

# IMPORTANCIA DEL CONTROL DE LAS DIMENSIONES DE LA MADERA ASERRADA

D. Álvarez-Lazo<sup>1</sup>; E. Andrade-Fernando<sup>2</sup>, G. Quintín-Cuador<sup>1</sup>; A. Domínguez-Goizueta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pinar del Río, Pinar del Río 20100. Cuba

<sup>2</sup>Universidad Eduardo Mondlane. Maputo. Mozambique.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo brindar algunas consideraciones para elevar los niveles de rendimiento de madera de *Pinus caribaea* var. *caribaea* mediante el uso de una estrategia para incrementar la calidad dimensional de la madera aserrada a partir del análisis de las dimensiones promedio obtenidas y la variación de corte en el aserrío.

Para lo cual se construye un programa denominado "Control" que permite determinar las dimensiones óptimas de aserrío así como la determinación de la variación en grosor.

Se observa que en los aserraderos existe un subdimensionamiento generalizado fundamentalmente en los surtidos 50, 75, 100 mm; así como una excesiva variación de aserrío. Para eliminar estas deficiencias es necesario que las acciones correctivas estén dirigidas fundamentalmente a aquellas partes de máquinas responsables de la variación de aserrado controlando los esquemas de corte seleccionados por el aserrador.

**PALABRAS CLAVES:** aserrío, eficiencia, calidad, variación

## IMPORTANCE OF DIMENSIONS CONTROL OF SAWNWOOD

### SUMMARY

The objective of this work is guided to offer some considerations to improve the levels of efficiency of wooden conversion of *Pinus caribaea* var. *caribaea* in bandsaw to use of a strategy to increase the dimensional quality of the sawn wood starting from the analysis of the behavior of the current dimensions of the same and the variation of the one sawed. We built "Control" software witch allows the determining the good dimensions of having sawed as well as the determination of the variation of having sawed. It has observed that in the sawmills 9exists an undersizing fundamentally in the selections 50, 75, 100 mm; as well as an excessive variation of having sawed. It is necessary to eliminate these deficiencies of the actions correctives witch are directed fundamentally to those parts of machines responsible with the variation of having sawed controlling the court outlines selected by the sawyer.

**KEY WORDS:** sawmill, efficiency, quality, variation

## INTRODUCCIÓN

El nivel de aprovechamiento de la materia prima en general en un aserradero depende en grado considerable de los métodos utilizados para la elaboración de la madera aserrada. Es importante mencionar que el costo de la materia prima puede sobrepasar el 60 % de los costos de producción total de los aserraderos si se incluye el costo de transporte (FAO, 1989) y por ende, si la materia prima se utiliza de forma inadecuada va a influir negativamente en la eficiencia económica del establecimiento de producción de madera aserrada.

Paralelamente a esto, el procesamiento ineficiente de la troza aumenta la necesidad de materia prima y puede conducir al incremento de la tala, con posibles afectaciones al medio ambiente.

Por lo que un aspecto importante para incrementar la eficiencia de conversión es el empleo de programas de control de dimensiones en los aserraderos. Un sistema de control de dimensiones permite determinar la dimensión óptima de corte de la madera aserrada para obtener piezas con parámetros que coinciden con las nominales, para lo cual la tolerancia en el grosor y ancho de las piezas debe

corresponder precisamente al volumen que se pierde por contracciones, por cepillado y por variación del corte en el aserrío (Brown, 1979 y Zavala, 1991). Además, el control de dimensiones al emplearse adecuadamente permite identificar y localizar problemas que se presentan en las distintas máquinas que conforman el flujo tecnológico del aserradero; así como en la operación de colocación de la troza en el carro de alimentación (Brown, 1986).

En un estudio realizado en seis aserraderos mexicanos, Zavala (1981) encontró que la utilización adecuada de métodos de control de dimensiones pudiera incrementar el rendimiento volumétrico un 4.46 % como promedio, debido al empleo de una dimensión óptima de corte menor que la dimensión actual, pero sin producir piezas con dimensiones por debajo de las exigidas en el mercado. Por otro lado, el mismo autor, mencionó que la reducción de la variación de corte en el aserrío a valores aceptables, se logra mediante la realización de ajustes correspondientes a la maquinaria.

De acuerdo con los resultados de un programa de control de dimensiones, se permite igualmente el incremento del rendimiento; corroborando los planteamientos de Denig (1990).

Los pocos estudios realizados en Cuba en esta importante temática (Pacheco y Pacheco, 1988 y Segura y Londres, 1990), están relacionados sólo con el análisis del comportamiento de las dimensiones de la madera aserrada mediante gráficos de control, empleando la metodología expuesta por García (1991), y no tienen en cuenta elementos tan importantes como la variación de aserrado.

La realización de investigaciones profundas en este campo que permiten la toma de decisiones concretas es de suma importancia no sólo para elevar la eficiencia de conversión volumétrica, sino también para mejorar la calidad dimensional de la madera aserrada en una época en la cual la competencia de la industria de la madera aserrada con otros productos es cada vez más reñida.

Teniendo en cuenta lo antes planteado, el presente trabajo tiene como objetivo brindar algunas consideraciones para elevar los niveles de eficiencia de conversión de madera de *Pinus caribaea* var. *caribaea* en aserraderos de sierras banda mediante el establecimiento de una estrategia para incrementar la calidad dimensional de la madera aserrada a partir del análisis del comportamiento de las dimensiones actuales de la misma.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El comportamiento de las dimensiones de la madera aserrada está determinado por un grupo de factores (sobre o subestimación de las dimensiones, variación de corte y dimensiones de los surtidos) que, al igual que los esquemas

de corte y troceado, los especialistas pueden transformarlos con la finalidad de aumentar la eficiencia del aserrío sin tener que realizar cambios sensibles en las tecnologías existentes; por lo que se realizó un estudio analítico de estos factores.

Lo antes expuesto es inherente sólo al grosor de la madera aserrada, factor que a diferencia del ancho y la longitud, posee gran impacto sobre el rendimiento volumétrico.

Siguiendo lo indicado por Denig (1990), se tomaron muestras de 100 piezas, 10 en cada jornada de trabajo, de cada uno de los principales surtidos (definidos por sus grosores nominales), siendo por tanto seleccionados los surtidos 13, 50, 75 y 100 mm en los aserraderos denominados Rigo Fuentes, Álvaro Barba, Francisco Donatien y los surtidos 13, 50 y 75 mm en el aserradero Tenería de Guane; todos en la provincia de Pinar del Río, ubicada en el extremo occidental de Cuba.

A cada pieza se le tomaron seis mediciones, tres en cada canto, en forma equidistante a lo largo de las mismas, teniendo el cuidado de establecer una secuencia permanente de las mediciones respecto a la dirección de salida de las piezas de la sierra (Brown, 1986 y Zavala, 1991), con el objetivo de identificar eventuales problemas en los equipos. Las mediciones se realizan con un pie de rey con precisión a la décima de milímetro, evitando nudos, pudriciones y otros defectos.

Teniendo en cuenta la complejidad y volumen de los cálculos, sobre todo en el computo de las variaciones de grosor en el aserrío cuando se dispone de una muestra grande, fue necesario encontrar una herramienta ágil y factible para el procesamiento de los datos. Para ello se confeccionó un software programado con el lenguaje Delphi ejecutable en versión Window 3.11 o superiores, el cual se basa en la formulación planteada por Brown (1986) retomada por Denig (1990) y Zavala (1991), para el cálculo de la dimensión óptima del surtido y de otros parámetros que a continuación se describen:

### Cálculo de la dimensión óptima

Para la determinación de la dimensión óptima de corte a la que debe aserrarse la madera verde para que cumpla con las especificaciones de grosor exigidas por el mercado se consideran tres tipos de tolerancias de volumen: tolerancia debido a la contracción de la madera, debido al cepillado, y al eliminar las asperezas y el mal dimensionado de las piezas:

$$D_o = \frac{DF + TC}{(1 - \%C)} + Z * St \quad (1)$$

Donde:

$D_o$  - Dimensión óptima de corte de madera verde, mm

DF - Dimensión final, mm

TC - Tolerancia por cepillado en ambos lados del surtido, mm

% C - Tolerancia por contracción de la madera, %

Z - Factor de dimensión mínima aceptable (adimensional), %

St - Variación total de aserrado, mm

$$\% C = \frac{30\% - C \cdot H_{final}}{30} * CP \quad (2)$$

Donde

% C – Tolerancia por contracción de la madera, %

$C \cdot H_{final}$  – Contenido de humedad final que la madera alcanza como resultado del secado, %

CP- Contracción promedio de la especie para un determinado plano de la madera, %

$$St = \sqrt{Sd^2 + Se^2} \quad (3)$$

donde Sd- desviación estándar del proceso de aserrado dentro de las piezas (mm); Se- desviación estándar del proceso de aserrado entre piezas (mm).

$$Sd = \sqrt{\bar{S}^2} \quad (4)$$

$$Se = \sqrt{S\left(\bar{x}\right)^2 - \frac{Sd^2}{n}} \quad (5)$$

donde

$\bar{S}^2$  - corresponde al promedio de las varianzas en grosor de las piezas

$S\left(\bar{x}\right)^2$  - representa la varianza de las medias de los grosores de cada pieza muestreada

n – número de mediciones por pieza.

Por otra parte, debemos tener en cuenta la variable

Dimensión Crítica ( $D_c$ ), que está relacionada con la dimensión de la madera verde, si se pudieran producir piezas sin variación de aserrado. La expresión matemática que posibilita determinar esta dimensión es la siguiente:

$$D_c = \frac{DF + TC}{(1 - \% C)} \quad (6)$$

Una vez confeccionado el software, los datos de las muestras fueron procesados a partir del mismo, considerando los siguientes aspectos específicos:

DF = 13, 50, 75, 100 mm; TC = 0; C = 4.30 % (se emplea el valor de la contracción tangencial de la madera de *P. caribaea var. caribaea* teniendo en cuenta los resultados obtenidos al respecto por Ibáñez (1975); Z = 5 %

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A diferencia de lo encontrado por Zavala (1981) en el aserrado de *Pinus* sp. en México, en los establecimientos objeto de estudio existe un subdimensionamiento generalizado de la madera aserrada. De acuerdo con los valores de grosor promedio de las piezas muestreadas (Cuadros 1, 2, 3 y 4), sólo en el caso del surtido 75 mm en el aserradero Rigo Fuentes se corta la madera verde con tolerancias de volumen suficientes para satisfacer las dimensiones finales reglamentadas para el mercado en relación a la dimensión óptima.

En otros casos (surtidos 13, 50, 100 mm) en el Rigo Fuentes; surtidos de 13, 50, 75, 100 mm en el Francisco Donatien y surtidos de 75, 100 mm en el Alvaro Barba, la madera se corta por encima de las dimensiones finales preestablecidas, pero no lo suficiente para compensar las pérdidas de volumen debido a la contracción y a la variación de aserrado, por lo que las dimensiones finales actuales de madera seca son inferiores y no podrán cumplir con las especificaciones del mercado siendo necesario destacar los casos de los surtidos 50, 100 mm en el Rigo Fuentes; donde a pesar de emplear dimensiones actuales de corte relativamente grandes (56.39 y 108.31 mm respectivamente) no pueden satisfacer las dimensiones finales preestablecidas por el mercado debido a las grandes variaciones de grosor que se observan en este establecimiento.

Por otra parte en los Cuadros 1, 2, 3 y 4, se presentan los resultados relacionados con la variación total de grosor; determinándose que la variación cambia de un surtido a otro, siendo notablemente mayor para los surtidos de 50, 75 y 100 mm; sin embargo, es mucho menor para piezas de 13 mm de grosor, apreciándose que en el establecimiento Francisco Donatien es el de más baja variación total de aserrado (1.89 mm), valor que de cierta manera se acerca a los encontrados por Zavala (1981) en

diferentes aserraderos mexicanos (1.42 – 2.82 mm), no obstante se encuentra ligeramente por encima de los valores 1.14 – 1.75 mm reportados por Steele *et al.*, (1992), y muy por encima de los valores 0.55 – 0.74 mm encontrados por Denig (1995), en diferentes aserraderos norteamericanos.

**CUADRO 1. Resultados de los cálculos inherentes al control de dimensiones de madera aserrada en el establecimiento Rigo Fuentes.**

Parámetros	Surtido			
	13 mm	50 mm	75 mm	100 mm
Grosor promedio, mm	13.81	56.39	83.95	108.31
Dimensión final, mm	13.00	50.00	75.00	100.00
Dimensión óptima, mm	18.37	60.25	84.80	113.50
Dimensión crítica, mm	13.58	52.25	78.37	104.49
Desviación estándar dentro de las piezas, mm	2.76	4.21	3.72	4.47
Desviación estándar entre piezas, mm	0.90	2.40	1.19	3.13
Desviación estándar total	2.90	4.85	3.90	5.46

**CUADRO 2. Resultados de los cálculos inherentes al control de dimensiones de madera aserrada en el establecimiento Álvaro Barba.**

Parámetros	Surtido			
	13 mm	50 mm	75 mm	100 mm
Grosor promedio, mm	12.38	47.50	79.79	102.44
Dimensión final, mm	13.00	50.00	75.00	100.00
Dimensión óptima, mm	16.81	58.60	85.79	111.68
Dimensión crítica, mm	13.58	52.25	78.37	104.49
Desviación estándar dentro de las piezas, mm	1.11	2.18	3.89	2.74
Desviación estándar entre piezas, mm	1.61	3.17	2.28	3.39
Desviación estándar total	1.96	3.85	4.50	4.36

**CUADRO 3. Resultados de los cálculos inherentes al control de dimensiones de madera aserrada en el establecimiento Francisco Donatien.**

Parámetros	Surtido			
	13 mm	50 mm	75 mm	100 mm
Grosor promedio, mm	13.28	53.39	76.21	102.48
Dimensión final, mm	13.00	50.00	75.00	100.00
Dimensión óptima, mm	16.70	57.84	83.86	108.96
Dimensión crítica, mm	13.58	52.25	78.37	104.49
Desviación estándar dentro de las piezas, mm	1.09	2.51	2.93	2.21
Desviación estándar entre piezas, mm	1.54	2.27	1.57	1.58
Desviación estándar total	1.89	3.39	3.33	2.71

**CUADRO 4. Resultados de los cálculos inherentes al control de dimensiones de madera aserrada en el establecimiento Tenería de Guane.**

Parámetros	Surtido		
	13 mm	50 mm	75 mm
Grosor promedio, mm	18.67	49.86	74.87
Dimensión final, mm	19.00	50.00	75.00
Dimensión óptima, mm	23.76	55.81	82.26
Dimensión crítica, mm	19.85	52.25	78.37
Desviación estándar dentro de las piezas, mm	1.59	1.88	1.92
Desviación estándar entre piezas, mm	1.76	1.08	1.37
Desviación estándar total	2.37	2.16	2.36

Como es lógico, la gran variación de corte en el proceso de aserrío que se manifiesta en los surtidos 50, 75, 100 mm es resultado de las variaciones excesivamente grandes que ocurren dentro de las piezas y entre piezas. A este respecto, el análisis de los datos de cada surtido permite emitir dos consideraciones fundamentales:

1. La gran variación de grosor dentro de las piezas se debe no sólo a las desviaciones excesivas de la hoja de sierra respecto a su trayectoria normal, sino también a la deficiente alineación de las escuadras del carro, lo que propicia la obtención de todas las piezas interiores (piezas pegadas a las escuadras del carro) con notable defecto de cuña hacia una sola dirección y de piezas exteriores (piezas alejadas de la escuadra del carro) libres o aleatorias afectadas por este defecto hacia una u otra dirección.

Teniendo en cuenta que, de acuerdo con los esquemas de corte empleados en los aserraderos de banda, una proporción considerable de piezas de los surtidos 50, 75, 100 mm son interiores, es obvio que se espere de ellos una gran variación de grosor dentro de las piezas. Contrariamente a esto, la madera aserrada del surtido 13 mm exhibirá menor variación dentro de las piezas ya que éstas son afectadas apenas ligeramente y al azar por este defecto hacia ambas direcciones.

2. La gran variación de grosor que se observa entre piezas, también en los surtidos 50, 75, 100 mm se debe también a las imprecisiones cometidas por el aserrador que en muchas ocasiones proyecta esquemas de cortes que tienden a subdimensionar o a sobredimensionar las piezas interiores, las cuales llegan a alcanzar grosores actuales de 5 mm o más por encima o por debajo del grosor promedio, según se ilustra en los Cuadros 1 y 2. Sin embargo, teniendo en cuenta que las piezas del surtido 13 mm son exteriores, la precisión en la asignación de

dimensiones actuales es relativamente mayor, lo cual explica una menor variación entre piezas.

De lo anterior se deduce que la alineación adecuada de las escuadras del carro y la observación de precaución en la proyección de los esquemas de corte permite reducir de forma sensible la variación de aserrado en los surtidos 50, 75, 100 mm.

Para el caso del surtido 13 mm, teniendo en cuenta que la variación dentro de las piezas es notablemente superior a la variación entre piezas en el aserradero Rigo Fuentes, sucediendo lo contrario en los establecimientos Álvaro Barba y Francisco Donatien, la variación total del proceso en este surtido pudiera reducirse emprendiendo la acción correctiva fundamentalmente en aquellas partes de los equipos responsables de la variación dentro de las piezas (mantenimiento de las hojas de corte) en el primer caso, y responsable de la variación entre piezas (sistema de retroceso y avance de las trozas en el carro, mecanismo de sujeción de las trozas en el carro entre otros) en el segundo caso, de acuerdo con lo expresado por Casado (1997), lo que igualmente, permitirá el incremento de la producción de madera aserrada a partir de la utilización de la misma cantidad de madera en rollo como materia prima.

Por otra parte, debemos establecer que el empleo del programa denominado "Control" obtenido en esta investigación para la determinación de las dimensiones óptimas de la madera aserrada (Figura 1) en dependencia de los diferentes factores analizados; así como el análisis de la variación de grosor en los diferentes aserraderos cuestionados, ha demostrado que se trata de una herramienta factible y adecuada para tomar decisiones dirigidas a aumentar los rendimientos de madera aserrada.

Por otra parte, este programa crea condiciones para una mejor relación hombre-máquina lo que proporciona comodidad al usuario durante el trabajo, rapidez en el manejo de datos y ficheros así como en la realización de los cálculos.

## CONCLUSIONES

Los aserraderos contemplados en el estudio se caracterizan por una gran variación de corte en el aserrío, que puede propiciar la disminución de la eficiencia del proceso de conversión de madera aserrada; por lo que es necesario realizar reparaciones en la maquinaria que lo requiera, de acuerdo con la magnitud y naturaleza de la variación de grosor detectada.

La madera aserrada producida no cumple con las exigencias del mercado consumidor en relación con las

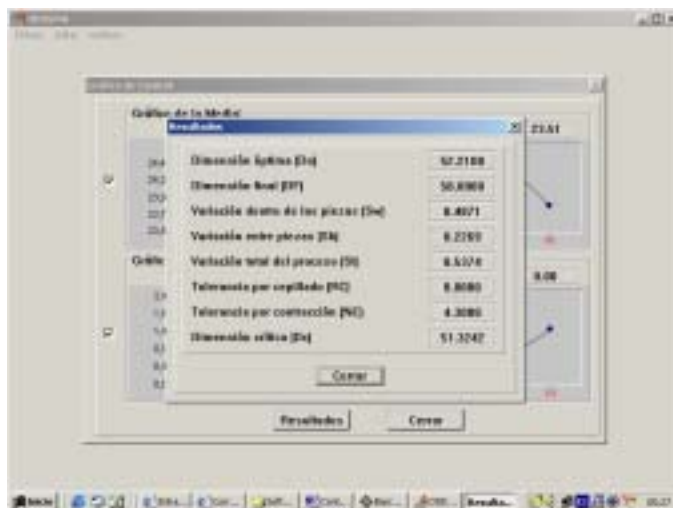


FIGURA 1. Elementos del programa "Control".

dimensiones exigidas; por concepto de subdimensionamiento de los surtidos.

La gran variación de grosor dentro de las piezas para los surtidos 50, 75 y 100 mm se puede reducir mediante la alineación adecuada de las escuadras del carro y la correcta proyección de los esquemas de corte, con lo que aumenta la eficiencia del proceso de transformación mecánica de la madera en rollo.

El programa "Control", constituye una herramienta factible para el monitoreo del proceso de aserrío, posibilitando la toma de decisiones en relación al dimensionado de la madera aserrada y la variación de grosor en el aserrío.

## LITERATURA CITADA

- BROWN, T. D. 1979. Determining lumber target sizes and monitoring sawing accuracy. *Forest Product Journal*. 29(4): 48-54.
- BROWN, T. D. 1986. *Lumber size control*. Forestry Business. College of Forestry. Oregon State University. USA. 16 pp.
- CASADO, M. M. 1997. *Tecnología de las industrias forestales*. Tomo I. Serie Forestal 26. Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. 191 pp.
- DENIG, J. 1990. *Control de la calidad en aserraderos de pino del sur*. North Carolina Cooperative Extension Service. 47 pp.
- DENIG, J. 1995. *Hardwood sawing fundamentals: key to increasing dollar recovery*. North Carolina Cooperative Extension Service. 16 pp.
- FAO. 1989. *Cuidado y mantenimiento de sierras*. Estudios FAO Montes 58. Roma. 117 pp.
- GARCÍA, R. 1991. *Normalización, metodología y control de la calidad para la industria ligera*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad Habana. 947 pp.
- IBÁÑEZ, A. 1975. *Informe sobre nueve especies maderables cubanas*. Instituto de Investigaciones Forestales. Ministerio de la

Agricultura. Ciudad Habana. Cuba. 55 pp.

PACHECO, M. M; PACHECO, P. 1988. Análisis del comportamiento de la producción de madera aserrada en el establecimiento Álvaro Barba utilizando gráficos de control. Universidad de Pinar del Río. 80 pp.

SEGURA, N. A.; LONDRES, L. 1990. Análisis del comportamiento de la producción de madera aserrada en el establecimiento La Jagua utilizando gráficos de control. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 35 pp.

STEELE, P, H.; EL-RADI, T.; BULLARD, S. H. 1992. Direct comparison

of processing technology in hardwood and softwood saw-mills. *In: Proceedings of Structural Panels and Composites Lumber Symposium.* USA. p 7.

ZAVALA, D. 1981. Análisis of the sawmilling practices in the State of Durango, Mexico. Master Theses. British Columbia University. Vancouver, Canadá. 91 pp.

ZAVALA, D. 1991. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Serie de apoyo académico 44. Universidad Autónoma Chapingo. 49 pp.