión adicional que se le da a la madera aserrada para compensar la pérdida de volumen por las contracciones que se presentan cuando se seca abajo del 30 % de CH. Para efectos de cálculo de las contracciones se utiliza el valor tangencial por ser el más crítico, y en los encinos procesados *Q. laurina*, *Q. candicans* y *Q. acutifolia*, el porcentaje de contracciones tangenciales es de 15,14 %, 15,14 % y 14,64 % respectivamente, cuya media correspondió a 14,97 %.

Si el CH al que se va a secar la madera es del 10 %, el porcentaje de contracciones intermedias, de 30 % de CH a 10 % de CH es de:

$$CI(\%) = \frac{30\% - \%CH\ final}{30} \times CP(\%)$$

$$CI(\%) = \frac{30 - 10}{30} \times 0,15 = 10(\%)$$

donde:

C = contracción intermedia, %
 CP = contracción promedio, %

Generalmente, el valor de Z es el que corresponde a una aceptación de un 5 % de tablas con dimensiones inferiores a las requeridas, por lo que $Z = 1,65$.

La dimensión óptima de corte para la madera analizada fue de:

$$DO = \frac{19,05 + 2,5}{1 - 0,10} + (1,65 \times 3,93)$$

$$DO = 23,944 + 6,4845$$

$$DO = 30,4285 \text{ mm}$$

Este valor (DO), 30,43 mm es el espesor al que deben aserrarse las trozas para obtener tablas de 19,05 mm (3/4 plg), tomando en cuenta el efecto de la variación del corte durante el aserrío. Sin embargo, comparando el valor de $DO = 30,43$ mm con la media del espesor de todas las tablas que se obtuvo, igual a 25,36 mm, se tiene una diferencia de 4,93 mm, lo que indica que un porcentaje considerable de las tablas producidas no se pueden clasificar en el espesor de la categoría de 19,05 mm (3/4 plg) (Tabla 1).

Desde el punto de vista práctico, como se indicó anteriormente, el refuerzo

de la madera de 19,05 mm (3/4 plg) de espesor real es de 3,2 mm (1/8 plg) o de 6,35 mm (1/4 plg). Si se considera un refuerzo de 6,35 mm (1/4 plg), la DO sería de 19,05mm (3/4 plg) + 6,3 mm (1/4 plg) + (1,65 x 3,93):

$$DO = 25,4 + (1,65 \times 3,93)$$

$$DO = 31,8845 \text{ mm}$$

Debido a la variación del corte durante el aserrío, el espesor al que se debe aserrar la madera es de 31,88 mm, para que únicamente un 5 % de las tablas tengan un grosor inferior a los 25,4 mm (4/4 plg)(Tabla 1).

Si se considera únicamente 3,2 mm (1/8 plg) de refuerzo, entonces la dimensión aserrada verde sería de 19,05 mm (3/4 plg) + 3,2 mm (1/8 plg) = 22,23 mm (7/8 plg), y con el refuerzo por variación en aserrío, la DO sería:

$$DO = 22,23 + (1,65 \times 3,93)$$

$$DO = 28,71 \text{ mm}$$

En tanto no se incorpore este refuerzo adicional de 6,48 mm (1,65 x 3,93), se obtendrá una proporción muy alta de tablas con dimensiones inferiores a la especificada de 19,05 mm (3/4 plg).

Tabla 1. Dimensiones de madera aserrada y refuerzo por variación del corte

GROSOR REQUERIDO mm	plg	VARIACIÓN DEL CORTE mm	DIMENSIÓN ÓPTIMA mm
23,94		6,48	30,43
22,23	7/8	6,48	28,71
25,4	4/4	6,48	31,88

Madera aserrada con dimensiones inferiores a la especificada

Analizando la media de los espesores de las 100 tablas, para el caso del espesor de 22,23 mm (7/8 plg) con DO de 28,71 mm, solamente 15 tablas tienen el grosor requerido. Si se considera que se acepta un 5 % de las tablas con dimensión inferior a la especificada, se incluirían otras 5 tablas ($100 \times 5 / 100 = 5$), generándose un total de 20 tablas (Fig. 2).

Si se considera que el espesor es de 24,5 mm (4/4 plg), entonces, únicamente 9 tablas tienen el espesor indicado, más el 5 % de 100 tablas, se incluirían otras 5, que en total serían 14 tablas que se aceptarían en el rango de espesor de 24,5 mm (4/4 plg).

Efecto de la variación del corte en la pérdida de madera

Como se especificó en el inciso anterior, para el caso de la madera aserrada con un refuerzo de 3,2 mm (1/8 plg), el 80 % de las tablas no tuvieron la Dimensión Óptima de Corte de 28,71 mm de espesor, por lo tanto no se pudieron clasificar en el espesor nominal de 19,05 mm (3/4 plg), y pasaron a la categoría inferior de 12,7 mm (1/2 plg), lo que representó una pérdida considerable de madera y de dinero. Ejemplificando, las tablas de 2,44 m de largo, 20,3 cm de ancho y 19,05 mm de espesor (8 pies x 8 plg x 3/4 plg), tienen un volumen de 4 pies tabla (pt) y para las mismas dimensiones en longitud y en anchura, con un espesor de 12,7 mm (1/2 plg), el volumen es de 2,66 pt, lo que representa una diferencia de 1,34 pt, equivalente a un 33,5 % $((1,34/4) \cdot 100)$ del volumen, que sería la pérdida de madera al tener que reclasificar las tablas de 19,05 mm (3/4 plg) como madera aserrada de 12,7 mm (1/2 plg). Un impacto alto en pérdida de volumen de madera y en recursos económicos (Fig. 3).

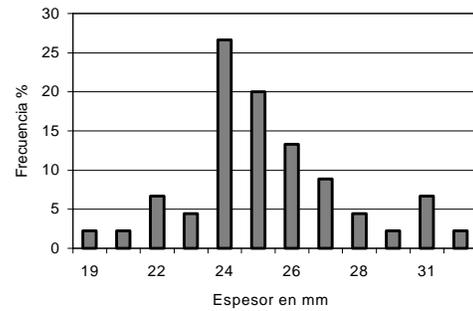


Figura 2. Frecuencia de espesores promedio de una muestra de 100 tablas.

Coefficiente de aserrío

Comparando los coeficientes de aserrío del sistema tradicional con el radial, para el primer caso se obtuvo un coeficiente de 55,83 % y en el segundo de 52,31 %, lo que representa una diferencia de 2,95 %, que aparentemente es baja de acuerdo con la mencionada por Béjar *et al.* (1986), de un 14,1 %.

Tiempos de aserrío por sistema de corte

Para comparar los tiempos de aserrío entre el sistema de corte radial y el tradicional, se determinó el tiempo requerido para procesar a cada troza. Para las trozas aserradas radialmente, el tiempo de aserrío fue de 172 minutos para procesar 7 153 m³r, generando un volumen de 3 934 m³ de madera aserrada, determinándose un tiempo de 24,06 minutos para procesar 1 m³r, o de 43,84 minutos para generar 1 m³ de madera aserrada, o de 103 minutos para procesar 1 000 pt.

El tiempo de aserrío para trozas procesadas en forma tradicional, para las que se aproximaron más en dimensiones a las aserradas radialmente, fue de 136 min para procesar 8 066 m³r, que generaron 4 381 m³ de madera aserrada, requiriéndose 16,86 min para procesar



Figura 3. Variación en espesor de la madera aserrada de encinos

1 m³r, ó de 31,06 min para generar 1 m³ de madera aserrada o de 73,30 min por millar de pt. Existe por lo tanto una diferencia en el tiempo de procesamiento entre ambos sistemas de 7,18 min/m³r o de 12,78 min/m³ de madera aserrada o de 30,09 min/mpt

Cabe aclarar que para el sistema de aserrío radial, el operador del aserradero no tenía experiencia en este tipo de proceso, lo que incrementó los tiempos de aserrío, además del mayor número de movimientos de las trozas que se requieren en este tipo de corte.

Proporción de dimensiones (anchos) de las tablas

La proporción de tablas con anchos inferiores a 20,32 cm (8 plg), es bastante significativa con el sistema de aserrío radial, un 46,8 % de las tablas fue de 10,16 cm (4 plg), un 30,3 % de 15,24 cm (6 plg) y un 11,6 % de 20,32 cm (8 plg). Las proporciones de los anchos mayores se invierten significativamente para el sistema

de aserrío tradicional, con un 88 % para tablas de más de 20,32 cm (8 plg).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las características del equipo (sierras) y la forma de operación (velocidad de corte, lubricación, ajuste de la guía) no fueron las más adecuadas para procesar la trocería de los encinos analizados, lo que se manifestó en variaciones del espesor de las tablas.

La variación en espesor de las tablas afectó considerablemente la calidad del aserrío, generando un porcentaje muy alto de madera con dimensiones inferiores a las especificadas (alrededor de un 80 %).

Los tiempos de aserrío requeridos en el sistema radial por unidad de volumen procesado fueron de 141 % mayores que en el sistema tradicional, lo que afecta en forma significativa los costos del aserrío.

En el sistema radial se generó una proporción alta (77 %) de tablas angostas (10,16 mm--4 plg y 15,24 mm--6 plg) y un porcentaje bajo (11 %) de tablas con anchos mayores de 20,32 mm (8 plg).

Con la finalidad de reducir los tiempos muertos por cambio frecuente de sierras, se recomienda que se utilicen sierras con las características adecuadas para procesar encinos y de ser posible tratadas con estelite.

Para reducir el calentamiento de la sierra y facilitar el corte, se sugiere que se instalen sistemas de lubricación y enfriamiento para las sierras, a base de agua.

Para controlar la calidad del aserrío, que se manifiesta a través de la uniformidad del espesor de las tablas, se sugiere que se analice en forma periódica la variación en espesor de la madera aserrada, con la finalidad de mantenerla dentro de los límites aceptables.

Por el efecto que tiene la velocidad periférica de la sierra y la velocidad de avance del carro en la calidad del aserrío, se sugiere que el aserrador ajuste estas variables en función de las características de las trozas que se estén procesando.

Debido a las diferencias en proporciones de anchos de las tablas que se generan con el sistema radial y el tradicional, se considera adecuado que se utilice el sistema tradicional de aserrío cuando se requiera un porcentaje alto de tablas con anchos mayores de 8 plg.

REFERENCIAS

Béjar M., G. 1982. Aserrío de la madera de encino. Boletín Divulgativo No. 62. SARH. INIF. 33 p.

Béjar M., G. 1985. Algunas recomendaciones prácticas para la utilización de la madera de encino. III Seminario Nacional sobre Utilización de

Encinos. 22-24 Mayo 1985. SARH. Publicación Especial Núm. 49. SARH. INIFAP. 375-379 p.

Béjar M., G.; Y. Bucio, S. y J.J. García S. 1986. Análisis comparativo de los métodos de asierre bastardo y por cuartos en madera de encino. *Ciencia Forestal* 11(60):145-159 p.

Dirección General de Normas (DGN). 1986. Norma Oficial Mexicana. NOM-C-359-1988. Industria de la Construcción. Tablas y Tablones de Pino- Clasificación. DGN-SECOFI. 16 p.

Flores V., R.; M.E. Fuentes L.; J. Quintanar O. y L. Vázquez S. 2000. Influencia del desafilado de la sierra banda en la variación de espesor en el aserrío de encinos. III Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales, Durango, Dgo. p:101-102.

Koch, P. 1964. Wood Machinning Processes. The Ronald Press Company. Nueva York. 530 p.

Kirbach, D.E. 1979. Methods of improving wear resistance and maintenance of saw teeth. Technical Report No. 3. Western Forest Products Lab. Forintek Canada Corp. 45 p.

Loehnertz, P.S.; C.I. Vázquez y J. Guerrero. 1996. Hardwood sawing technology in five tropical countries. *Forest Prod. J.* 46(2):51-56.

Pérez M., J.F. 1985. Potencial y aprovechamiento de los encinos en el estado de Durango. III Seminario Nacional. sobre la Utilización de Encinos. 22-24 Mayo 1985. SARH. INIFAP. Publicación Especial Núm. 49:375-379.

Quezada F., A. 1970. Estelitado de sierras huinchas. Nota técnica No. 15. Instituto Forestal Chileno. 12 p.

- Quiñones O., O.J y A. Herrera B. 1984. Potencialidad y utilización de los encinos en el norte del país. *Ciencia Forestal*. Nov.-Dic. 1984. 9(52):3-10.
- Simonds Saw and Steel Co. 1986. Hechos interesantes para los aserraderos. Simonds Saw and Steel Co. 31 p.
- Williston, M.E. 1976. Lumber Manufacturing. The Design and operation of Sawmills and Planer Mills. Miller Freeman Publications, Inc. EUA. 512 p.
- Williston, M.E. 1978. Saws Design Selection, Operation and Maintenance. Miller Freeman Publications, Inc. EUA. 368 p.
- Zavala Z., D. 1978. Utilización de especies tropicales en la producción de durmientes para el Metro. *Ciencia Forestal* 3(15):3-10.
- Zavala Z., D. 1981. Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, México. M.S. Thesis. University of British Columbia. Vancouver, B.C. Canada. 91 p.
- 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. Universidad Autónoma Chapingo. 50 p.
- Zavala Z., D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica. *Boletín Técnico* No. 115. Inst. Nal. Invest. For. 48 p. ♦

1 CENID-COMEF. INIFAP. SAGARPA. Progreso 5. Del. Coyoacán. México 04110 D.F. c.e.: zavalazd@msn.com.

Manuscrito recibido el 18 de febrero de 2003.
Aceptado el 7 de junio de 2003.

Este documento se debe citar como:

Zavala Z., D. 2003. Efecto del sistema de aserrío tradicional y radial en las características de la madera de encinos. *Madera y Bosques* 9(2):29-39.