



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Forestales

**Evaluación de defectos y determinación
del aprovechamiento a nivel
de remanufactura en *Pinus radiata* D. Don**

Patrocinante: Sr. Alfredo Aguilera L.
Co-Patrocinante: Sr. Luis Inzunza D.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para
optar al Título de **Ingeniero en
Maderas.**

PAMELA IVALU VILCHES ZURITA

VALDIVIA
2005

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Alfredo Aguilera L.	6.4
Co-patrocinante:	Sr. Luis Inzunza D.	6.1
Informante:	Sr. Mario Meneses V.	5.9
Informante:	Sr. César Pino S.	5.7

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Alfredo Aguilera L.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y hermano por el sacrificio que hicieron durante este largo e importante periodo de mi vida y por la paciencia que me tuvieron.

En especial agradecimiento a mi papá que esta muy lejos y que debe estar contento por el gran logro que realizó su niña.

A mi familia por el constante apoyo que me brindo durante este periodo tan importante de mi vida.

A todos mis amigos por motivarme día a día para terminar este proyecto y a todos aquellos que han estado ya sea cerca o lejos de mí.

Agradecimientos a Dr. Alfredo Aguilera y Sr. Luis Inzunza, por su valiosa colaboración en la realización del presente trabajo.

Agradecimientos a Sr. César Pino y Sr. Mario Meneses, por los aportes brindados en el desarrollo de este documento.

Agradecimientos a la empresa ARAUCO S.A, planta Valdivia, por el aporte del material utilizado y la cooperación prestada durante la ejecución del trabajo y en el desarrollo del trabajo.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEORICO	3
2.1 Características de la troza	3
2.1.1 Madera libre de nudos	3
2.2. Madera aserrada	5
2.2.1 Aprovechamiento de la materia prima	7
2.2.2 Porcentaje de aprovechamiento (PA)	8
2.2.3 Reglas Madereras	8
2.2.3.1 Regla de cubicación de rollizos Smalian	8
2.2.3.2 Regla de cubicación de rollizos JAS	9
2.3 Clasificación de la madera	10
2.3.1 Moulding & Better	10
2.3.2 Grado Shop	10
2.3.3 Grado Rip	12
2.3.4 P 99	13
2.4 Productos de remanufactura	14
3 DISEÑO DE INVESTIGACION	16
3.1 Materiales	16
3.1.1 Material	16
3.1.2 Equipos	16
3.2 Método	17
3.2.1 Toma de muestras	17
4. RESULTADOS Y DISCUSION	21
4.1. Cubicación de los trozos	21
4.2. Volumen aserrado verde por productos	22
4.3. Volumen aserrado seco por producto	25
4.4. Proceso de remanufactura	28
4.4.1. Selectiva	28
4.4.2. Trozado	29
4.4.3. Finger	32
4.4.4. Proceso de moldurera	33
5. CONCLUSIONES	38
6. BIBLIOGRAFÍA	40

ANEXOS

- 1 Abstract.
- 2 Cortes para clasificar Shop1, Shop 2 y Shop 3
- 3 Atributos naturales y de proceso de la madera para Shop1, Shop 2, Shop 3 y P99
- 4 Especificaciones de calidad para Block, Rip clear, Cutstock, Moldura y Blank
- 5 Aprovechamiento para el área de remanufactura en los diferentes procesos

RESUMEN EJECUTIVO.

La madera de *Pinus radiata* D. Don, que se utiliza en el área de aserrío y remanufactura, es clasificada mediante inspección visual, por lo cual, se juzga el aspecto para su uso final considerando los defectos naturales y las imperfecciones de elaboración de cada tabla.

Con el propósito de conocer el aprovechamiento de la madera a nivel de aserrío y remanufactura, se tomaron 575 trozos de *Pinus radiata* D. Don, procesados en Aserraderos Arauco S.A. planta Valdivia, los trozos provenientes del predio "El Descanso" de propiedad de la empresa Forestal Valdivia.

Se determina el aprovechamiento de la materia prima de los diferentes productos y subproductos generados en el área de aserradero hasta la obtención de molduras en planta de remanufactura Valdivia.

El estudio permite identificar los volúmenes obtenidos para los diferentes productos en cada etapa del proceso.

Además se determina el aprovechamiento segmentado por tipo de proceso e índice de rechazo generado en el área de aserrío y remanufactura.

A partir de este análisis se concluye que el aprovechamiento de los trozos es el siguiente:

En el área de Aserradero se obtuvo un aprovechamiento del 60%.

- Madera central 36.5%
- Madera lateral 23.8%
 - Moulding & Better 8.2%
 - Calidad España 2.3%
 - Calidad Shop PC 11.6% (*)
 - Calidad Rip PC 1.7%

(*) Parte de este porcentaje ingresa a remanufactura.

En remanufactura se obtuvo un aprovechamiento del 68%, cuya madera proviene de la Calidad Shop PC y que se desglosa en:

- Rip Saw 93%
- Trozado 83%
- Finger 94%
- Moldurera 93%

Palabras claves: *Pinus radiata* D.Don, proceso de aserrío, área remanufactura y coeficiente de aprovechamiento.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques de coníferas de gran importancia económica en el país, como son los de pino insigne son plantaciones sometidas a manejo intensivo que muestran una alta homogeneidad, (Loetsch *et al.* 1973). Sin embargo estas prácticas de manejo aún no cubren grandes superficies, como ocurre en la provincia de Valdivia, por lo tanto la demanda de madera de pino insigne (*Pinus radiata* D.Don) en remanufacturas ha ido creciendo tanto para el mercado nacional como internacional, ya que se requiere de un conocimiento de la calidad de la materia prima para obtener productos de mejor calidad y mayor valor agregado.

Durante los últimos años la actividad forestal se ha constituido en el segundo de los sectores productivos más importantes de la economía chilena, con un aporte de US\$ 2540 millones que corresponden al 2.7% del Producto Interno Bruto (PIB) Nacional.

En la actualidad la gama de productos que se obtiene de la madera es inmensa. La industria del aserrío ha evolucionado de tal manera que la unión de pequeñas piezas forma otra más grande y con características distintas, es algo muy común hoy en día.

Los productos de la industria manufacturera secundaria de la madera se caracterizan por ser la de mayor crecimiento actual en el país, predominando el concepto de valor agregado por volumen de producción, por este motivo esta industria, está tomando una mayor relevancia debido a la tendencia de generar productos con mayor valor agregado.

Los productos de madera destinados a usos de remanufactura generalmente se clasifican según el porcentaje de “cortes” limpios de tamaño estándar que pueden obtenerse de una pieza después de aserrarla paralela y perpendicularmente a la fibra para eliminar defectos y otras características naturales negativas. Estos cortes se conocen como cortes limpios económicos en la industria maderera y se emplean para ventanas, puertas, muebles, molduras, cajas y carpintería blanca. También son ideales para operaciones de pegado por los bordes, con empalme de pegamento y producción de material laminado.

La industria de remanufactura está basada en madera sólida, donde se utiliza principalmente el pino insigne, proveniente de plantaciones. Entre los principales productos elaborados por las industrias de remanufactura se destacan madera cepillada (S2S y S4S), Blocks, Blanks, molduras, Blanks laminados y paneles, entre los más importantes.

La remanufactura de madera ha sido considerada por muchos aserraderos como una opción muy atractiva para mejorar la competitividad entre ellos, mejorando el aprovechamiento de la materia prima al procesar material con defectos, eliminándolos para reconstituir las piezas y así poder obtener productos clear.

El presente trabajo tiene por objetivo general, la determinación del aprovechamiento de la materia prima a nivel de remanufactura en ***Pinus radiata*** D.Don.

Para cumplir con el objetivo general, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el porcentaje de aprovechamiento por clase de diámetro.
- Calcular el aprovechamiento en el área de aserrío.
- Formular índices de aprovechamiento, segmentado por: tipo de proceso e índices de rechazo.
- Calcular el aprovechamiento de los diferentes productos y cuantificar los defectos generados por el trozado.
- Calcular el aprovechamiento de los productos semi terminados.
- Calcular el volumen de los productos finales y compararlos con el volumen inicial, para poder conocer el aprovechamiento a nivel de remanufactura.

2. MARCO TEORICO

2.1 Características de la troza

En la literatura examinada relativa al tema se encontraron diversas variables que caracterizan una troza y que tienen alguna relación con el aprovechamiento de la madera aserrada y específicamente con el aprovechamiento de volumen libre de nudos.

Para obtener un mayor aprovechamiento a nivel de remanufactura hay que tener presente las características de las trozas que presentan dos aspectos importantes que nos ayudan a evaluar su calidad.

Las características internas (Largo de internudo) que es la más importante, debido que aquella determina la cantidad de madera libre de defectos (nudos) que se pueden obtener de una troza, ésta sólo se puede evaluar una vez que la troza es procesada en el aserradero.

Las características externas que se dividen en dos grupos:

- Forma: Según Kollmann (1959) la forma cónica del fuste, es decir, la asimilación de este a un cono, éste depende de la especie, edad, altura del tronco, estación y sobre todo densidad y en que lugar creció.
- Tamaño: Según Whiteside, (1983) las variables más importantes a medir en la troza son: Largo, Diámetro menor descortezado y Diámetro mayor descortezado.

En muchos casos las características externas pueden servir como guía para conocer la calidad de las trozas.

2.1.1 Madera libre de nudos

La madera libre de nudos es uno de los productos que presenta una buena alternativa por sus características de calidad, factibilidad de comercialización y producción.

La madera libre de nudos es aquella que no presenta ningún tipo de defecto, con características homogéneas de estructura y color.

Para aumentar el crecimiento en el diámetro de los árboles para la cosecha final y así producir una cantidad satisfactoria de madera libre de nudos en el menor tiempo posible, es necesario que cualquier actividad de poda vaya acompañada de intervenciones de raleo.

La poda artificial puede definirse como la extracción o eliminación de las ramas que no influyen en forma efectiva en el desarrollo de los árboles, con el objeto de mejorar la calidad de la madera (Velasco, 2003).

Uno de los objetivos de la intervención de poda y raleo es maximizar el diámetro de cosecha final para lograr la producción de madera libre de nudos y restringir la inevitable zona nudosa a un diámetro mucho menor al que se encuentra en condiciones naturales.

Al poseer una madera libre de nudos se tendrá un mayor aprovechamiento del trozo al término del proceso y también se obtendrá una amplia variedad de usos finales especialmente en aquellos productos donde la apariencia es importante.

2.2 Madera aserrada

La denominación de madera aserrada hace referencia a las maderas que son cortadas en sentido longitudinal, que pueden presentar forma de vigas, tablonés, tablas, listones. A su vez esta madera es utilizada para obtener subproductos dentro del mismo proceso de aserrado. Prácticamente todas las especies forestales son utilizadas para producir madera aserrada. En Chile la mayor parte de ésta se obtiene principalmente de pino insigne y en menor parte de especies nativas (Raulí, Tapa, Coigüe).

Brown y Miller (1975), han determinado que la calidad de la madera aserrada disminuye cuando la calidad de las trozas no es buena y que el coeficiente de aserrío se reduce con el aumento de los defectos de las trozas. Los trozos con curvatura generan menos madera que los rectos, para la misma categoría diamétrica y longitud. Brown y Mollet establecieron que por cada incremento de 0.1 en la relación torcedura/diámetro, se reduce el coeficiente de aprovechamiento hasta en un 7% comparado con trozos rectos y que el tiempo de aserrío incrementa en un 40%.

Según Lagos (2004) los principales factores que afectan el grado de aprovechamiento de la madera aserrada están referidos a:

- Factores de la materia prima:
 - Diámetro de las trozas
 - Largo de las trozas
 - Grado de conicidad
 - Grado de curvatura de la troza
 - Grado de sanidad
 - Características anatómicas de la especie

- Factores del proceso:
 - Tipo de máquinas
 - Tipos de piezas; madera floreada o cuarteada
 - Dirección de corte; paralelo al eje o paralelo a la corteza
 - Tipo de corte; corte único o corte en basa
 - Ancho de los canales de corte y sobredimensión de los productos
 - Amplitud de los rangos de clasificación diamétrica
 - Errores de centrado frente a las máquinas

- Factores que dependen de los productos aserrados:
 - Escuadrías
 - Largos
 - Sobremedidas
 - Calidades
 - Complementariedad entre las escuadrías
 - Complementariedad entre volúmenes y calidades

De todos los factores que afectan el aprovechamiento de la madera, el que tiene mayor relación con el coeficiente de conversión es el factor de la materia prima, por lo tanto, se explicaran a continuación.

Diámetro de las trozas: El aprovechamiento de la madera crece con el diámetro del trozo. No es nada raro que el aprovechamiento de un trozo de 20 cm sea alrededor de 50%, mientras que el aprovechamiento para un diámetro de 30 cm este más cerca de 60%. Por tanto, queda claro que una distribución de diámetros con un diámetro medio de 32 cm. influirá sobre el aprovechamiento de la materia prima de manera diferente de una distribución con un diámetro promedio de 18 cm.

Largo de las trozas: Trozas cortas requieren de más trabajo para su manipulación y la influencia de los tiempos muertos en la alimentación de las máquinas aumenta en comparación a trozas largas. Sin embargo con el aumento del largo, aumenta la curvatura de los trozas.

Grado de conicidad El efecto de la conicidad es más notorio para diámetros menores y según el largo. El volumen aprovechable tiende a ser menor, obteniendo tablas más delgadas, angostas y cortas; y el tiempo de aserrado aumenta.

Grado de curvatura de la troza: La curvatura tiene un efecto muy directo en cuanto al valor del aprovechamiento ya que la madera no se puede aprovechar en las curvas para sacar productos y por otro lado dicha madera cuenta en el cálculo del volumen del trozo.

Además trozas curvadas requieren más tiempo para su posicionamiento correcto en la máquina de aserrado y muchas veces causan dificultades y pérdidas de tiempo en el transporte y manejo mecanizados de ella.

Grado de sanidad Defectos internos de la madera y presencia de nudos disminuye el aprovechamiento de la troza.

Cada trozo tiene distintas calidades. A veces, los productos que han sido pedidos, no necesariamente corresponden a las calidades que se encuentran. Por lo cual hay que sacrificar el volumen producido y utilizar patrones de corte que no son óptimos.

Características anatómicas de la especie: La resina de algunas maderas se licua producto del calor de fricción que se produce por el corte, ensuciando las hojas de la sierra y formándose una mezcla de aserrín y resina sobre la superficie de los elementos de corte, la cual causa aún más calor, haciendo que las hojas pierdan rigidez y precisión de corte.

2.2.1 *Aprovechamiento de la materia prima*

El alto costo de las trozas es un factor muy importante para un aserradero, conjuntamente con la obtención de un alto aprovechamiento durante el proceso de aserrío, por lo que se hace necesario realizar un aserrío muy eficiente controlando los factores que afectan el aprovechamiento (Mezzano, 1998).

El aprovechamiento de la madera es la obtención de la máxima utilidad de la materia prima que ingresa al proceso y que sale de éste como producto terminado o bien como un subproducto, este es medido en porcentaje. Ejemplo: El aprovechamiento del trozado es la máxima utilidad que le sacan a la madera en buenas condiciones.

Según Kawas (1975), al relacionar el volumen bruto y el volumen de madera aserrada obtenida, se detecta un 44.5% de rendimiento de los trozos, éste porcentaje es bajo, debido al mal mantenimiento de las maquinas y a una mala capacitación de los operarios.

Según Lagos, J. (1998) el aprovechamiento de madera aserrada total varía entre 35 y 65 % con un promedio para la muestra de 52 %. Lo cual es bastante alto si se compara con un 44.5% obtenido por Velasco (1992), pero no tanto si se contrasta con 58.8% de Olivares y Meneses (1992) y 60.4% obtenido por Mena (1998).

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 la madera.

Se ha determinado que el porcentaje de aprovechamiento aumenta con el diámetro de los trozos, variando de 40 a 43% para trozos de 25 a 30 centímetros y de 58 a 65% para trozos de 60 a 70 centímetros (Lagos, R. 2004).

Como se puede ver del año 1975 a 2004 el aprovechamiento de los trozos ha ido en aumento, esto se debe, según la literatura revisada, que la industria de aserrío ha ido incorporando nuevas tecnologías (maquinarias), haciendo una buena mantención a éstas, contratando personal calificado, capacitando al personal constantemente y preocupándose de que la materia prima tenga un manejo forestal (poda y raleo).

Para obtener un óptimo aprovechamiento de la materia prima, se debe elegir el método de corte que produzca el máximo aprovechamiento de la troza y el máximo retorno para poder cubrir los gastos.

El diagrama de corte es una de las variables más relevantes en el aprovechamiento de la madera, ya que se ha demostrado que cambios en las formas de corte provocan significativas variaciones en dicho aprovechamiento (Lagos, 2004).

2.2.2 Porcentaje de aprovechamiento (PA).

El porcentaje de aprovechamiento, es una medida del volumen de madera que se obtiene del volumen total de las trozas procesadas.

$$PA = \frac{VM}{VT} * 100 \quad (\%)$$

Donde:

PA, Aprovechamiento porcentual de madera (%).

VM, Volumen de madera aserrada (m³).

VT, Volumen de madera procesada (m³).

2.2.3 Reglas Madereras

Una regla maderera es la planificación tabulada de los rendimientos en madera aserrada que se pueden obtener de trozos aserrables de acuerdo a un diámetro y largo respectivo.

En lo que respecta al cálculo de rendimiento del proceso de aserrado, la cubicación de los rollizos es de suma importancia, puesto que la referencia es la cantidad de madera que se procesó como trozas.

2.2.3.1 Regla de cubicación de rollizos Smalian

La formula de volumen Smalian permite calcular el volumen de madera que contiene una troza sin efectuar deducciones por tapas o anchos de corte.

$$Smalian = V = \frac{(a + A)}{2} * L \quad (m^3)$$

Donde:

V, Volumen de la troza (m³)

L, Largo de la troza (m)

A, Área de la sección del diámetro mayor (m²)

a, Área de la sección del diámetro menor (m²)

2.2.3.2 Regla de cubicación de rollizos JAS

La Regla de cubicación de rollizos JAS, es el sistema de cubicación mas común ya que se utiliza en los principales aserraderos.

El cálculo del volumen para largos de trozas menores a 6 metros. Se obtiene de la siguiente manera.

$$V = D^2 * L * 10^{-4} \text{ (m}^3 \text{ s.s.c)}$$

Donde:

V, Volumen de la troza (m³ s.s.c).

D, Diámetro menor del rollizo sin corteza (cm).

L, Largo aproximado a los 20 cm inmediatamente inferior de la medida real (m).

2.3 Clasificación de la madera

La denominación de madera aserrada hace referencia a las maderas que son trozadas en sentido longitudinal, que pueden presentar forma de vigas, tablones, tablas, listones, etc. A su vez esta madera es utilizada para obtener subproductos dentro del mismo proceso de aserrado.

Para llegar a los mercados internacionales, la madera aserrada debe tener características estandarizadas, que se basan en la norma WWPA (Western Wood Products Association) que es adaptada por la empresa de acuerdo a los requerimientos de los clientes, las clasificaciones más usadas son: Mouldig & better, España, Rip, Shop y P99.

2.3.1 *Moulding & Better*



Figura 1. Moulding & Better

Madera de pino insigne, de aprovechamiento industrial seca con y sin cepillar, que se obtiene de los cortes laterales de los rollizos; piezas de ancho variable y largo fijo.

Cada pieza contiene en su peor cara, 67 % en cortes clear de una pulgada de ancho mínimo, por diez pies de largo mínimo. En piezas menores a diez pies, el largo clear debe ser del largo de la pieza.

2.3.2 *Grado Shop*

Madera de pino insigne, que se obtiene de los cortes laterales de los rollizos; piezas de ancho variable y largo fijo.

La clase Shop se clasifica en función de los defectos que afectan su uso como componentes de puertas y ventanas (Ver anexo 2), según patrones de corte predeterminados. Los grados de Shop 1 y 2 se determinan por el porcentaje útil del área de cada pieza en los cortes de tamaño y calidades mínimas.

Las dimensiones del Shop son:

Espesor: 5/4" – 6/4"

Ancho : >6", ancho variable

Largos : 8' – 16'

Existen 2 grados de calidad de la madera Shop.

CALIDAD 1: Están libres de defectos en ambas caras, excepto de una mancha café muy leve que no afecte sus usos naturales o una traza de corteza o resina apenas perceptible.

CALIDAD 2: Admite una de las siguientes características:

- Resina o traza de resina: Una traza de resina pequeña pero evidente que no forme un defecto pronunciado.
- Grietas: Una o más grietas pequeñas de no más de 1/32" (0,8mm) de ancho y 4" (102mm) de largo, que en un conjunto no excedan 8" (204mm) de largo.
- Nudo: Un nudo pequeño, vivo, que no exceda 5/8" (16mm) de diámetro.
- Bolsillo: Un bolsillo de corteza de 1/8" (3,2mm) x 1" (25,4mm) o varios cuando son proporcionalmente pequeños o menos pronunciados, o un bolsillo de resina muy pequeño de 1/16" (1,6mm) de ancho y 3" (76,2mm) de largo o 1/8" (3,2mm) de ancho y 2" (50,8mm) de largo, por una cara solamente.
- Mancha: Mancha azul que no afecte las terminaciones naturales y/o mancha café, que aún cuando pueda afectar su uso para terminaciones naturales, no afecte productos pintados.

Shop 1

Para que una pieza sea Shop 1 (figura 2) debe tener un 50 a un 70% de aprovechamiento calidad 1 y se permite un larguero calidad 2. (Anexo 2)

Shop 2

Cada pieza de Shop 2, ver figura 2, debe ser de 13 pies de largo y contener como mínimo los siguientes porcentajes de cortes para puertas.

- 25% del área de la tabla debe ser calidad 1.
- 33.3% del área de la tabla debe tener una mezcla de calidad 1 y 2.
- 40% del área de la tabla debe ser calidad 2.

Shop 3

Cada pieza tiene en su peor cara 30% en corte de puerta mixto, de ventana, marcos o cortes de molduras de dos pulgadas de ancho por diez pies de largo. El shop 3 (figura 2) es materia prima ideal para la obtención de Cutstock y Block.

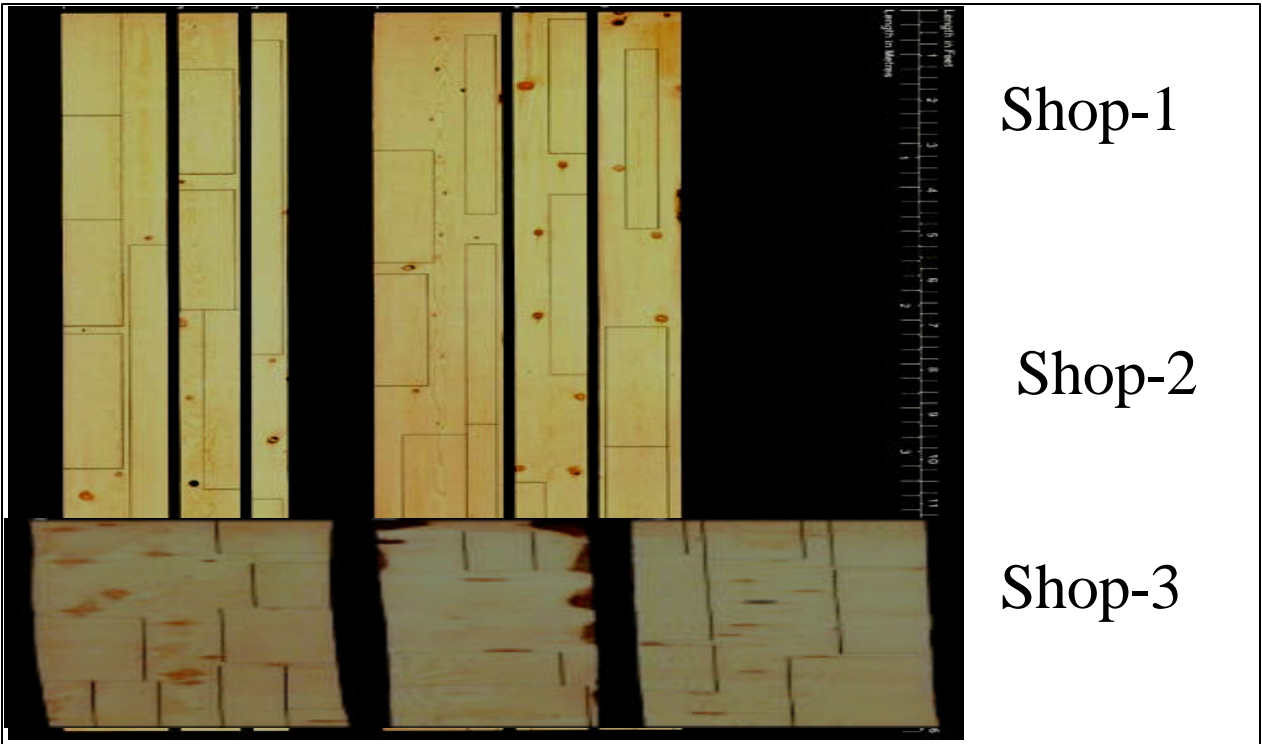


Figura 2. Producto Shop

En el anexo 3, se encuentran los atributos naturales y de proceso de la madera, que permite este producto, según la norma WWPA que es adaptada por Aserraderos Arauco para ancho variable, 2002.

2.3.2 Grado Rip

Madera dimensionada de pino insigne, obtenida de los cortes laterales de los rollizos. Los paquetes son de piezas de ancho fijo, ver figura 3.

Rip 1

Cada pieza contiene en su peor cara, 67 % en cortes clear de una pulgada de ancho mínimo, por diez pies de largo mínimo. En piezas menores a diez pies, el largo clear debe ser del largo de la pieza. Los cortes son Calidad 1. Ideal para la fabricación de paneles y molduras sólidas.

Rip 2

Cada pieza contiene en su peor cara 50% del área en cortes de Calidad 1 del ancho de la pieza por veinte (20") pulgadas de largo. Este producto es adecuado para la obtención de Custock y entrega en forma natural una parte de su volumen en block.

Rip 3

En promedio las piezas contienen en su peor cara 65% en cortes de Calidad 1 y 2 y adicional Finger-Joint del ancho de la pieza por seis (6") pulgadas de largo. No se aceptan piezas con un rendimiento inferior a 50% del largo. Este producto es adecuado para la obtención de block.

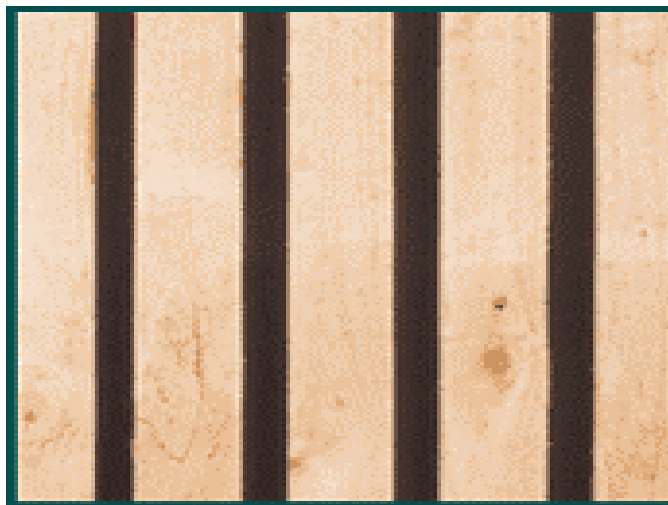


Figura 3. Rip

2.3.4 P 99

Cada pieza contiene en su peor cara, 50 % en cortes Finger-Joint de calidad N°1 y N°2 y/o adicional Finger-Joint, de 9 pulgadas de largo por 2,5 pulgadas de ancho.

Este producto es adecuado, cuando se busca obtener sólo block con materia prima de menor rendimiento.

Las dimensiones del P 99 son:

Espesor: 5/4" – 6/4"

Ancho : >6", ancho variable

Largos: 8' – 16'

En el anexo 3, se encuentran los atributos naturales y de proceso de la madera, que permite P99, según la norma WWPA que es adaptada por Aserraderos Arauco para ancho variable, 2002.

2.4 Producto de remanufactura

La madera de pino insigne que se utiliza en el área de remanufactura, se obtiene de los cortes laterales de los rollizos; piezas de ancho variable y largo fijo, que se caracteriza por ser madera de buen rendimiento industrial y ser madera sin medula. Esta madera se utiliza en puertas, ventanas, revestimientos, decoración, etc.

La clasificación que ingresa a remanufactura es Shop 3 y P 99, esta clasificación se hace de acuerdo al aprovechamiento que tenga la pieza.

Blocks

Este producto es obtenido en el trozado de Rips (Shop 3 y P99), madera generalmente libre de nudos, dimensionada en espesor, ancho (escuadría) y de largo variable. El largo mínimo estándar para la producción de blank normalmente no tiene restricción de largo, pero en general se trabaja con un largo mínimo de 5" por restricción de máquina y con largo máximo de 18" el espesor va a depender de la exigencia del producto que se quiera fabricar.

Se utilizan para fabricar Blanks con uniones finger-joint, para producir molduras o paneles.

Rip Clear

Es un producto obtenido en el trozado de Rips, dimensionado en espesor, ancho y largo. Se utiliza para la fabricación puertas, muebles y productos sólidos.

Cutstock

Producto obtenido en el trozado de Rips (Shop 3 y P 99), dimensionado en espesor, ancho y largo. El largo del Cutstock es de 21" hasta 42". Se utiliza para fabricar puertas, ventanas y muebles, como también se utiliza como materia prima para la producción de Paneles y Molduras (sólido – finger). Según el producto final tiene distintas restricciones de calidad.

Blanks

Madera dimensionada en espesor, ancho y largo obtenida de la unión Finger Joint de Blocks por sus extremos. De acuerdo a la ubicación de los dientes se definen Blanks con unión en cara o Blanks con unión en el canto.

En el anexo 4, se encuentran las especificaciones del Blocks, calidad Rip clear, Custock y Blank, según la norma WWPA que es adaptada por Aserraderos Arauco para productos internos.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Materiales

3.1.1 Material

Para llevar a cabo el estudio se trabajó con trozas de ***Pinus radiata*** D. Don semi podadas provenientes del predio “El Descanso” de propiedad de la empresa Forestal Valdivia.

La muestra consistió de 575 trozos de 5 metros de largo distribuidos entre las clases diamétricas 30 a 36 cm.

3.1.2 Equipos

Para la ejecución del estudio se trabaja con las siguientes maquinarias:

- **Descortezador:** El descortezador es de disco y utilizado para sacar la corteza del trozo para su posterior aserrío.
- **Sierras:** Sierra huincha doble en máquina principal y circulares en máquina secundaria.
- **Cámara de Secado:** La cámara de secado que se utilizó es marca Hildebrand Convencional Acelerada con una capacidad de carga de 100 m³.
- **Cepilladora:** Máquina que se emplea para calibrar dos o más lados en un sólo paso de trabajo. Se utiliza para lograr superficies homogéneas y con ello la base para el segundo paso de elaboración mediante calibrado de espesor o similar.
- **Rip Saw:** Sierra circular múltiple que tiene una sierra fija y otra ajustable, con el fin de regular los distintos anchos de acuerdo al aprovechamiento de la pieza o bien al producto final que se obtiene. Dimensiona en el ancho.
- **Trozado:** Sierra circular que hace cortes perpendiculares a la orientación de la fibra, con el fin de obtener piezas libres de defectos (Blocks). Dimensiona en el largo.
- **Finger:** Es una fresa que permite hacer dientes de entre 5 y 12 mm., luego posee una encoladora generando uniones dentadas de gran resistencia, con el fin de obtener uniones dentadas y así poder formar los Blanks.
- **Moldurera:** Máquina fresadora, que se emplea para diferentes trabajos de fresado para piezas rectas o curvas, que le da un perfil determinado a la pieza.

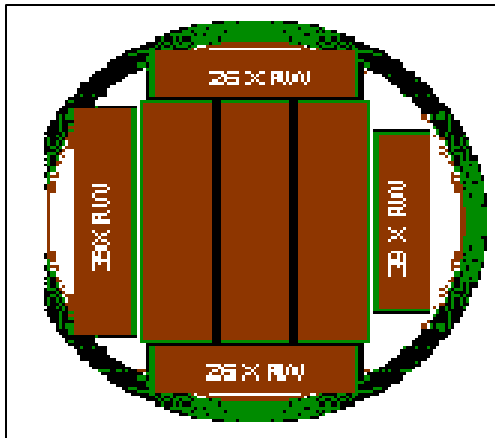
3.2 Método

3.2.1 Toma de muestra

Los trozos seleccionados fueron descortezados y luego cubicados según norma JAS.

Posteriormente los trozos son aserrados considerando bs siguientes diagramas de corte para las diferentes clases de diámetro:

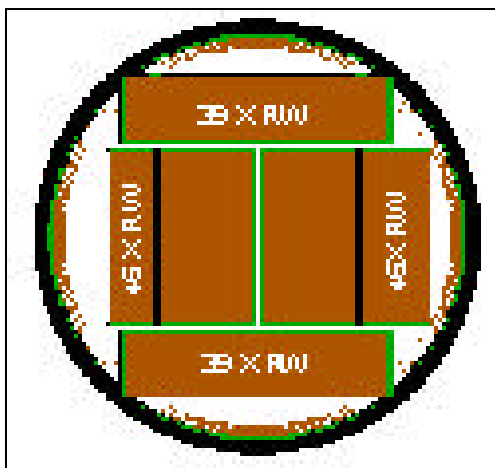
Diámetro 30



Laterales RBS de 26 mm
Laterales Vislanda de 39 mm

Figura 4. Diagrama de corte para diámetro 30.

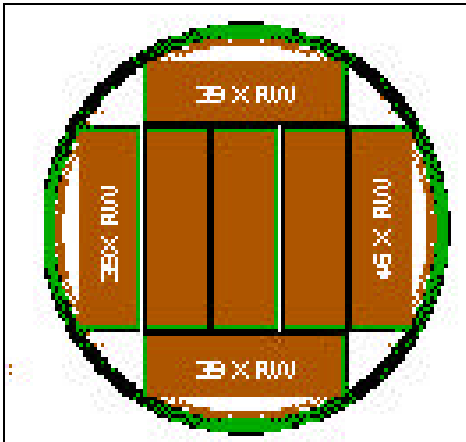
Diámetro 32



Laterales RBS de 39 mm
Laterales Vislanda de 46 mm

Figura 5. Diagrama de corte para diámetro 32.

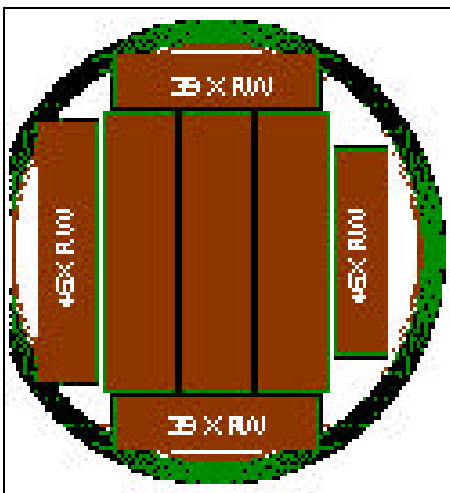
Diámetro 34



Laterales RBS de 46 mm
Laterales Vislanda de 39 y 46 mm

Figura 6. Diagrama de corte para diámetro 34

Diámetro 36



Laterales RBS de 39 mm
Laterales Vislanda de 46 mm

Figura 7. Diagrama de corte para diámetro 36

Donde

- RW, Ancho variable
 - En Moulding el ancho va de 152 a 355 mm.
 - En Rip el ancho va de 77 a 152 mm.
 - En España el ancho va de 102 a 152 mm.
 - En Shop el ancho va de 152 a 355 mm.
-
- Laterales RBS, laterales provenientes de la maquina principal, que es una Sierra huincha doble.
 - Laterales Vislanda, laterales provenientes de la Sierra circular múltiple.

La clasificación consideró:

Ancho variable para Moulding & Better, Shop PC (Shop por clasificar) y rechazo.
Ancho fijo para España, Rip PC (Rip por clasificar) y rechazo.

Además toda la madera es procesada sin despuntar y la clasificación es de manera visual.

Según Aguilera (2004), la metodología consistió en:

Los trozos fueron descortezados e ingresados al proceso de aserrío.

Después del aserrío, se envió a secado la madera lateral, debiendo cuantificarse los volúmenes tanto laterales como centrales. Esta última no sigue el estudio.

La madera lateral seca fue cepillada y entonces clasificada, se identificó volumen por producto y aprovechamiento, para luego continuar el proceso el Shop 3 y P99 que ingresa a planta de remanufactura.

En remanufactura se trabajó con dos espesores 6/4 y 5/4 los cuales pasaron por las etapas de selectiva, trozado, finger y moldurera. En cada etapa se cuantificó el porcentaje de aprovechamiento según calidad y además los porcentajes de rechazos.

Para poder controlar el aprovechamiento de la materia prima en cada proceso, lo primero que hay que hacer es registrar todos los datos de interés de la materia prima, como el diámetro y largo de los trozos para el caso del aserrío, y para el caso de los otros procesos registrar el volumen de entrada y salida de la materia prima.

Con los datos obtenidos es importante calcular el volumen entrante a cada proceso (selectiva, trozado, finger y moldurera), para así poder compararlo con el volumen saliente de cada proceso, que es el input – output de cada etapa del proceso.

De esta forma se puede calcular el factor de aprovechamiento para cada etapa del proceso, que es el cociente entre el volumen entrante con el saliente multiplicado por 100, siendo el resultado en porcentaje y donde se puede analizar la pérdida de madera por cada proceso.

En la figura 8 es posible apreciar de forma esquemática la descripción del proceso productivo, en sus distintas etapas de producción, indicándose los puntos de control.

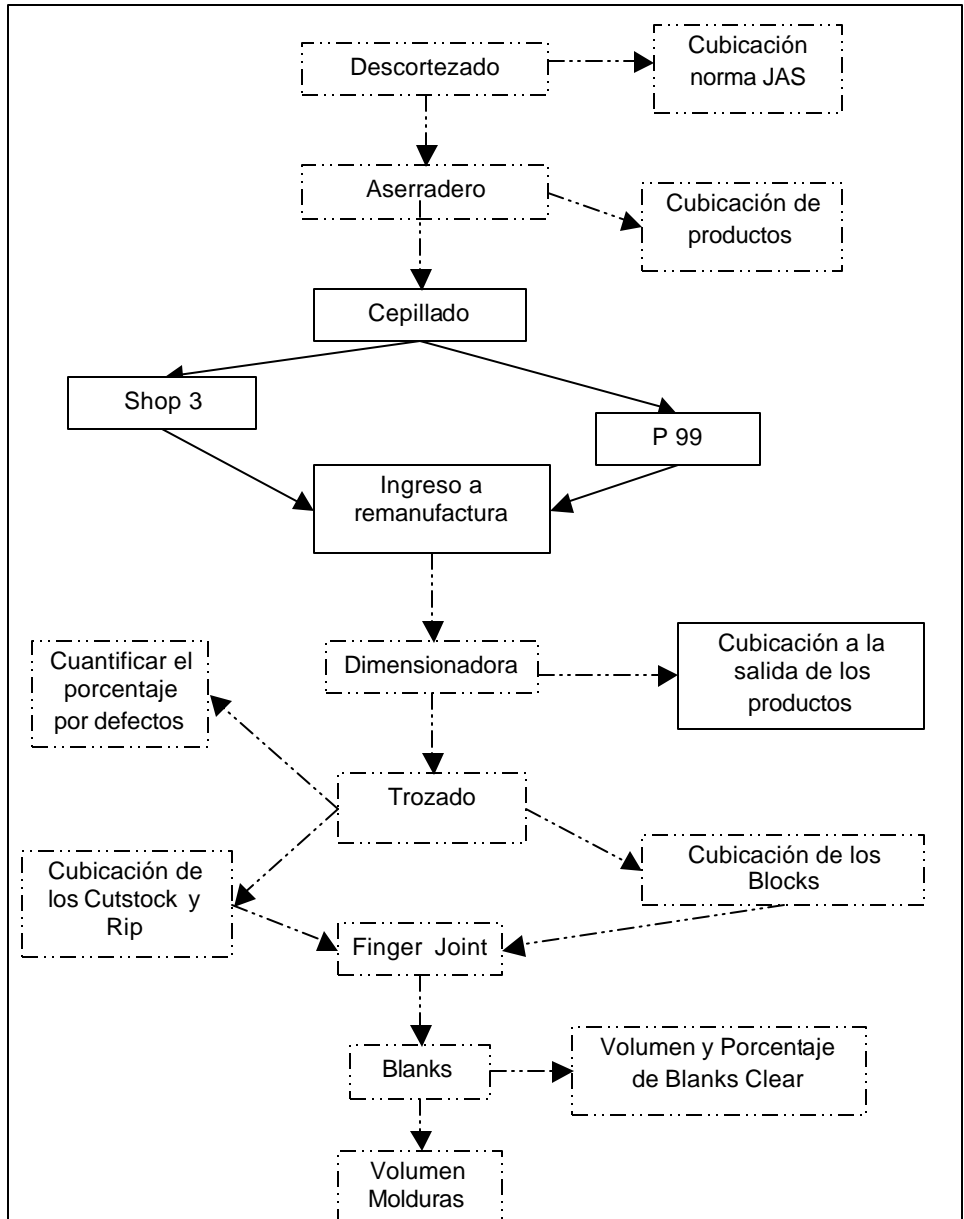


Figura 8. Diagrama del flujo productivo.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Cubicación de los trozos

El volumen de trozos que ingresó al proceso se caracterizó de la siguiente manera (cuadro N°1).

Cuadro N°1: Características de la muestra de trozos en estudio.

Largo	5 (m)	Volumen JAS (m ³)
Diámetro (cm)	Cantidad trozos	
30	185	83,25
32	173	88,58
34	145	83,81
36	72	46,66
Total	575	302,29

La información proporcionada por este cuadro es de vital importancia ya que es la base para todos los cálculos posteriores de porcentaje de aprovechamiento. Un error en la transferencia de esta información generará entonces un sesgo en los resultados, por ello su manejo y control en cuanto a la exactitud y precisión de la información es un aspecto que merece especial atención.

En este estudio se consideró el volumen JAS, ya que es un valor nominal de volumen apropiado en el ingreso de los trozos a cancha. Sin embargo, la exactitud de esta medición no es la adecuada dada la subestimación que otorga en el volumen, por eso es interesante su uso al momento de la compra de los trozos. Por ello es necesario indicar que los resultados generados con JAS entregan valores más altos que los reales en el aprovechamiento final de los diferentes productos.

4.2 Volumen aserrado verde por productos

Considerando el volumen obtenido anteriormente se procede a determinar los aprovechamientos por producto y clase diamétrica los que se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 2: Volumen por producto y clase diamétrica.

Clase diamétrica (cm)	30	32	34	36	Total (m ³)	Total %	Total m ³ Lateral
Volumen de rollizos (m ³)	83,25	88,57	83,81	46,65	302,29		
Moulding & Better	4,14	7,80	7,55	5,21	24,70	8%	23,8%
España	4,69	1,10	0,74	0,32	6,85	2,27%	
Shop PC	5,50	11,02	11,00	7,54	35,06	11,6%	
Rip PC	1,44	1,84	1,07	0,91	5,26	1,7%	
Mexico	34,69	31,85	29,72	14,17	110,43	36,5%	
Total (m ³)	50,46	53,61	50,08	28,15	182,30		
Total %	61%	61%	60%	60%	60%		

Del cuadro 2 se puede observar que los porcentajes de aprovechamiento de los diámetros 30 y 32 son levemente mayores que aquellos de las clases diamétrica 34 y 36. Esto se debe que para las cuatro clases de diámetro, se utilizó el mismo diagrama de corte, no optimizado, por lo cual hubo una mayor pérdida de madera en las clases superiores.

Además los porcentajes para madera lateral son bajos, alcanzando un 8% el producto moulding & better y un 36.5% la madera central. El aprovechamiento para los 575 trozos alcanzó un promedio de 60 % considerándose el volumen inicial determinado con JAS.

En la figura 9 se puede ver que los porcentajes de aprovechamiento del volumen lateral es de 23.8% y del volumen central es de 36.5%, lo que da un aprovechamiento total del 60.3%.

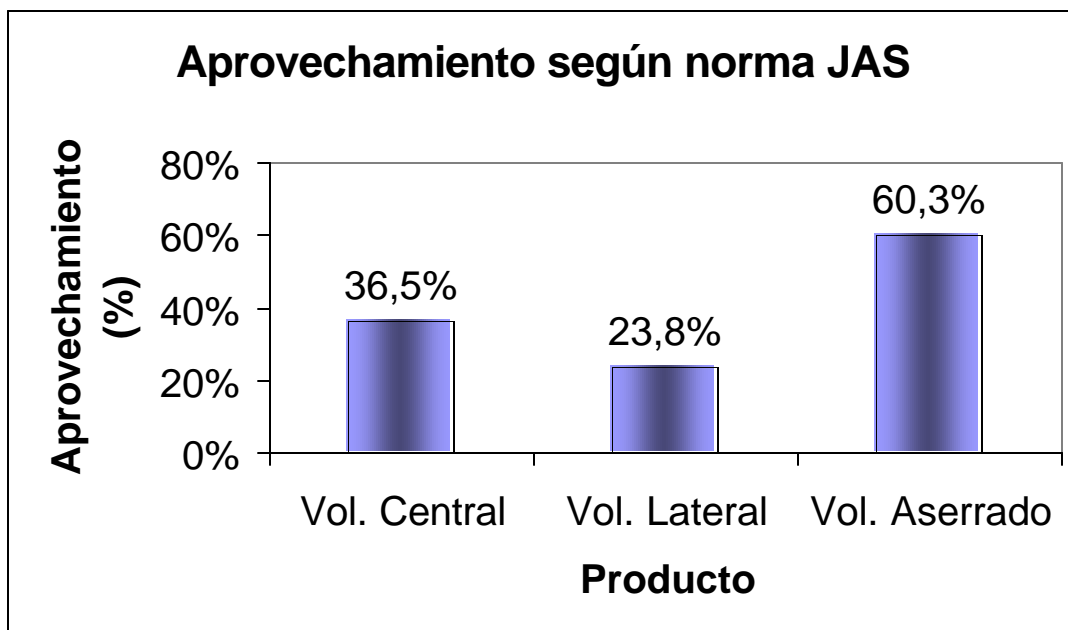


Figura 9. Porcentajes de aprovechamiento central, lateral y total.

Esto se puede considerar un aprovechamiento levemente alto, ya que generalmente el aprovechamiento en la línea de aserrío es de un 50 – 55% de aprovechamiento, pero también hay que tener presente que los cálculos que se hicieron son en base a la cubicación JAS lo que hace que se subestimen los valores. (Lagos, 2004).

Cuadro N°3: Volúmenes y porcentajes de aprovechamiento por producto.

	m ³	%		m ³	% Lateral	% Total
Vol. Trozos	302,292		Vol. Lateral			
Vol. Aserrado	182,3	60,3%	Vol. M&B	24,7	34,4%	8,2%
Vol. Central	110,43	36,5%	España	6,85	9,5%	2,3%
Vol. Lateral	71,9	23,8%	Shop PC	35,06	48,8%	11,6%
			Rip PC	5,26	7,3%	1,7%
			Total	71,87	100,0%	23,8%

Según el cuadro N°3 se puede observar que el aprovechamiento de madera lateral fue de un 23.8%, donde el Moulding & Better alcanzó un 8.2% con respecto al volumen de trozos el que a su vez representa un 34.4% del volumen lateral. Este porcentaje de aprovechamiento de Moulding & Better se puede considerar bajo, ya que los trozos utilizados provienen de bosques semi podados, lo que hace que se obtenga un menor porcentaje de madera libre de defectos. Este producto es el de mejor calidad que se puede obtener de un trozo, lo que da un mayor retorno a la empresa por el alto valor que puede alcanzar.

Además, del presente cuadro se puede ver que los productos que se destacan con un mayor aprovechamiento son Moulding & Better con un aprovechamiento de 8.2% y Shop PC con un aprovechamiento del 11.6%. Cabe mencionar que parte del volumen Shop PC ingresa al proceso de remanufactura.

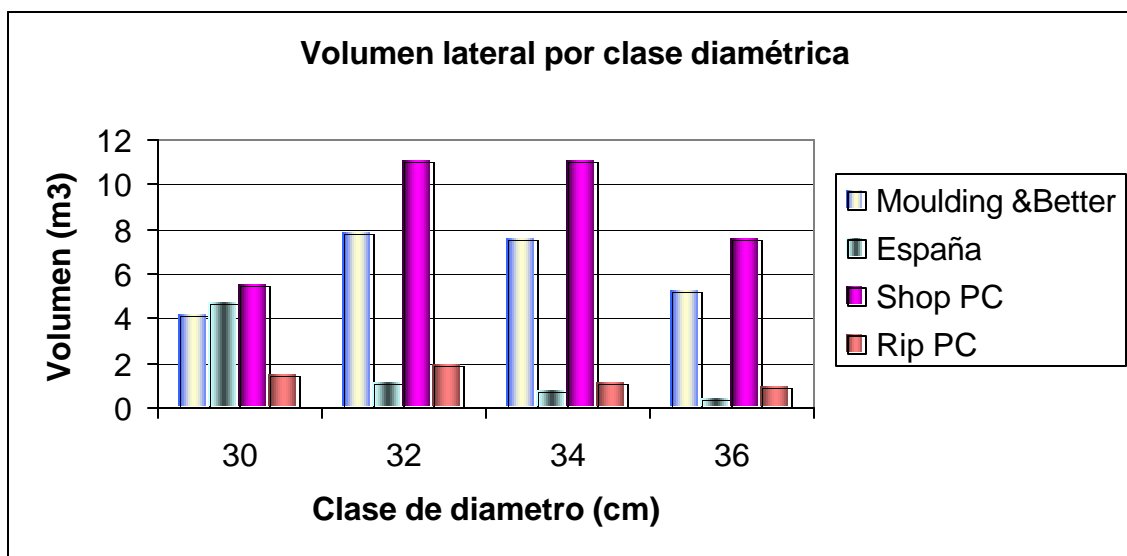


Figura 10. Volumen por producto y clase diamétrica.

En la figura 10 se puede ver que el producto Rip PC tiene bajo impacto sobre los volúmenes, no viéndose influenciado por las clase de diámetro. El producto España obtuvo mayor volumen en clases bajas, aminorando fuertemente su participación con el incremento de los diámetros. Moulding & better y Shop PC muestran las mayores participaciones en volumen con máximos en clases 32 y 34 (**Nota** : los volúmenes obtenidos por producto y clase de diámetro no necesariamente reflejan una tendencia ya que dependen de la optimización de los diagramas de corte los que sí están directamente relacionados con las clases, los resultados confirman que se obtiene un mayor porcentaje global de aprovechamiento al incrementar el diámetro del trozo pero la configuración de los productos puede variar).

4.3 Volumen aserrado seco por producto

De los productos obtenidos en el proceso de aserrío el Shop PC fue el que siguió en el estudio ya que parte de éste es el que ingresa al proceso de remanufactura.

La información disponible para los productos secos indica dos espesores 5/4 y 6/4 de pulgada y entrega el porcentaje de participación por producto y tipo de defecto.

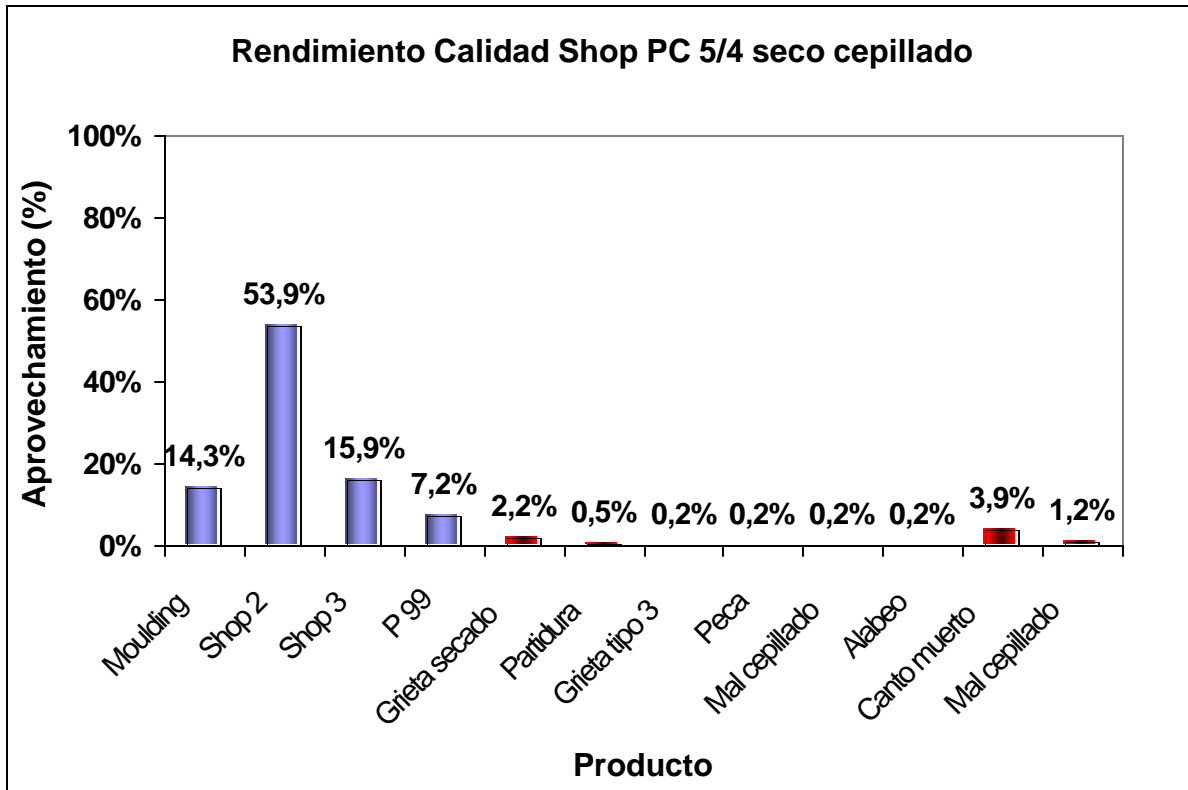


Figura 11. Aprovechamiento para calidad Shop PC 5/4 seco cepillado.

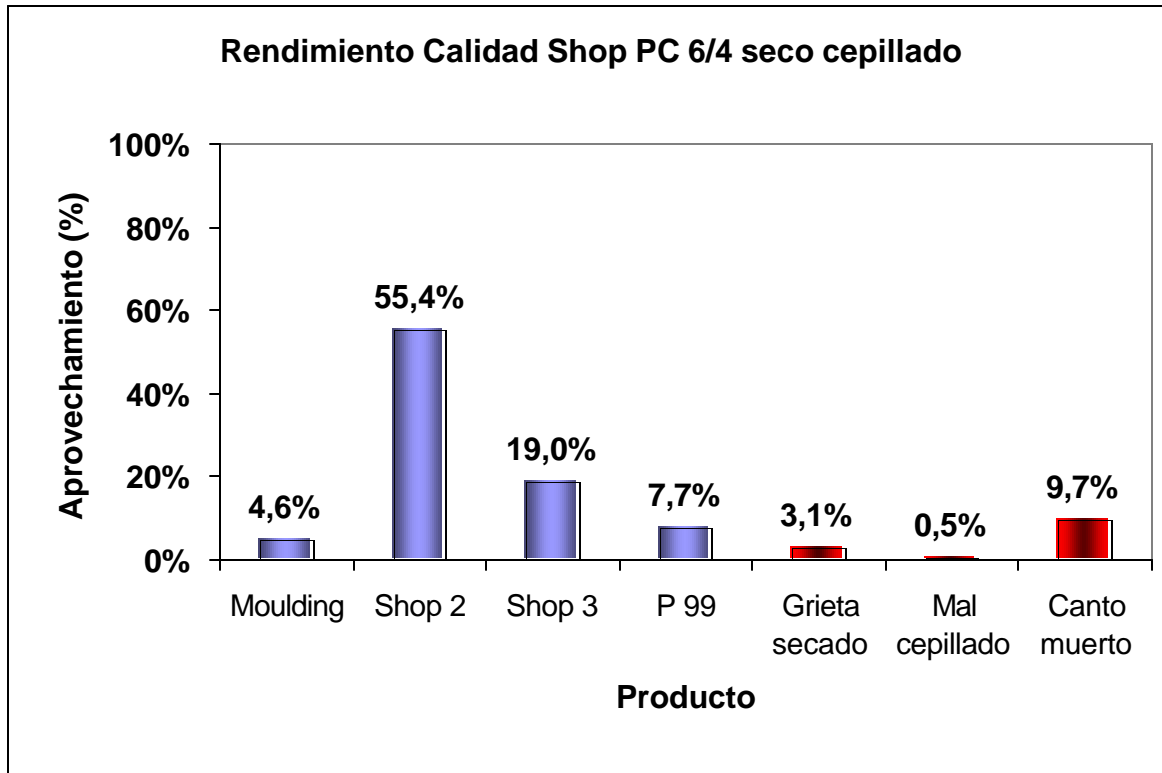


Figura 12. Aprovechamiento para calidad Shop PC 6/4 seco cepillado.

De las figuras 11 y 12 se puede decir que hay una mayor cantidad de piezas 5/4 que de 6/4 pero éstas presentan una menor cantidad de defectos. La materia prima que sigue el estudio y que es de nuestro interés hacia remanufactura es Shop 3 en 5/4 un 15.9 % y 19 % en 6/4, y P99 con 7.2 % en 5/4 y 7.7 % en 6/4.

Los principales defectos observados son canto muerto y grieta de secado tanto para 5/4 como para 6/4.

En proceso de cepillado no se pudo obtener los valores en metros cúbicos por producto, solo se recibió información para 5/4 de 6.13 m³ y para 6/4 4.07 m³, los cuales corresponden al volumen de Shop 3 más P99, la suma de ambos valores es de 10.2 m³.

Se puede entonces deducir el aprovechamiento considerando que el volumen Shop PC obtenido fue de 35.06 m³, luego sólo clasifica para remanufactura 10.2 m³ lo que corresponde a un 30 % del volumen inicial de Shop PC.

Observación: los productos de color rojo (grieta de secado, partidura, grieta tipo 3, peca, mal cepillado, alabeo, canto muerto) no clasifican para ninguna calidad.

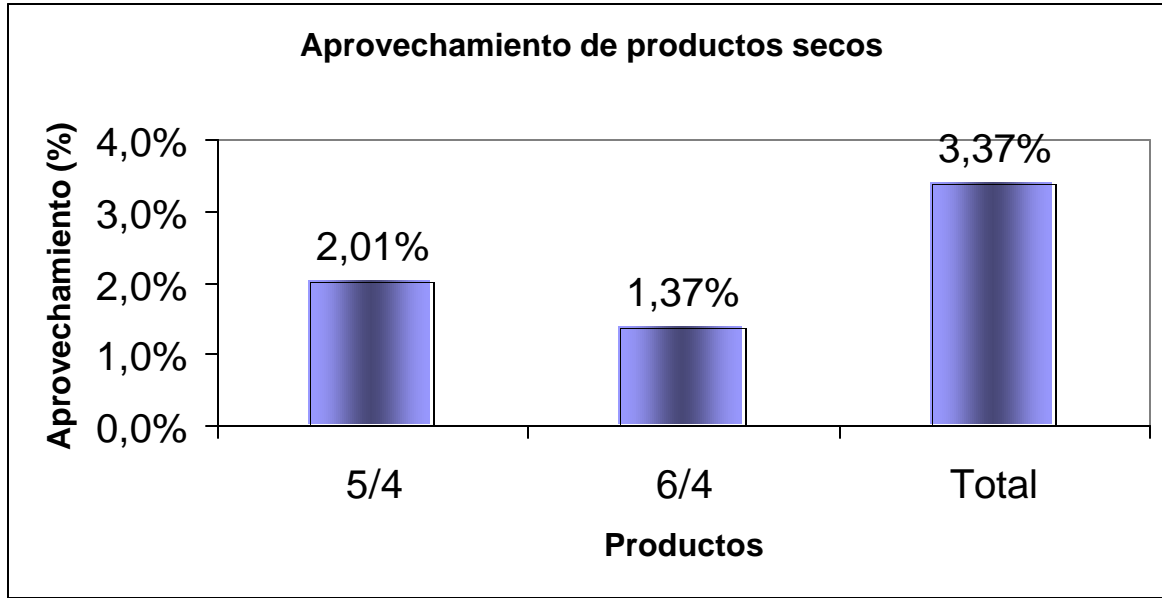


Figura 13. Aprovechamiento de productos Shop PC que ingresa a remanufactura.

En la figura 13 se puede observar que del volumen JAS en estudio, solo el 3.3 % ingresa a la planta de remanufactura, que al segregarlo según espesor fluctúa entre un 1.4 y 2 % y que en términos de volumen va de 4 a 6 m³. Se debe tener presente que el volumen inicial que ingresó al proceso de aserrío es de 302.3 m³.

4.4 Proceso de remanufactura

En esta etapa ingresó un volumen total de 10.2 m^3 , es decir, alrededor de un 3.37 % del volumen inicial. Se consideran los procesos de selectiva, trozado, finger y moldurera.

4.4.1. Selectiva

En selectiva se realiza el dimensionado en el ancho de las piezas. El input a selectiva fue de 10.2 m^3 , siendo un volumen de 4.13 m^3 con espesor de 6/4 y un volumen de 6.07 m^3 para un espesor de 5/4.

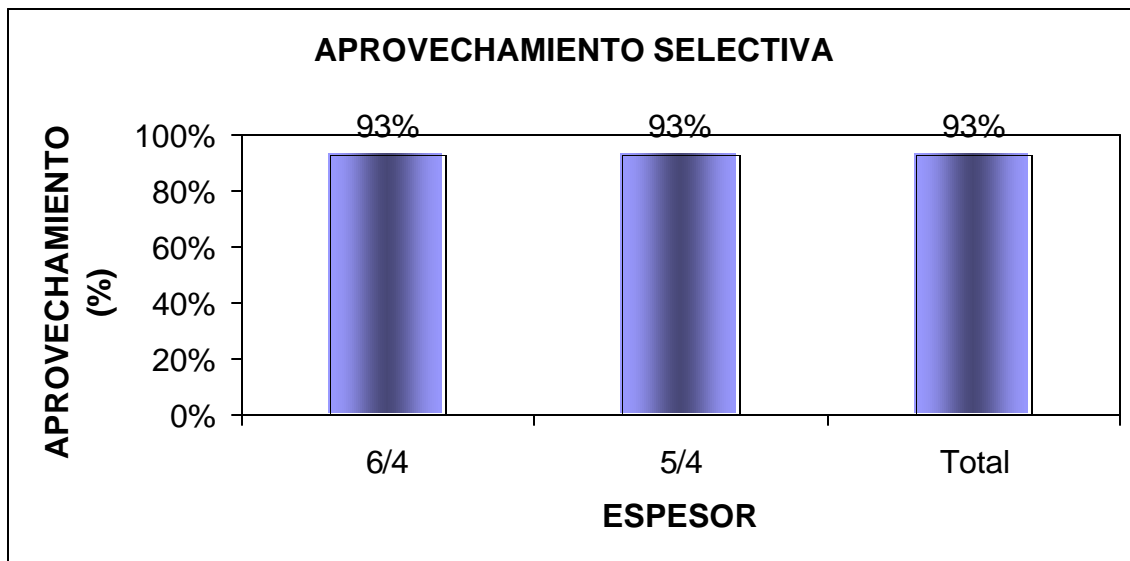


Figura 14. Aprovechamiento en el proceso de selectiva.

En la figura 14 se puede ver que el aprovechamiento de 6/4 y 5/4 en selectiva fue de un 93 %. El 7% restante corresponde a pérdidas propias del proceso que se producen por desechos generados para alcanzar las escuadrías en forma exacta por lo que esta pérdida es complicada de disminuir.

4.4.2. Trozado

A esta etapa llegan las escuadrías en forma de rip para comenzar a trozar y luego evaluar el aprovechamiento para las distintas calidades. Los resultados se muestran en las figuras siguientes.

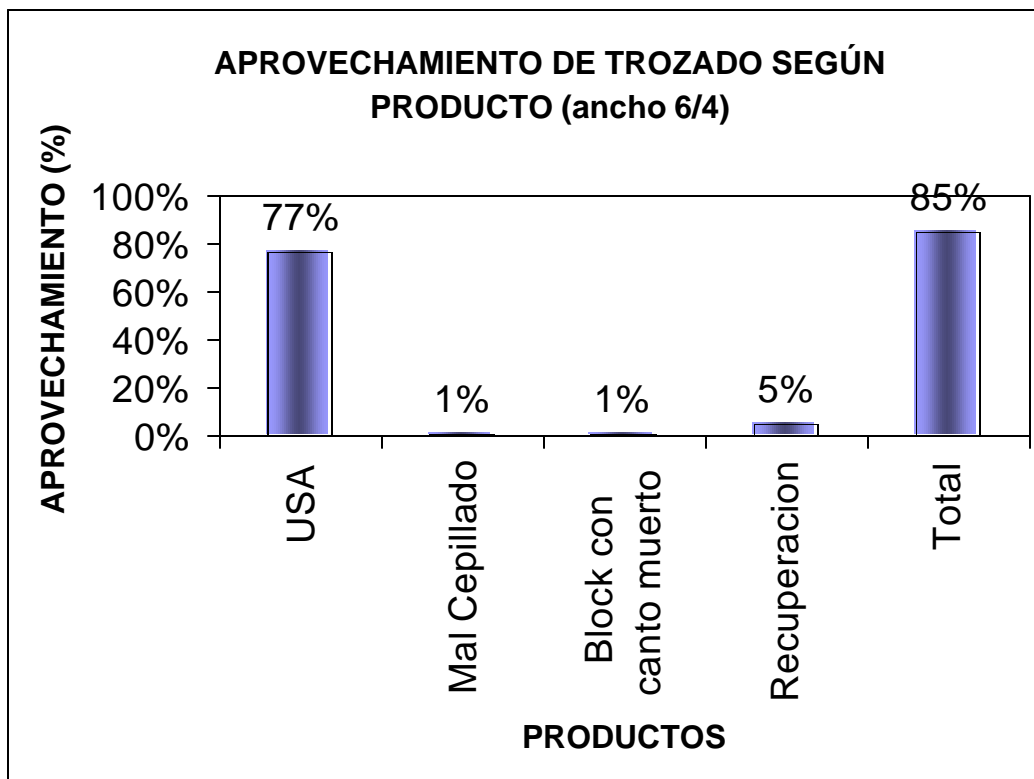


Figura 15. Aprovechamiento por tipo de producto para un ancho de 6/4.

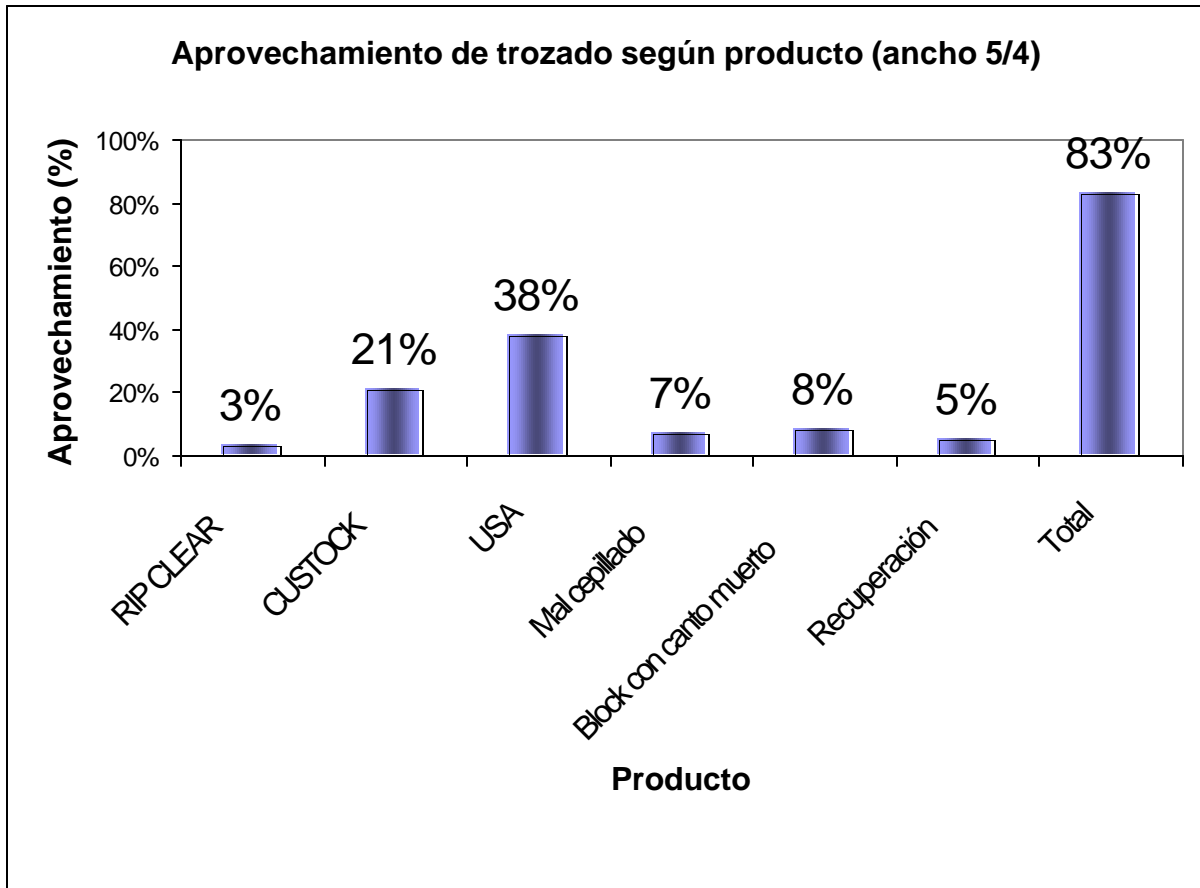


Figura 16. Aprovechamiento por tipo de producto para un ancho de 5/4.

De la figura 15 y 16 se puede observar que el producto que tiene mayor participación en ambos anchos es el producto USA con un 77 y 38 % respectivamente, presentando los otros productos una menor participación lo que nos indica que en el proceso de trozado presentó un aprovechamiento total del 83%.

El producto Rip clear y Custock presenta un aprovechamiento del 3 y 21% representando un volumen del 1.37 m³ este volumen es de salida directa de trozado. Además cabe mencionar que este volumen tuvo un aprovechamiento del 0.45 % con respecto al volumen inicial.

En la figura 17 se puede observar que el mayor volumen que se produce como pérdida corresponde a nudos y luego viene el Re-Rip, pero este último no se puede considerar como pérdida ya que pasa a recuperación a una escuadría menor. También se puede mencionar que los blocks que presentan nudos pueden servir para otro tipo producto como es el caso de paneles con nudo pero, en este estudio no se consideró, por lo tanto se toma como pérdida.

Además se puede ver que el porcentaje de pérdidas por concepto de grietas es bajo. El porcentaje de pérdidas en total en el proceso de trozado es de un 17%, este valor es muy difícil de bajar ya que son propias del proceso.

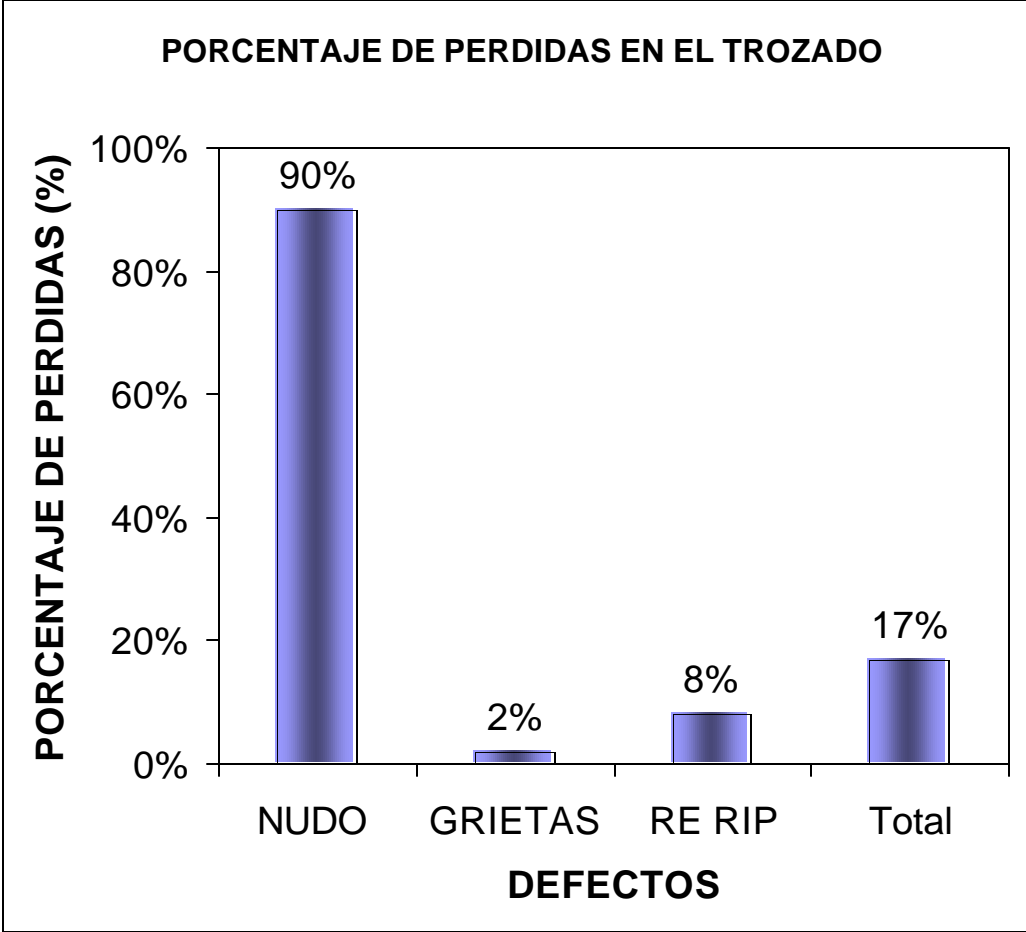


Figura 17. Porcentaje de pérdidas en el proceso de trozado.

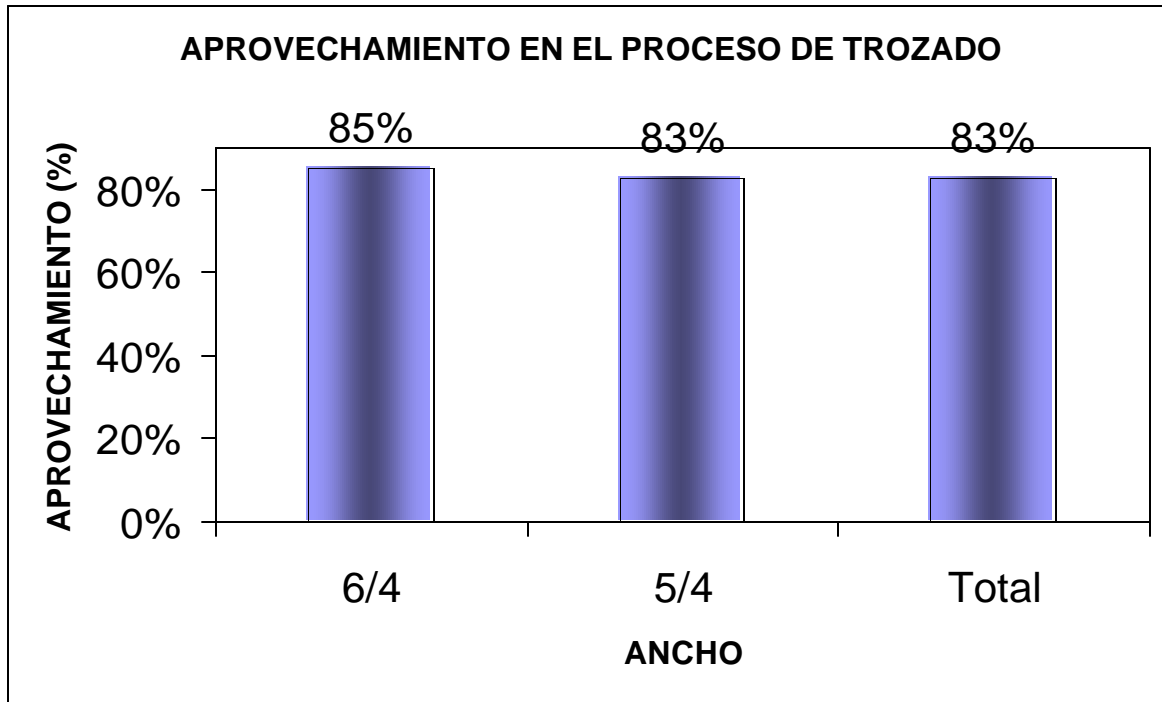


Figura 18. Aprovechamiento total del proceso de trozado.

En la figura 18 se puede observar que el aprovechamiento que se alcanzó en el proceso de trozado fue de un 83%. Este porcentaje es aceptable ya que no se puede aumentar porque las pérdidas que se producen son propias del proceso, es decir, pérdidas de madera con defectos. Pero si el producto final que se quiere obtener acepta defectos como ser nudos, este porcentaje de aprovechamiento podría aumentar, todo va a depender del producto final que se quiera obtener y de la calidad de la materia prima.

Con todos los antecedentes antes mencionados se obtiene un volumen disponible de 6.56 m^3 los cuales continuaran en el proceso de finger. Este volumen corresponde a un 2% de aprovechamiento del volumen inicial (302 m^3). El resto de volumen Rip clear y Cустocks es de salida directa de trozado (1.37 m^3).

4.4.3. Finger

En esta parte del proceso se hacen uniones dentadas de la madera (finger joint), que se realizan con los cabezales de la maquina finger, con el objeto de que estas piezas de madera (blocks) se puedan ensamblar y adherir con cola, para producir un nuevo producto (blanks).

El input a finger corresponde al volumen separado por escuadrías y por calidades ya que están orientados a diferentes perfiles dependiendo de su calidad y ancho, de esta forma se pegan primero los blocks de 5/4 y luego los de 6/4.

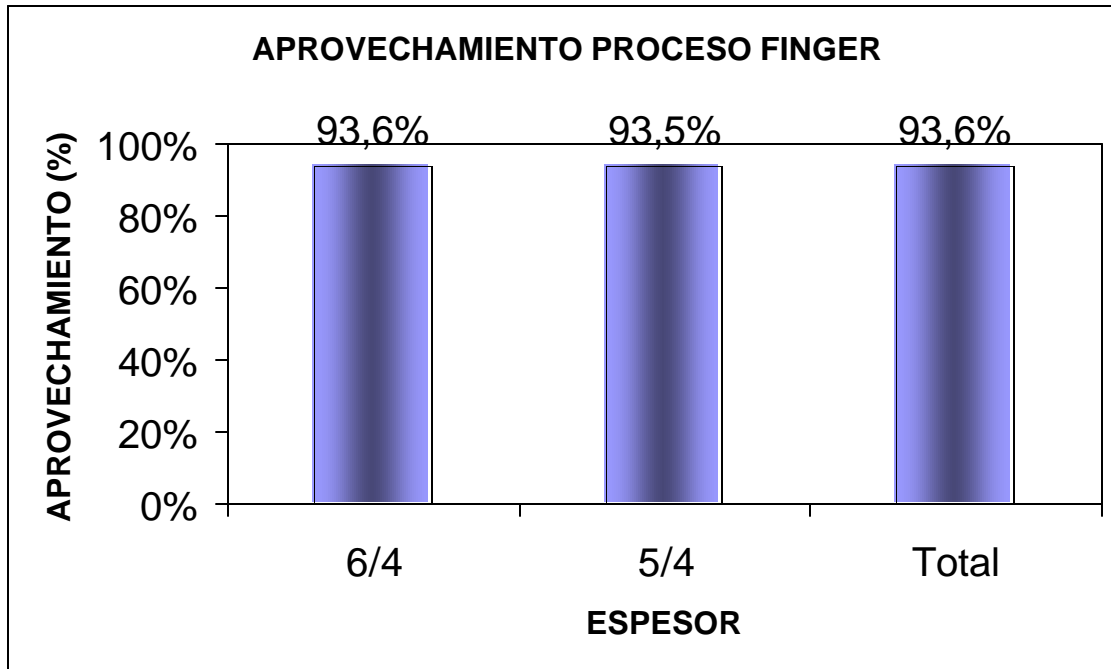


Figura 19. Aprovechamiento del proceso de Finger según espesores.

De la figura 19 se puede mencionar que en esta etapa del proceso hubo un aprovechamiento del 93.6% respecto al volumen que ingresó a la finger cuyas pérdidas de aprovechamiento corresponden a un 6%. Pérdidas que están dadas por las sierras encuadradoras, largo del diente y por la sierra dimensionadora. Además cabe mencionar que el aprovechamiento que se tiene hasta ahora con respecto al volumen inicial (aserradero) es de un 2.03% y el aprovechamiento con respecto al comienzo del proceso de remanufactura es de un 30.2%. Con los datos antes mencionados se puede decir teóricamente que de un metro cúbico que ingresa al aserradero solo aproximadamente 0.02 m^3 sale del proceso de la finger.

4.4.4. Proceso de moldurera

Las molduras son perfiles fabricados a partir de productos como el blanks o cutstocks largos, que tiene como característica principal de ser un producto dimensionalmente estable, fácil de trabajar y apto para ser cubierto con pintura y barnices destinados principalmente a terminaciones de interiores y exteriores en el área de la construcción.

El proceso de moldurera consiste en procesar los blanks por escuadrías para producir molduras de diferentes perfiles para ser usadas en terminaciones.

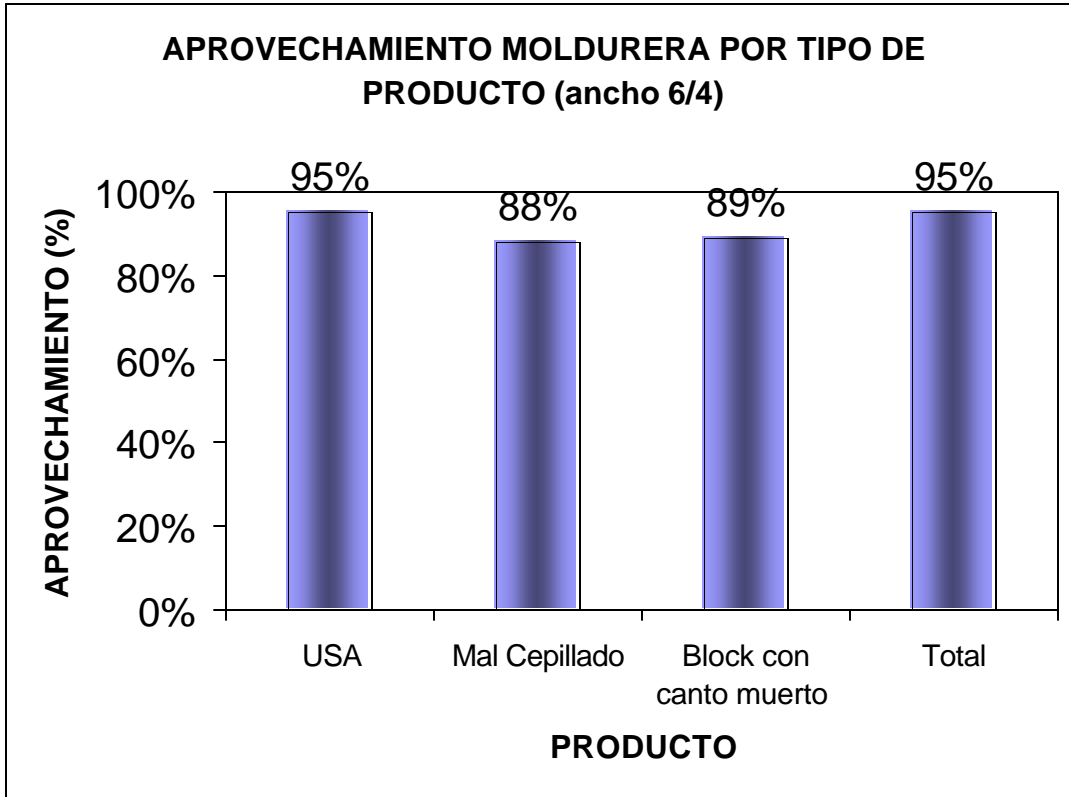


Figura 20. Aprovechamiento de moldurera por tipo de producto 6/4.

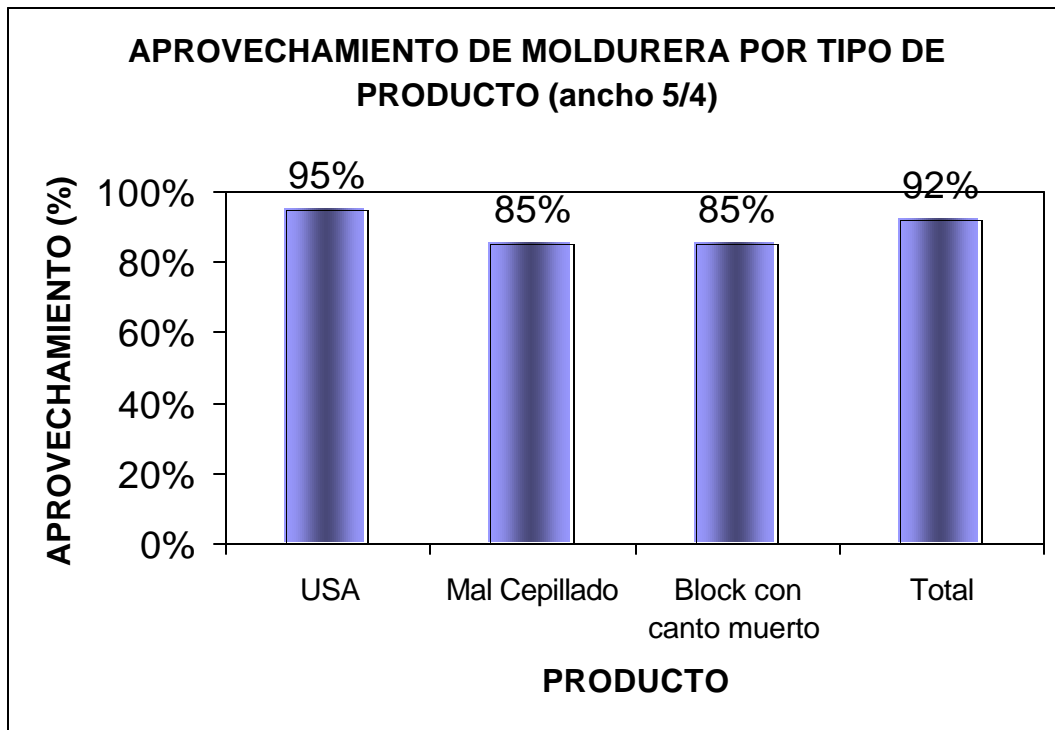


Figura 21. Aprovechamiento de moldurera por tipo de producto 6/4.

En la figura 20 y 21 se puede observar que los blanks fueron procesados por los diferentes subproductos que se generaron en el proceso de trozado. El mayor porcentaje de aprovechamiento se observa en el producto USA en ambos casos, ya que éste fue el que presentó un mayor volumen debido a que es el producto principal. Como se puede ver el porcentaje de pérdidas en mal cepillado y canto muerto es de alrededor de un 15%, esto se debe a que hay que desgastar o minimizar los defectos de una de las caras de la moldura para que tenga una mejor terminación.

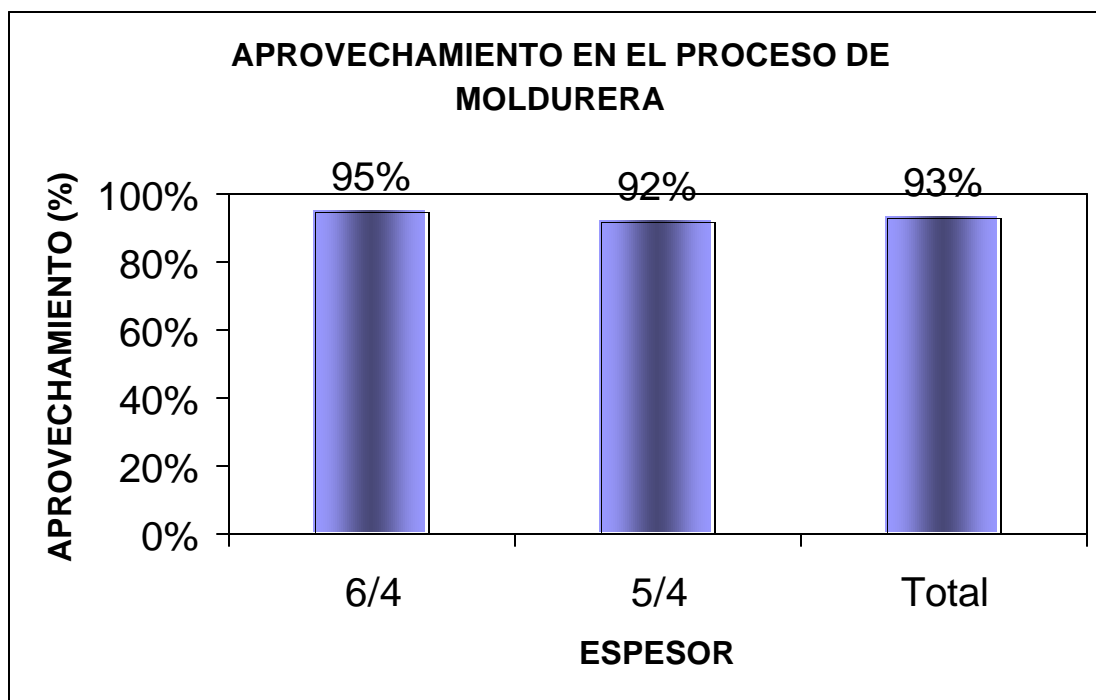


Figura 22. Aprovechamiento del proceso de moldurera.

En esta figura se puede ver que el espesor 6/4 obtuvo el mayor aprovechamiento, esto se puede deber a que el volumen de blanks que ingresó a la moldurera no presentó mayor problema para lograr los perfiles deseados.

El proceso de moldurera alcanzó un aprovechamiento del 93%, el 7% de pérdidas se debe a los cortes que se le hacen a los blanks para lograr los diferentes perfiles.

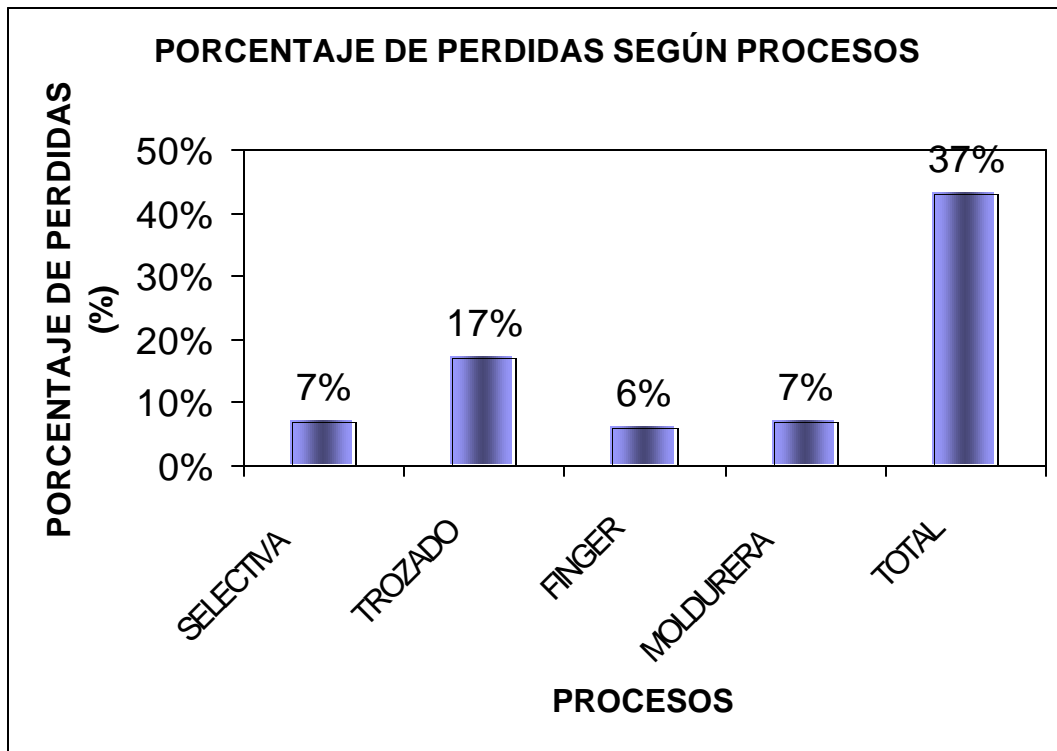


Figura 23. Porcentaje de pérdidas según procesos.

En la figura 23 se puede observar que en el proceso de trozado es donde se produce el mayor porcentaje de pérdidas, esto se debe a que en esta etapa se realiza el trozado de los rips, donde la trozadora hace cortes transversales para eliminar los defectos y poder obtener los blocks y custocks libres de defectos, además hay un pequeño porcentaje de pérdidas que se debe al ancho de corte. El menor porcentaje en pérdidas se produce en la finger ya que aquí lo único que se hace es hacer el endentado para poder unir las piezas, la pérdida que se produce se debe al largo del diente principalmente.

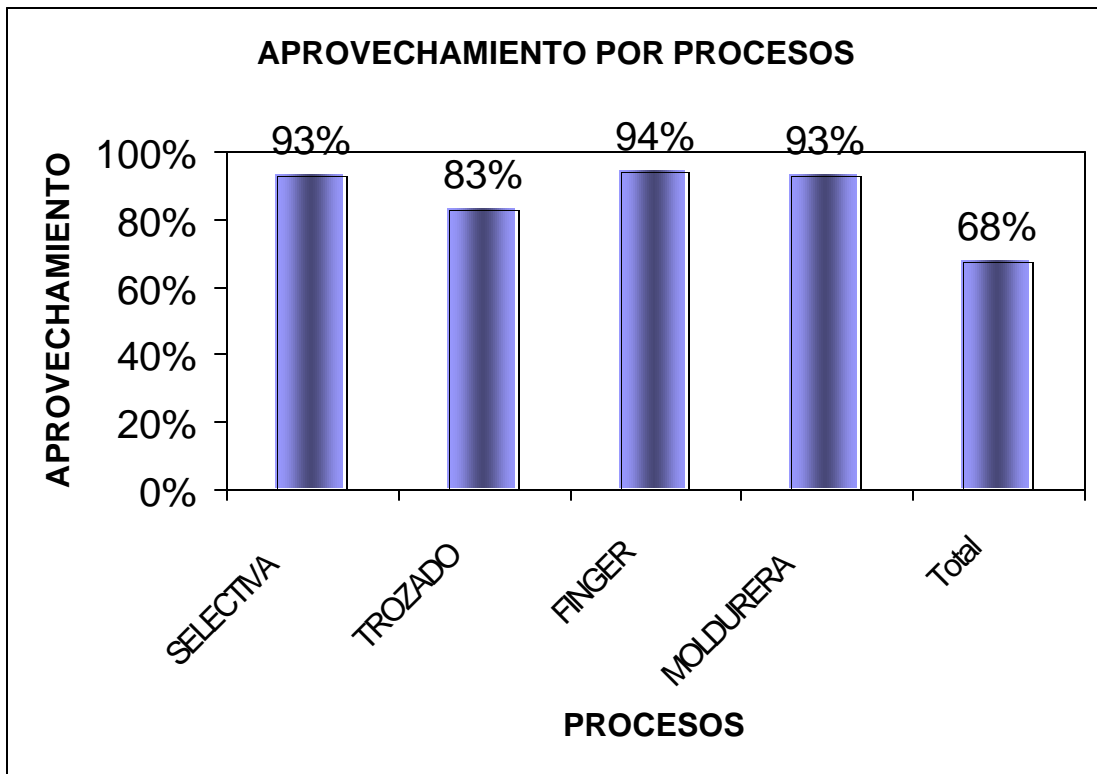


Figura 24. Aprovechamiento por tipo de proceso.

En la figura 24 se puede observar el aprovechamiento de los diferentes procesos. Como se observa el aprovechamiento más alto está en el proceso de selectiva y moldurera, esto se debe que en estos procesos lo que se hace es llevar la pieza a una dimensión deseada y lo único que se pierde principalmente es por el ancho de corte (aserrín).

Además se puede decir que de 1 m³ de madera de ancho variable que ingresa a remanufactura se obtiene 0.93 m³ de Rip en diferentes escuadrías, luego 0.77 m³ de blocks al ser trozado los RIPS, 0.73 m³ a la salida de la finger y 0.68m³ de moldura como producto final, es decir en la línea de remanufactura desde el ingreso de la planta hasta el producto terminado existe un 68% de aprovechamiento de la materia prima.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos es posible mencionar las siguientes conclusiones.

Al realizar el estudio se consideró el volumen JAS, siendo éste un valor que subestima el volumen inicial, por lo tanto el aprovechamiento que se obtiene es un valor que sobreestima los resultados.

Comparando los aprovechamientos de madera aserrada producida en las diferentes clases diamétricas, estos se mantienen constantes debido a que el aprovechamiento es óptimo para todas las clases diamétricas analizadas y a que los diagramas de corte que se utilizaron fueron los óptimos.

Al relacionar el volumen de rollizos y el volumen de madera aserrada obtenida, se detecta un aprovechamiento del 60%, lo que significa que para producir una unidad de volumen de madera aserrada se necesitan 1.7 unidades de volumen de madera rolliza.

En el área de aserradero los productos que obtuvieron una mayor participación fueron, Moulding & Better con un 8.2% y el Shop PC con un 11.6%

El seguimiento de la madera desde descortezado, hasta cepillado no presenta problemas, sin embargo, falta considerar los volúmenes secos cepillados según producto. Sólo se dispuso de información relativa y cualitativa en cuanto a número de piezas por producto y número de piezas según defecto, pero para la determinación precisa de los volúmenes y su aprovechamiento es necesario contar con esta información.

Del volumen que se produce en el área de aserradero el producto Shop PC representa un 11.6% del volumen total, del cual sólo aproximadamente el 30% de éste ingresa a remanufactura que representa un 3.37% del volumen total de rollizos.

El proceso dentro de la planta de remanufactura no presentó inconvenientes en cuanto a discriminar por producto y puesto de trabajo, los volúmenes producidos y su consecuente porcentaje de aprovechamiento.

Al área de remanufactura ingresaron 10.2 m³ (3.37% del volumen inicial de rollizos). En esta etapa los aprovechamientos que se obtuvieron fueron los óptimos para cada proceso.

En el proceso de remanufactura se obtuvieron los siguientes aprovechamientos: En el proceso de Selectiva se obtuvo un aprovechamiento del 93%, en el proceso de Trozado un 83%, en el proceso de Finger un 94% y en la Moldurera se obtuvo un aprovechamiento del 93%. Según los aprovechamientos de la planta de remanufactura son: En selectiva 93%, en Trozado 80.12%, en Finger 95.56% y en Moldurera un 92.14%.

Las pérdidas que se produjeron en el proceso de remanufactura fueron de un 37% con respecto al volumen inicial que ingreso a remanufactura, estas pérdidas son propias del proceso y en el caso del trozado donde se produce el mayor porcentaje de pérdidas es producto de los defectos de la madera como grietas, nudos y canto muerto principalmente .

Al relacionar el volumen que ingresó a remanufactura con el volumen de salida de éste, se obtuvo un aprovechamiento del 68%, de lo cual se puede decir, que para producir 1metro cúbico de moldura necesitamos un volumen inicial que ingrese a la selectiva de 1.32 m³ de madera seca cepillada.

Para alcanzar valores óptimos de aprovechamiento en la producción de madera de calidad, es necesario realizar intervenciones de poda y raleo, para así cosechar trozos de alta calidad y poder competir con productos de excelencia en el mercado mundial.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ AGUILERA, A. E INZUNZA, L. 2004. Estudio aprovechamiento en remanufactura. Informe de convenio. Proyecto caracterización bosques podados de Forestal Valdivia.
- ❖ ASERRADEROS ARAUCO S.A. 2002. Normas Factory “Ancho Variable”. Documento no publicado.
- ❖ ASERRADEROS ARAUCO S.A. 2002. Normas de Productos internos Documento no publicado.
- ❖ BROWN y MILLER. 1975. Effect of sweep on sawn recovery from radiate pine logs. Can. For. Ind. 93(12):28-29.
- ❖ DEVLIEGER, F; BOETTY, R. 1999. Ingeniería de aserraderos, fundamento de planificación y gestión. Talca – Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca. Serie técnica. 144p
- ❖ KAWAS, N. 1975. Estudios cuantitativos sobre aprovechamiento de trozos de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) en aserradero mecanizado de sierra alternativa. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 81 p.
- ❖ KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Tomo 1. Instituto Forestal de Investigaciones y experiencias y servicio de la madera. Madrid.
- ❖ LOETSCH, F; ZOHRER, F Y HALLER, K. 1973. Forest Inventory. Second Editions. Printed in Germanuy. Volumen II.
- ❖ LAGOS, J. 2004. Factores que afectan el valor residual de trozas podadas de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales
- ❖ LAGOS, R. 2004. Comparación de dos software de simulación para la industria del aserrío de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. en Madera. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales.
- ❖ MATUS, C. 2004. Análisis del proceso de una maquina moldurera. Estudio de la productividad y aprovechamiento en *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 48p.
- ❖ MENA, V. 1998. Efecto de las características de los trozos en el aprovechamiento de madera libre de nudos de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 48 p.

- ❖ MEZZANO, S. 1998. Comportamiento del aprovechamiento y calidad de madera aserrada de *Pinus radiata* D. Don a partir de variables de las trozas. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 57p.
- ❖ VELASCO, J. 1992. Rendimiento de Madera aserrada libre denudes en trozas podadas de *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales
- ❖ WHITESIDE, I.D. 1983. Predicting radiata pine gross sawlog values and timber grades from 109 variables. Forest Research Institute. New Zealand Forest Service. FRI Bullentin N°4. New Zealand

ANEXOS

ANEXOS 1

Abstract

ABSTRACT

With the purpose of knowing the utilization of the wood in the sawmill and remanufacturing area. They were taken 575 logs from *Pinus radiata*, processed in Arauco sawmill, located in the province of Valdivia.

In this work was determined the utilization of the different products that are generated in the sawmill area, with the purpose of determined the final production that is obtain in the remanufacturing area.

In the sawmill area, it was obtained a utilization of 60%.

- Central wood 36.5%
- Lateral wood 23.8%
- Moulding & better 8.2%
- Spain quality 2.3%
- Shop quality 11.6%
- Rip quality 1.7%

In remanufacturing area, it was obtained a utilization of 68%.

- Rip saw 93%
- Trozado 83%
- Finger 94%
- Moulding 93%

Keywords: radiate pine, saw milling process, remanufacturing area and lumber recovery

ANEXOS 2

Cortes para clasificar Shop 1, Shop 2 y Shop 3
Según norma WWPA, adaptada por aserraderos Arauco S.A.

Cortes para clasificar Shop 1, Shop 2 y Shop 3

ESPECIFICACIONES PREVIAS A LA CLASIFICACION

ANCHO MINIMO : 1 Pulgada



- CORTES PARA CLASIFICAR SHOP 1, SHOP 2 Y SHOP 3

TRAVESAÑO SUPERIOR

5" y 6" * 28" A 36"

LARGUERO

5" y 6" * 80" A 90"

VERTICAL CENTRAL

5" y 6" * 42" A 48"

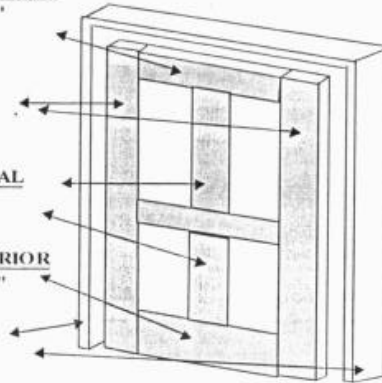
TRAVESAÑO INFERIOR

9" Y 10" * 28" A 36"

MARCO PUERTA

5" Y MAS

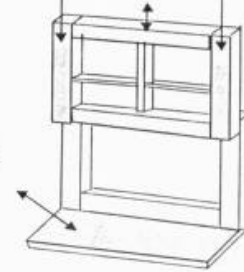
36" Y MAS



CORTE DE VENTANA

2,5" Y MAS

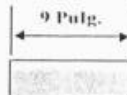
28" Y MAS



VIERTEGUA

5" Y MAS

36" Y MAS



ANCHO MINIMO : 2 1/2 Pulg:

- CORTE PARA CLASIFICAR P. 99,

CORTE FINGER JOINT

ANEXOS 3

Atributos naturales y de proceso de la madera
para Shop 1, Shop 2, Shop 3 y P99
Según norma WWPA, adaptada por aserraderos Arauco S.A.

Shop1, Shop 2 y Shop3

Atributos naturales de la madera

Acículas: Pecas, marcas, rastros o trazos de acículas

- No acepta en áreas de clasificación calidad N°1.
- Áreas que no son cortes de clasificación, pueden llevar pecas de color claro o del color de la madera, si su tamaño y frecuencia son de mediano a pequeño.
- No acepta pecas con pérdida de material.

Bolsillos (Bolsas) de resina: Se define como bolsa abierta a la que tienen pérdida de materia y como bolsa cerrada a la que se observa pero no esta abierta en la superficie.

- Se aceptan fuera de los cortes y además en los cortes según definición de cada corte de calidad, definidos en primera parte de este documento.

Compresión: Madera de compresión.

- Se prohíbe si está claramente identificable y causa daño a la pieza.
- Los bloques o masa de madera de compresión no se aceptan, los hilos, franjas o fajas de madera de compresión, se aceptan si no están acompañadas por alabeos y estos además están fuera de los rangos permitidos.

Degradación de la madera (pudrición): No acepta.

Médula (Médula Firme y Médula Corcho): Acepta, siempre que sea ocasional y menor al 10 % del largo de la pieza.

Nudo vivo: Se mide un nudo, por su diámetro medio.

- Acepta todo nudo vivo y fijo que no estén en áreas de los cortes de Clasificación.
- Se limita sólo la pérdida de resistencia en manipulación, se debe observar que la pieza no se quiebra antes de un proceso posterior.
- El único nudo aceptado es en descrito en la Calidad # 2.

Nudo muerto: Nudo completamente rodeado por corteza y se desprende con facilidad.

- Acepta nudos muertos que no están en las áreas de los cortes de clasificación.
- Se limita la pérdida de resistencia en manipulación.

Perforaciones: Perdida completa de material por nudo muerto, nudo de cono o bolsa de resina y/o corteza. Siempre afecta a 2 caras.

- Acepta perforaciones, siempre que no estén en los cortes de clasificación.

Resina: Sección resinosa. Presencia notoria de resina o acumulación de hilos de resina y corteza.

- Acepta en las áreas que no son cortes de clasificación.

Resina: Hilos de resina y/o corteza.

- Acepta en las áreas que no son cortes de clasificación.

Atributos del proceso

Alabeos: Pieza base 1" x 8" x 12'

- Arqueadura (Bow): 1 ½"
- Encorvadura (Crook): ¾"
- Torcedura (Twist): ¾"
- Acanaladura (Cup): 1/8"

Canto muerto: Se incluye a los daños de proceso como astillamiento.

Cepillado: Mal Cepillado en General. En general la superficie de un buen cepillado, es completamente lisa, en ocasiones puntuales se detectan imperfecciones en Nudos y/o en su entorno.

- Sin perder espesor mínimo: Solo se acepta en piezas ocasionales y máximo 10% del área de la pieza.
- Con pérdida parcial de espesor mínimo: En general este defecto debe ser tratado como un canto muerto. Su área debe ser sumada al área de descuento por desperdicio.

Limites máximos de áreas sin cepillar con perdidas de espesor, según ancho de la pieza.

Ancho	6" y 7"	8" y más	
Largo máximo del mal cepillado	20%	40%	Del largo de la pieza
Ancho máximo en los extremos	33%	50%	Del ancho de la pieza
Área máxima del mal cepillado	10%	20%	Del área de la pieza

- Adicionalmente se acepta que el mal cepillado sea superior en un 20% a los límites máximos, en no más de un 10% de las piezas.

Cepillado: Quemaduras de cepillo.

- Acepta quemadura de cepillo, siempre que se deje fuera de los cortes de clasificación.

Cortes de sierra:

- Sólo acepta hasta los límites del Canto Muerto y en forma ocasional.

Grietas Cerradas, Rajadura (Grieta Abierta), Partiduras.

- Acepta en áreas que no son cortes de clasificación, hasta el 10 % de las piezas, con un largo máximo de 40 Cm.
- Excepto la grieta que acepta el corte Calidad # 2.
- No se limitan las Grietas, Rajaduras y Partiduras en torno a un nudo.

Hendidura: Cavidad generada por daños en nudos ó en otras áreas.

- Acepta, sólo en áreas que no son cortes de clasificación

Mancha Azul: Sólo acepta Mancha Azul en nudos y/ó Canto Muerto

Mancha Café: Acepta en todas sus áreas, siempre que no adquiera profundidad hacia el interior de la pieza y su color no pase a ser café oscuro ò negro.

Piezas con mancha café superior a 2.0 mm de profundidad y de su largo superior a 2 pies, solo son aceptadas en Shop 3 y menos.

P 99

Atributos naturales de la madera

Acículas: Pecas, marcas, rastros o trazos de acículas.

- Acepta en los cortes; peca de color claro ó del color madera.
- No acepta Peca con pérdida de material en ningún área de la pieza.

Bolsillos (Bolsas) de resina: Se define como bolsa abierta a la que tienen perdida de materia y como bolsa cerrada a la que se observa pero no esta abierta en la superficie.

- Se aceptan fuera de los cortes y además en los cortes según definición de cada corte de calidad, definidos en primera parte de este documento.

Los otros defectos se consideran igual que el Shop.

ANEXOS 4

Especificaciones de calidad para Block, Rip Clear,
Cutstock, Moldura y Blank
Según norma WWPA, adaptada por aserraderos Arauco S.A.

Cuadro N°1: Especificación de calidad del Blocks según norma Arauco 2004.

ATRIBUTOS	BLOCK BLANK USA
Mancha Café	Acepta, sin límites
Mancha Azul	Acepta en forma aislada manchas suaves. Sin degradación.
Peca Café-Negra	Acepta, siempre que no sea del tipo ojo pájaro con pérdida de material.
Nudos	No acepta
Médula	No acepta
Médula compacta	No acepta
Ojos de Pájaro	Acepta, cerrado sin pérdida de material.
Bolsa Resina cerrada	Acepta solo pequeñas
Bolsa Resina Abierta	No acepta
Hilos de Resina	Acepta, hilos y rastros de resina y/o corteza bien distribuidos.
Canto Muerto	No acepta
Marcas Máquina -Golpes	Acepta, hasta espesor mínimo 33.3mm
Grietas	No acepta
Mal Cepillado	Acepta, hasta espesor mínimo.
Fibra encontrada	Acepta
Bajo ancho y bajo espesor	No acepta
Defecto en los extremos	Si Acepta Máx. 5mm
Diferencia de Tonalidad	Si acepta
Manchas rojizas – pardas	Si acepta
Astillamiento	No acepta

Cuadro N°2: Especificación de calidad Rip clear según norma Arauco, 2004.

ATRIBUTOS	MOLDURA
Mancha Café	Acepta, de color leve
Mancha Azul	No acepta
Peca Café – Negra –Blanca	Sí, pero leve.
Nudos	Acepta, porción de nudos en aristas 5mm canto y 5 mm cara solamente si es porción de nudo vivo y compacto.
Médula	No acepta
Ojos de Pájaro Cerrado	Si aislados
Bolsa Resina cerrada	Máximo 1mm x 40mm
Bolsa Resina Abierta	No acepta
Hilos de Resina	Si acepta en forma ocasional..
Canto Muerto	Acepta, máximo 2mm por arista.
Marcas Máquina – Golpes	Acepta hasta 1 mm de profundidad.
Grietas	No acepta
Mal Cepillado	No acepta si se asocia a bajo espesor. Se acepta hasta 2mm pero que no comprometa el espesor de la pieza.
Fibra encontrada	Acepta
Manchas de resina	Acepta
Bajo Ancho – Espesor	No acepta
Defectos de E xtremos	No, solo cuando están dentro del sobre largo

Cuadro N°3: Especificación de calidad del Cutstock, según norma Arauco, 2004.

ATRIBUTOS	Cutstock
Mancha Café	Acepta, de color leve
Mancha Azul	No acepta
Peca Café – Negra – Blanca	No acepta, peca blanca solo aquella apenas perceptible al mirar la pieza de frente.
Nudos	No acepta
Característica de los nudos	No acepta nudo, completamente clear
Médula	No acepta
Ojos de Pájaro	No acepta
Bolsa Resina cerrada	No acepta
Bolsa Resina Abierta	No acepta
Hilos de Resina	Leve, distribuidos de manera que la apariencia no se afecte. (en la veta de la madera, en forma ocasional). Mucha concentración y de color oscuro no es aceptada.
Canto Muerto	Acepta, hasta 2mm por Cara y Canto
Marcas Máquina – Golpes	Acepta hasta 1mm de profundidad.
Grietas	No acepta
Mal Cepillado	No acepta si afecta el espesor. Se acepta hasta 2mm pero que no comprometa el espesor de la pieza.
Fibra encontrada	No acepta
Bajo ancho y bajo espesor Largo	No acepta

Cuadro N°4: Especificación de calidad del Blank, según norma Arauco, 2004.

ATRIBUTOS	MOLDURA
Mancha Azul	Si, hasta 50% de la pieza
Bolsa Resina Abierta	Si solo en caras profundidad de 3mm recta, no permite en cantos y en forma diagonal.
Canto Muerto	Acepta, según orientación y ancho de moldura terminada.
Marcas Máquina – Golpes	Acepta hasta 1mm de profundidad, sin perder espesor mínimo.
Defectos de Extremos	No, solo cuando están dentro del sobre largo
Partidura	No acepta
Largo de Block	5” – exportación según pedido (1)
Pin Hole	No acepta
Uniones abiertas	No acepta
Hombro Abierto	No acepta
Traslape	No acepta
Desplazamiento	No acepta
Tipo de Finger	Cara o Canto según pedido
Mezcla de finger	Si acepta
Golpes	Acepta hasta 3mm
Astillamiento	Cara: 3mm profundidad 1.5mm
Terminación	Rough
Adhesivo	D3 ó D4

OBSERVACIONES: Para el caso de los blank, acepta block más cortos siempre que la pieza no presente 2 o más block cortos seguidos, ni más de 1 block corto por metro lineal. Para estos casos debe asegurarse que la pieza no presenta ningún grado de curvatura o arqueadura.

La terminación de Blocks y Cutstocks debe ser con ángulos de corte igual a 90°.

La terminación de los Blank debe ser rústica.

La clasificación de estos productos se debe realizar por la trascara (peor cara). La cara se supone que contiene defectos menores y debe ser consecuente con el grado que se clasifica.

ANEXOS 5

Aprovechamiento para el área de remanufactura en los
diferentes procesos

Cuadro 1: Aprovechamiento en selectiva según ancho y espesor de las piezas.

Espesor	ancho	Volumen	Aprovechamiento
6/4	2 3/8	2,23	54,0%
6/4	2 7/8	0,37	9,0%
6/4	3 3/8	1,18	28,6%
6/4	3 7/8	0,017	0,4%
6/4	4 3/8	0,042	1,0%
Total		3,84	93%

Espesor	ancho	Volumen	Aprovechamiento
5/4	2 3/8	1,95	32,1%
5/4	2 7/8	0,03	0,5%
5/4	3 3/8	1,33	21,9%
5/4	3 7/8	0,68	11,2%
5/4	4 3/8	0,33	5,4%
5/4	4 7/8	0,13	2,1%
5/4	5 3/8	1,2	19,8%
Total		5,65	93,1%

Cuadro 3: Aprovechamiento por producto para 6/4.

ancho	m ³ evaluados	USA	MC	MCM	Recuperación	Aprovechamiento Total
2 3/8	2,23	77%	1%	1%	7%	86%
2 7/8	0,37	80%	2%	2%	8%	92%
3 3/8	1,18	75%	2%	1%	2%	80%
3 7/8	0,017	90%	4%			94%
4 3/8	0,042	77%	3%	4%	3%	87%

Cuadro 4: Aprovechamiento por producto para 5/4.

ancho	m ³ evaluados	RIP clear	Custocks	USA	MC	MCM	Rendimiento Total	Aprovechamiento Total
2 3/8	1,95	6%	26%	34%	5%	7%	4%	82%
2 7/8	0,03	17%	20%	38%	5%	10%		90%
3 3/8	1,33		21%	43%	8%	7%	5%	84%
3 7/8	0,68	3%	24%	34%	8%	10%	8%	87%
4 3/8	0,33		21%	46%	13%	6%	3%	89%
4 7/8	0,13		14%	51%	7%	8%	8%	88%
5 3/8	1,2	2%	13%	37%	8%	12%	5%	77%

Cuadro 5: Aprovechamiento por espesor y ancho en finger.

Espesor	ancho	Input m ³	Output m ³
6/4	2 3/8	1,92	1,79
6/4	2 7/8	0,34	0,32
6/4	3 3/8	0,94	0,89
6/4	3 7/8	0,018	0,017
6/4	4 3/8	0,04	0,03
Total		3,257	3,05

Espesor	ancho	Input m ³	Output m ³
5/4	2 3/8	0,98	0,92
5/4	2 7/8	0,016	0,014
5/4	3 3/8	0,84	0,8
5/4	3 7/8	0,408	0,38
5/4	4 3/8	0,22	0,2
5/4	4 7/8	0,096	0,08
5/4	5 3/8	0,74	0,7
Total		3,31	3,09

Cuadro 6: Tabla moldura blanks de origen USA.

Espesor	Ancho (pulgada)	Volumen (m ³)	Moldura final	Rendimiento
6/4	2 3/8	1,62	2 1/4	94%
6/4	2 7/8	0,27	2 3/4	95%
6/4	3 3/8	0,84	3 1/4	96%
6/4	3 7/8	0,017	3 5/8	93%
6/4	4 3/8	0,02	4 1/4	97%

Cuadro 7: Tabla para molduras calidad mal cepillado.

Espesor	Ancho (pulgada)	Volumen (m ³)	Moldura final	Rendimiento
6/4	2 3/8	0,02	2 1/4	87%
6/4	2 7/8	0,007	2 3/4	88%
6/4	3 3/8	0,022	3 1/4	89%
6/4	3 7/8	0,007	3 5/8	86%
6/4	4 3/8	0,002	4 1/4	90%

Cuadro 8: Tabla para molduras canto muerto.

Espesor	Ancho (pulgada)	Volumen (m ³)	Moldura final	Rendimiento
6/4	2 3/8	0,002	2 1/4	87%
6/4	2 7/8	0,007	2 3/4	88%
6/4	3 3/8	0,0011	3 1/4	89%
6/4	3 7/8		3 5/8	
6/4	4 3/8	0,0015	4 1/4	90%

Cuadro 9: Tabla moldura blanks de origen USA.

Espesor	Ancho (pulgada)	Volumen (m ³)	Moldura final	Rendimiento
5/4	2 3/8	0,65	2 1/4	94%
5/4	2 7/8	0,015	2 3/4	95%
5/4	3 3/8	0,56	3 1/4	96%
5/4	3 7/8	0,23	3 5/8	93%
5/4	4 3/8	0,15	4 1/4	97%
5/4	4 7/8	0,066	4 5/8	94%
5/4	5 3/8	0,44	5 1/4	97%

Cuadro 10: Tabla para molduras calidad mal cepillado.

Espesor	Ancho (pulgada)	Volumen (m ³)	Moldura final	Rendimiento
5/4	2 3/8	0,097	2 1/4	84%
5/4	2 7/8	0,02	2 3/4	85%
5/4	3 3/8	0,1056	3 1/4	86%
5/4	3 7/8	0,0544	3 5/8	83%
5/4	4 3/8	0,0429	4 1/4	87%
5/4	4 7/8	0,0091	4 5/8	84%
5/4	5 3/8	0,096	5 1/4	87%

Cuadro 11: Tabla para molduras canto muerto.

Espesor	Ancho (pulgada)	Volumen (m ³)	Moldura final	Rendimiento
5/4	2 3/8	0,1358	2 1/4	84%
5/4	2 7/8	0,007	2 3/4	85%
5/4	3 3/8	0,092	3 1/4	86%
5/4	3 7/8	0,068	3 5/8	83%
5/4	4 3/8	0,0198	4 1/4	87%
5/4	4 7/8	0,01	4 5/8	84%
5/4	5 3/8	0,144	5 1/4	87%