

# MODELO DE PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO

*RODRIGO ROMERO ROMERO*<sup>1</sup>

*MARIO POBLETE GRANDÓN*<sup>2</sup>

*FELIPE BAESLER ABUFARDE*<sup>3</sup>

Universidad del Bío-Bío, Concepción - Chile

## RESUMEN

El presente artículo resume el desarrollo de un modelo de apoyo a la toma de decisiones para la programación de la producción de aserraderos, el cual permite evaluar los efectos económicos y operacionales de los pedidos a elaborar. Tales decisiones resultan importantes por sus consecuencias económicas y operacionales para las empresas de este sector, representando este un problema de carácter genérico para la industria maderera. El modelo formulado tiene como objetivo maximizar la utilidad por producto elaborado a partir de una clase diamétrica de trozo, considerando restricciones de capacidad y abastecimiento.

En una primera instancia, se efectuó una definición y levantamiento de la información, considerando variables y parámetros propios de la línea de producción de un aserradero tipo. A partir de lo anterior, se elaboró el modelo de optimización que busca maximizar la utilidad por producto.

Posteriormente, se planteó la formulación de algoritmos y heurísticas de programación de los pedidos, considerando las variables y factores que influyen en las decisiones de programación del sistema.

Finalmente, se procedió a la validación del modelo, a partir de los resultados obtenidos con programas procesados sin contar con el modelo, con el fin de evaluar las desviaciones operacionales y económicas que se obtienen con el uso del modelo.

## 1. INTRODUCCIÓN

El problema central se origina en la función de planificación y programación de los aserraderos, al momento de decidir el pedido por fabricar, ya que se deben considerar los rendimientos de la materia prima, de manera tal que se optimice el aprovechamiento y rentabilidad del aserradero. De ahí la necesidad de contar con una herramienta que permita apoyar las decisiones de programación de la producción de un aserradero, decisiones que resultan complejas por el gran número de variables involucradas que hacen que los efectos de la programación tengan repercusiones de índole económicas y operacionales. Esta es una problemática crítica para las unidades productivas, por cuanto la errónea programación tiene efectos importantes en el aspecto operacional, como son: la pérdida de eficiencia, productividad y aprovechamiento de la materia prima, con su incidencia en los costos de producción. En la perspectiva económica, los efectos que se observan son en la utilidad marginal, obtenida de cada producto, debido principalmente a que al emplear materia prima no adecuada para la elaboración del mismo, no se optimiza su aprovechamiento, incidiendo en la rentabilidad del negocio.

<sup>1</sup> Depto. Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Chile.  
e-mail: rromero@ubiobio.cl

<sup>2</sup> Depto. Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Chile.  
Fono: (56-41) 731380

<sup>3</sup> Depto. Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad del Bío-Bío, Chile.  
e-mail: fbaesler@ubiobio.cl

## 2. METODOLOGÍA

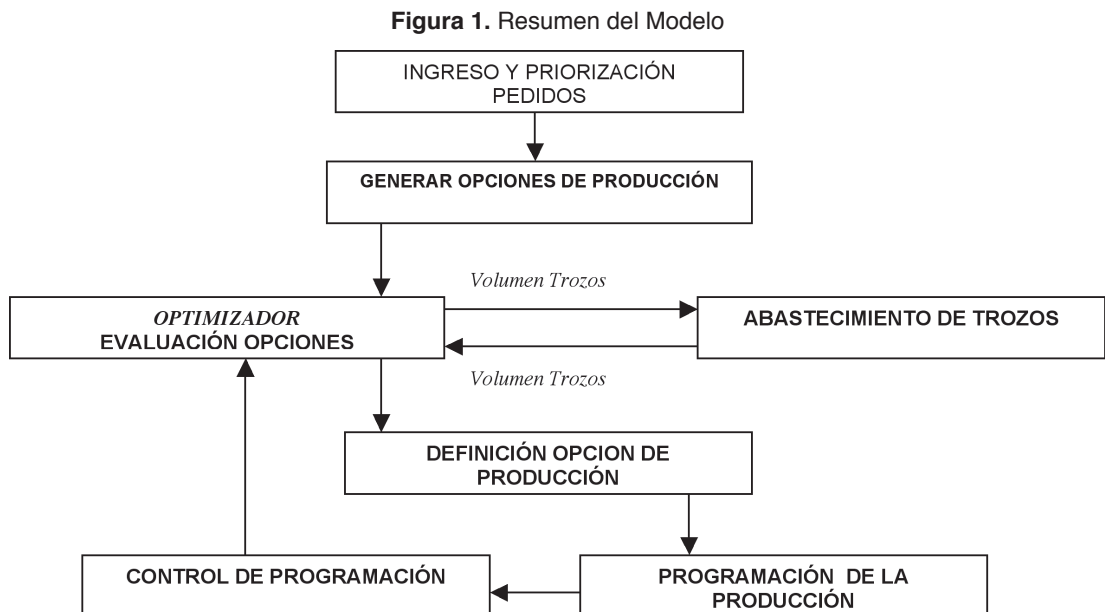
En una primera etapa, se elaboró la definición y levantamiento de información, considerando variables y parámetros propios de la línea de producción real del aserradero. Una segunda etapa contempló una revisión bibliográfica de los contenidos del presente estudio, investigando modelos y estudios de aplicaciones, que han resuelto problemas genéricos en el ámbito de la programación y secuenciamiento en procesos industriales, de manera de detectar posibles congruencias de métodos y modelos elaborados por otros investigadores, con la finalidad de ser referentes para el desarrollo del modelo.

A partir de las fases anteriores, se plantea la formulación y desarrollo de algoritmos o heurísticas de programación, considerando las variables y factores que se deben incluir para la programación del sistema real, y finalmente una fase de validación del programa.

## 3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El diseño del modelo se estructura en tres etapas: recepción y priorización de pedidos, definición y evaluación de las opciones de producción y programación de la producción.

Estas tres etapas, tienen por objetivos maximizar la rentabilidad en la producción de los pedidos y evitar desviaciones operacionales, que puedan generar posibles atrasos en la fecha de entrega de los pedidos. En la figura 1 se presenta un esquema del modelo propuesto.



### Recepción y priorización de pedidos

En esta etapa, se incorporan todos los elementos que definen un pedido como son fecha de entrega, precio de venta (US\$/m<sup>3</sup>), dimensiones y volumen. Luego éstos son priorizados según su fecha de entrega, para planificar los pedidos con fecha de entrega más cercana. Los pedidos seleccionados ingresan a la etapa de generación de opciones de producción.

## Definición y evaluación de las opciones de producción.

Antes de definir y evaluar las opciones de producción es necesario caracterizar el aserradero, en función de su capacidad instalada de producción, clases diamétricas, cantidad de líneas de producción, alturas de cortes y espesores, especificaciones técnicas de corte y dimensionamiento de piezas, productividades de trozos aserrados según su clase diamétrica.

En la etapa de opción de producción, se definen las alternativas de cortes asignadas a distintos trozos, con el fin de generar más de una solución en el proceso de elaboración de las piezas principales y coproductos, soluciones a ser evaluadas en un optimizador. Este optimizador evalúa el conjunto de soluciones, considerando la utilidad del trozo asociado al pedido, los volúmenes necesarios de trozos para su elaboración y su correspondiente disponibilidad de materia prima. Luego, las soluciones con mejor retorno económico y que sean factibles, pasarán a la fase de programación. La utilidad de los trozos asignados a los pedidos será la variable de decisión económica, y en el aspecto operacional, la variable crítica es la fecha de entrega del pedido.

Una restricción importante del modelo es la fecha de recepción y volumen disponible de trozos por clase diamétrica, para poder programar la elaboración del pedido. En este sentido el análisis estadístico del proceso de abastecimiento reveló que el stock de trozos se ajusta a una distribución de probabilidades (1), condición que permite modelar la recepción de trozos diaria, definiendo una función matemática, para ser incorporada como restricción en el modelo de optimización.

Los autores Mendoza y Gertner (2), en la publicación "Expert systems: a promising tool in wood products manufacturing", describen un modelo de optimización que, en conjunto con el modelo de evaluación económica del trozo citado anteriormente, permite el modelamiento de las decisiones de producción, mediante una programación lineal.

A partir del modelamiento anterior se elaboró el modelo de optimización, que resuelve el problema de programación a través de programación lineal (3). Este permite evaluar la dimensión económica y operacional de cada una de las alternativas de producción. Para ello, se utiliza un software de optimización, que determina las opciones de producción óptimas según su clase diamétrica. El modelo matemático se presenta a continuación.

**Maximizar:**

$$\sum_j \sum_i R_{ij} X_{ij} \quad (3)$$

Sujeto a :

$$\sum X_{ij} \leq 1 \quad \text{Opciones de producción excluyentes} \quad (4)$$

$$\sum_j VTTA_{ij} X_{ij} \leq Y_{ik} \quad \text{Restricción Abastecimiento} \quad (5)$$

Donde:

**X<sub>ij</sub>** : Variable binaria que denota la opción de producción con el trozo de diámetro i asociado al pedido j

**R<sub>ij</sub>** : Utilidad del trozo de diámetro i asociado al pedido j

**VTTA<sub>ij</sub>** : Volumen total de trozos de diámetro i asociados al pedido j

**Y<sub>ik</sub>** : Disponibilidad de trozos de diámetro i hasta el día k

## Programación de la producción

Finalmente, en la etapa de programación de la producción, se emplean heurísticas de programación y secuenciamiento (4), para ordenar los pedidos que serán elaborados por el aserradero, esta programación, incorpora la aleatoriedad del abastecimiento de la materia prima, modelándolo como un proceso que se comporta según una función de distribución, definida por la media y desviación estándar del volumen recepcionado de trozos por día.

Luego se establece un criterio de priorización de pedidos, basado en las holguras de tiempo del pedido, esta holgura se define como la diferencia entre la fecha de entrega, el tiempo de proceso del pedido dentro del aserradero, el tiempo de elaboración restante y el tiempo de setup de la línea de producción. De este modo, se programan pedidos en función a las holguras disponibles por pedido, y la disponibilidad de trozos por clases diamétricas para su fabricación.

## 4. RESULTADOS

El análisis de resultados determinó que existía un incremento en la rentabilidad de los pedidos al optimizar la asignación de materia prima para la elaboración de un pedido, también se determinaron las acciones necesarias al momento de programar la producción, de manera de cumplir con las fechas de entrega propuestas, la heurística determina cuando es necesario realizar un cambio en la opción de producción de modo de no generar desviaciones en la fecha de entrega del pedido y disminuciones en la rentabilidad del pedido.

La validación realizada con datos históricos del sistema permitió comparar las opciones de producción programadas por personal del aserradero, con las propuesta por el modelo, las cuales, consideran las disponibilidades de trozos y el retorno económico

## 5. CONCLUSIONES

En diversos sectores productivos, el proceso de planificación y programación no está acompañado de herramientas de programación que permitan eficiencia y eficacia en el desarrollo de sus operaciones, por lo cual es un campo abierto a la aplicación de la investigación de operaciones en dichos sectores.

El modelo propuesto brinda una herramienta de programación que integra las distintas variables presentes en la decisión, que incluyen aspectos operacionales y económicos en la evaluación de las opciones de producción de un pedido, focalizando el análisis en el impacto en la rentabilidad de la empresa, generando considerables reducciones de tiempo en el proceso de planificación.

Los desarrollos en el estudio de funciones de abastecimiento, en conjunto con los modelamientos de los aserraderos, pueden generar la automatización de la toma de decisiones de producción, con lo cual, se garantizan menores tiempos de planificación y análisis de los efectos económicos y operacionales frente a la generación de nuevos escenarios.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. **Sim, H.; Govett ; Morris.** 1991. "Lineal Programming Model for the Conversion of Small Hardwood Logs into Furniture shorts", Part 2. Probabilistic Extension of the Basic Linear Programming Models, *Forest Products journal*, 41 (10), 76-80
2. **Mendoza, G.; Gertner.** 1988. "Expert Systems: a Promesing Tool in Wood Products Manufacturing", *Forest Products Journal* , 38 (2), 51-54
3. **Coello, C.** 2002. "Evolutionary algorithms for solving multi-objective problems "

4. **Lawler.** 1976. "Sequencing to minimize the weighted number of tardy jobs ". *Recherche Operationnel*, 27-33
5. **Maness, T.; Darius.** 1991. "The Combined Optimization of log bucking and sawing strategies". *Wood and fiber*, 23 (2), 296-314
6. **Moore.** 1968. "An job, one machine sequencing to minimizing the number of late jobs." *Management Science*, 15, 102-109
7. **Pinedo ; Chao.** 1999. Operations Scheduling with applications in manufacturing and services
8. **Baptiste, P;** 1999. "Polynomial time algorithms for minimizing the weighted number of late jobs on the single machine with equal processing times". *Journal of Scheduling*, (2) 245-252
9. **Carino, H.; Willis D.** 2001 . *Forest products Journal*, 51 (4), 37-53

Copyright of Revista Ingenierí;a Industrial is the property of Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del Bio-Bio and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.