

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**EVALUACIÓN DEL TROZADO PARA RODALES DE PINO
INSIGNE EN CANCHAS DE FORESTAL BÍO BÍO S.A.**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

GABRIELA PAZ LLEDÓ MAULÉN

Profesor Guía: Ing. Forestal, Sr. Patricio Corvalán Vera.

SANTIAGO – CHILE
2004

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**EVALUACIÓN DEL TROZADO PARA RODALES DE PINO INSIGNE
EN CANCHAS DE FORESTAL BÍO BÍO S.A.**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

GABRIELA PAZ LLEDÓ MAULÉN

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Patricio Corvalán V.	7.0
Prof. Consejero Sr. Jaime Hernández P.	7.0
Prof. Consejero Sr. Manuel Toral I.	6.9

SANTIAGO – CHILE
2004

*A mis padres,
que gracias a su gran esfuerzo,
cariño y dedicación me han
permitido llegar hasta aquí.*

AGRADECIMIENTOS

Quisiera poder agradecer a todos los que me ayudaron y apoyaron en este largo y tramitado proceso que por fin llega a su término. Ojalá no se me escape nadie, pero si así sucede quiero que sepan que les agradezco de todo corazón por todo el apoyo y dedicación que me entregaron.....

Primero que todo quiero agradecer a **Forestal Bío Bío S.A** por darme la oportunidad de realizar mi memoria en esa gran empresa de personas.....Especialmente al área de producción, planificación y control producción que fueron mi gran apoyo en el desarrollo de mi memoria y de todos los trabajos que ahí realicé.....A los supervisores de producción: **Juanito Vega** con su "Sabatini" y a **Gerardo Fierro** con su alegría, que me dieron la posibilidad de visitar sus faenas y me apoyaron en todo lo que necesitaba en terreno.....A mi amigo **Marco Salgado** "Anastacio" que siempre ayudó y apoyó a "Anacleto" en todo lo que necesito, además de facilitarle a **Ecovictor** para la toma de datos de su memoria.....A **Daniel Jara** que con su grata compañía estuvo siempre presente..... A **Carlos Yañez** y **Mario arraigada** por sus constantes bromas y su gran simpatía..... A **Canito** y a **Raúl** mis grandes compañeros de oficina y con quienes compartí la mayor parte del tiempoQuiero agradecer especialmente a quién fue el propulsor e hizo posible el desarrollo de esta memoria: **Daniel Ramírez** mi guía incondicional y mi gran apoyo, además de acogerme y permitirme ser su pensionista vitalicia.....

A mi profesor guía **Patricio Corvalán**...millones de gracias por el constante apoyo, dedicación, entusiasmo y motivación para sacar adelante la memoria.....

A los profesores consejeros **Manuel Toral** y **Jaime Hernández** por sus "atinadas" correcciones.....

A mis **amigos** y **compañeros** de carrera que de una u otra forma fueron una motivación y apoyo para terminar....

Finalmente quiero agradecer a mis **padres, hermanos y familia** en general, por su incondicional apoyo, paciencia y constante cariño entregado.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	I
SUMMARY	II
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL TROZADO	3
3.2 ANTECEDENTES GENERALES DE FORESTAL BÍO BÍO S.A.....	10
3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS FAENAS DE COSECHA EN FORESTAL BÍO BÍO	12
3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PRODUCTOS DE FORESTAL BÍO BÍO. ...	14
4 MATERIAL Y MÉTODO	17
4.1 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL TROZADO EN CANCHA.....	17
4.1.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	17
4.1.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA	18
4.1.3 TOMA DE DATOS	19
4.1.4 VARIABLES DE MEDICIÓN EN EL MUESTREO	20
4.1.5 SIMULADOR DE TROZADO.....	22
4.1.6 PROCESAMIENTO DE RESULTADOS.....	24
4.1.6.1 Diferencias de margen.....	25
4.1.6.2 Porcentaje de volumen por producto.....	29
4.1.6.3 Volumen de productos fuera de especificaciones.....	29
4.1.6.4 Desviación de largos en productos	30
4.2 PROPONER ACCIONES PARA MEJORAR EL TROZADO ACTUAL.....	30
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
5.1 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL TROZADO EN CANCHA.....	31
5.1.1 DIFERENCIAS DE MARGEN.....	31
5.1.2 PORCENTAJE DE VOLUMEN POR PRODUCTO.....	36
5.1.3 VOLUMEN DE PRODUCTOS FUERA DE ESPECIFICACIONES.....	39
5.1.4 DESVIACIÓN DE LARGOS EN PRODUCTOS	41
6 CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	47
6.1 CONCLUSIONES	47
6.2 SUGERENCIAS O ACCIONES PROPUESTAS PARA MEJORAR EL TROZADO ACTUAL.....	49
7 BIBLIOGRAFÍA	51

RESUMEN

Este estudio tuvo como propósito la evaluación del trozado para rodales de pino insigne en canchas de Forestal Bío Bío S.A.

La evaluación se realizó a todas las faenas de cosecha que estaban operando para la empresa en el periodo, y se llevó a cabo mediante un diagnóstico de la situación actual del trozado que incluye una comparación en términos de margen por fuste y porcentaje por productos entre el trozado real de los fustes, ejecutado por cuadrillas de trozado en cancha, versus el trozado simulado de esos mismos fustes, obtenido a través de un simulador de trozado. Además para el trozado real se incluyó un control de longitud de trozos y se contabilizó el volumen de productos fuera de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas por la empresa. Este diagnóstico constituyó la línea base, a partir de la cual, se propusieron acciones a seguir para mejorar la situación actual.

Los resultados obtenidos en el diagnóstico arrojaron valores más altos de lo que se esperaba por Forestal Bío Bío, obteniéndose, un valor estimado promedio de diferencias de margen en el trozado de 2,70 US\$/m³.

Con respecto a los porcentajes por producto, se encontró que para los productos de mayor margen para la empresa, el trozado simulado superó al real en todas las faenas. Esto explica en gran parte las diferencias de márgenes producidas entre ambos trozados expuestas anteriormente.

En el control de longitud de trozado, del total de los productos controlados, un 84,7% estaba dentro del rango óptimo, mientras que un 0,8% se encontró bajo el rango y un 14,6% sobre éste. Por otro lado, el volumen de productos fuera de las especificaciones técnicas y de calidad es de un 7,1% del total del volumen muestreado en las faenas.

Se concluyó que actualmente en las faenas hay una ausencia de control de trozado, lo que se ve reflejado directamente en los resultados obtenidos. Los factores, más frecuentemente detectados, que inciden en ellos son: falta de capacitación del personal involucrado en las faenas con respecto a especificaciones técnicas y de calidad de productos, gran cantidad y variedad de productos en los esquemas de trozado (que induce a confusión), esquemas de trozado sin orden de prioridades de productos y clientes, informalidades en la entrega de información a las faenas y cuadrillas, uso incorrecto de las herramientas de medición por la cuadrilla de trozado y ausencia de algunas de ellas, entre otros.

SUMMARY

The purpose of this study was to evaluate log making at skid site in harvest of radiata pine stands owned by Forestal Bío Bío S.A.

The evaluation was applied to all harvest operations working for the company during July-August 2003, and it included a comparison between real bucking at the field, made by crews with manual chainsaws, and a simulation of log making, for the same stems, done by a computer model. This comparison was established in terms of profit and product mix per stem sampled. Also, for real operation, a logs length control was carried out and was registered the volume of products out of technical and quality specifications of the company.

This diagnostic constituted the base line, from which, actions to improve current situation were proposed.

Results showed higher values than expected by Forestal Bío Bío. In terms of average profit, log making simulation generated 2,70 US\$/m³ more than real operation.

Concerning product mix, it was found that, for higher value products, simulated bucking went beyond the real one in all operations. This mostly explains the difference in profit between both, simulated and real operation.

Out of total logs measured, on one hand was found that, in terms of length control, a 84,7% of the volume was into the optimal range, while a 0,8% was under the range and a 14,6% was over it. On the other hand, the volume of products out of technical and quality specifications was a 7,1%.

It was concluded that in current operations there is an absence of log making control, which is directly reflected in the results obtained. The most common factors observed that affect results are: lack of training to field personnel, concerning technical and quality specifications of products, high quantity and variety of products in log making orders (which produce confusion), bucking orders without a certain priority between products and clients, informal flow of information and instructions to field operations, wrong use, or absence, of measuring tools by bucking crews, between others.

1 INTRODUCCIÓN

La industria forestal chilena es uno de los principales sectores generadores de divisas para el país. Sin embargo, la creciente competitividad del mercado nacional e internacional de la madera, así como las dimensiones que está alcanzando la actividad, plantean desafíos de gestión, incremento de productividad y disminución de costos de producción que no pueden ser resueltos sin el apoyo de técnicas de modelación, planificación y optimización. Concretamente, en este proyecto se decidió abordar el problema del trozado manual de fustes (pino insigne) en canchas de Forestal Bío Bío S.A.

En la actualidad el proceso de trozado de fustes se realiza a través de cuadrillas de trozadores manuales (motosierristas), los cuales evalúan visualmente dónde realizar el corte, lo que evidentemente puede conllevar a error, ya que debido a la presión de producción, a la dificultad de analizar el fuste en toda su dimensión, a la gran variedad de productos y calidades, y a la carencia de incentivos económicos para obtener productos de mayor valor, muchas veces no maximizan el aprovechamiento de la materia prima durante el proceso de trozado produciendo pérdidas para la empresa.

Las pérdidas en la actualidad no están cuantificadas, por lo que se pretende realizar una evaluación del trozado en cancha para rodales de pino insigne, en términos de porcentaje por productos y margen por fuste.

La evaluación del trozado se lleva a cabo mediante un diagnóstico del trozado actual en todas las faenas de cosecha de la empresa, y sobre la base de esto proponer acciones para mejorarlo.

Los resultados del proyecto le permiten a la empresa determinar cuánto es lo que se deja de percibir por defectos en la ejecución del trozado y tomar medidas o generar alternativas para obtener mayores beneficios productivos y económicos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el trozado para rodales de pino insigne en canchas de Forestal Bío Bío S.A.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual del trozado en cancha en todas las faenas de cosecha de la empresa.
- Proponer acciones para mejorar el trozado actual, sobre la base de lo diagnosticado.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL TROZADO

La utilización eficiente y económica de los fustes ha sido durante mucho tiempo la principal preocupación de las empresas de productos forestales. Éstas, constantemente se enfrentan con el problema de cómo asignar sus recursos madereros en forma óptima con el fin de maximizar sus beneficios (Obreque *et al.*, 1995).

El proceso de producir trozos de los fustes, llamado “trozado de árboles”, consiguiendo o logrando una gran utilidad, es denominado problema de optimización del trozado y puede ser enfocado para un fuste individual o para todo el rodal (Arce *et al.*, 2002). Éste es un importante problema de producción forestal, tanto para los compradores como para los vendedores de trozos (Sessions, 1988).

Un elemento que influye notablemente en la rentabilidad de un bosque es la forma de utilización de los fustes después que ellos son volteados y desramados. Este proceso se conoce cómo el problema de corte y asignación a productos forestales específicos, tales como madera aserrable, madera para chapas o pulpa (Obreque *et al.*, 1995).

Para cada fuste pueden existir diversas combinaciones posibles para decidir la forma de cortarlos en trozos de distintos tamaños y asignarlos a diferentes productos. Las decisiones son irreversibles; una vez cortado el fuste no existe manera de volver atrás, y son tomadas cientos de veces cada día por trozadores dispersos geográficamente (Obreque *et al.*, 1995).

Las condiciones de trabajo son a menudo desagradables y peligrosas. Además, las especificaciones de trozos son complejas. Durante la faena, los trozadores se ven enfrentados con muchos problemas cuando tratan de optimizar el valor de un fuste. Ellos deben considerar longitud del fuste, ahusamiento, defectos, ramas, curvatura, y otras características de calidad con especificaciones de trozos admisibles y precios de mercado (Obreque *et al.*, 1995).

Las decisiones acerca de dónde hacer el corte están basadas en un juicio visual de la dimensión y calidad del fuste, el conocimiento de la calidad de los trozos (longitud, diámetro y especificaciones de calidad) y los tipos de trozos requeridos (FRI, 1988).

La toma de malas decisiones del trozador conduce a pérdidas considerables, cuyas causas son principalmente falta de entrenamiento y falta de ayuda en la decisión. Por otro lado, “el valor del fuste puede variar en un 50% o más”. “Debido a que tomar mejores

decisiones sobre el corte de los fustes y asignación de los trozos no produce costos adicionales, cualquier valor de la materia prima extra que puede ser consistentemente obtenido por buenas decisiones va directamente en beneficio de la empresa” (Obreque et al., 1995).

Hasta hace unas décadas el problema de trozado era relativamente fácil, dado que no existía en el mercado una gran cantidad de opciones de trozado. Sin embargo, la poda y raleo han generado una gran cantidad de nuevos productos. Debido a esto, el número de clasificación de trozos que está siendo cortado se ha incrementado y la variación entre sus precios ha tendido a aumentar. Consecuentemente, usar el método tradicional de trozado de fustes se ha vuelto mucho más difícil, mientras que los errores se han vuelto más costosos (FRI, 1988).

El trozado óptimo del fuste en trozos de diferentes tamaños y calidades es un problema de decisión importante que fue examinado tanto por los forestales como por la investigación de operaciones desde comienzos de los años '60 (Kivinen y Uusitalo, 2002), y ha recibido especial connotación internacional en las últimas décadas (Obreque et al., 1995).

Los primeros en aplicar dominio en el tema de convertir óptimamente un fuste individual en trozos fueron Pnevmaticos and Mann (1972), usando programación dinámica (DP) (Kivinen y Uusitalo, 2002).

Varios modelos de optimización que maximizan el valor económico de los trozos generado por un árbol individual, un rodal, o sobre un período de planificación han sido desarrollados (Obreque et al., 1995). Los modelos evalúan alternativas de decisiones de trozado e identifican la solución óptima a través de la aplicación de técnicas de investigación de operaciones. Las técnicas más utilizadas para seleccionar patrones de corte han sido la programación dinámica y la programación lineal (Corvalán., 1992).

Actualmente las teorías óptimas más comunes para el trozado de los fustes son la programación dinámica y el análisis de redes (Wang, 2004).

En algunos países como Escandinavia, Finlandia y Suecia las operaciones de explotación de bosques completamente mecanizadas se han incrementado rápidamente en el raleo y en la corta final durante los últimos 15 años (Kivinen y Uusitalo, 2002).

Junto con un incremento de la corta mecanizada, el tradicional concepto de producción de productos con tamaños altamente estandarizados ha sido reemplazado por la

estrategia de producción orientada al consumidor. Para incorporar la información de mercado al plano productivo se han desarrollado sistemas de alta optimización de los productos aserrados que son capaces de definir el número óptimo de trozos en cada diámetro, largo y calidad por cada orden de cliente que ha sido ejecutada (Kivinen y Uusitalo, 2002).

Otro enfoque sugerido ha sido el uso del computador para presentar al trozador una representación visual de un fuste, que puede ser revisado para detectar su forma y defectos y luego permitirle realizar sus cortes. El valor económico de sus decisiones las compara con la solución de trozado óptima que se obtiene mediante un algoritmo de programación dinámica. El programa, esto es, el simulador de decisiones, permite entrenar a los trozadores y mejorar sus prácticas de trozado las cuales después son aplicadas a decisiones reales en el bosque (Obreque *et al.*, 1995).

Con el desarrollo de los computadores portátiles, ahora es posible decidir en el lugar de corta cuáles longitudes de trozos van a producir la máxima utilidad para el fuste. Se puede considerar simultáneamente la calidad de la superficie del fuste, ahusamiento, longitud, diámetro, calidad de los trozos aceptados por varios clientes potenciales, precios de venta de los productos, costos de cosecha y costos de transporte. Estos computadores ayudan en la toma de óptimas decisiones en el trozado (Sessions, 1988).

Por otro lado, las cosechadoras modernas están equipadas con sistemas de información poderosos no sólo para medir continuamente la longitud y diámetro del fuste, si no también para predecir el perfil de una parte desconocida de él. En la implementación normal, los cabezales de las cosechadoras primero recorren el fuste de principio a fin midiendo y desramando de acuerdo a una longitud dada, luego el sistema predice el perfil del fuste desconocido, y calcula el punto óptimo de trozado para todo el fuste. Si la diferencia entre el diámetro real y el predecido excede el máximo permitido, una nueva predicción y optimización es ejecutada (Kivinen y Uusitalo, 2002).

Desde 1976 las técnicas de optimización del trozado han sido usadas en Nueva Zelanda para aumentar la rentabilidad del bosque (Goulding y Twaddle, 1989).

El FRI (Forest Research Institute, Nueva Zelanda) ha estado investigando los componentes del trozado para determinar las maneras de mejorar el proceso. Varios sistemas de ayuda y practicas de administración han salido de esta investigación, siendo la más importante el programa AVIS (Assessment of Value by Individual Stems). Este

programa provee de la “mejor” solución de corte para cada fuste de acuerdo a sus especificaciones predeterminadas (FRI, 1988).

Los estudios del FRI muestran que los valores de recuperación del fuste varían considerablemente entre equipos de trozado. Factores como motivación del equipo, inversión en administración, condiciones de la cancha, y el tipo de sistema de cosecha usado son importantes. Estos, junto con una experiencia del equipo y conocimiento, determinan el trozado del fuste (FRI, 1988).

El aumento potencial de rentabilidad debido a un mejor trozado es entre 5 y 15% de los ingresos netos. No todo esto puede ser recuperable, pero con una mejor supervisión y control de sistemas existentes puede ser esperable reducir entre un 2 a 5% de las pérdidas (FRI, 1988).

Uno de los problemas más importantes es la capacitación de las cuadrillas. Es necesario demostrar en terreno que es posible mejorar la rentabilidad, con el programa AVIS (FRI, 1988).

La información de entrada del programa es la valoración económica y dimensiones de los trozos. Luego se ingresa el detalle específico acerca de un fuste particular. Estos detalles incluyen el diámetro del fuste a intervalos regulares, tamaño de ramas, longitud podada del fuste y el grado de curvatura (FRI, 1988).

Una vez que el programa ha completado todos los cálculos, la pantalla del computador muestra la “mejor” solución de trozado, la que maximiza el retorno total del rodal. El usuario en ese momento tiene la opción de usar otra solución de trozado para el mismo fuste, entonces la pantalla exhibe el volumen de trozos y valores para cada una de las soluciones en el mismo formato de la mejor solución y destaca los cortes que son diferentes del que da la mejor solución. El programa puede ser usado con ayuda de una capacitación, dejando que los operarios vean como sus decisiones de trozado afectan el valor de los trozos producidos e indicando dónde pueden ser mejorados (FRI, 1988).

Un buen sistema de ingreso de la forma y calidad del fuste como materia prima para el trozado es el MARVL (Method of Assessment of Recoverable Volume by Log-types) creado por el FRI. Este sistema de inventario describe los fustes de los árboles en la parcela de muestra, separando la descripción de calidad para el subsecuente análisis de predicción de rendimientos de trozos por calidad (Goulding, 1999).

El sistema MARVL es un proceso de dos fases: un inventario forestal y un análisis computacional (Manley et al., 1987).

En el inventario forestal se incluye la valoración de una muestra de árboles por tamaño y calidad. El fuste de cada árbol es medido y subdividido en secciones de calidad uniforme, comenzando desde el tocón. El objetivo final de este procedimiento es describir la calidad del fuste (Manley et al., 1987).

En el análisis computacional, el MARVL simula el trozado de los árboles considerando la compatibilidad del tamaño del fuste con el tamaño de los trozos (diámetro y longitud) (Manley et al., 1987).

Una característica de MARVL es que tiene la capacidad de reprocesar un inventario varias veces, variando la estrategia de trozado, cambiando las dimensiones físicas, la calidad aceptable del fuste y los valores relativos para cada tipo de trozo que será cortado de los fustes (Goulding y Twaddle, 1989).

MARVL puede proveer estimaciones exactas del volumen total recuperable y el volumen por tipos de trozos basado sobre la propuesta de clasificación de trozos (Manley et al., 1987).

Otro programa, creado en Nueva Zelanda, usado para maximizar los retornos de la cosecha es el IFR Logger. Este sistema utiliza una forcípula electrónica mediante la cuál los que realizan el trozado pueden describir los fustes (humedad, diámetro y calidad). (IFR Technologies, 2003).

El IFR Logger utiliza ésta información para calcular la mejor opción de trozado, resultante en un valor de retorno máximo para la empresa. Luego el encargado de realizar el trozado marca el fuste donde el calibrador lo indica (IFR Technologies, 2003).

Una real ventaja al usar la tecnología es que la información de la producción establecida en el Logger es bajada a una central de datos permitiendo resumir el reporte de volumen de producción de trozos por un equipo de especialistas y por región (IFR Technologies, 2003).

El sistema de trabajo del Logger es primeramente cargarlo con la lista de productos, prioridades y referencia de datos. Luego el Logger aplica los productos de la lista y la descripción de prioridades, para producir una óptima solución del fuste (IFR Technologies, 2003).

Actualmente Carter Holt Harvey, en Nueva Zelanda, ha incorporado el sistema Logger en sus operaciones, sin mediciones de ganancia de margen publicadas, sin embargo continúan utilizándolo especialmente en canchas centralizadas de trozado. Además de la mejora en retorno, ellos reconocen beneficios en la captura de información de árboles y trozado y el poblamiento de una base de datos del 100% de los árboles cosechados, lo que les permite ir evaluando nuevos productos con sus valores, y auditar la producción (Boston, 2001).

En China el trozado óptimo de los fustes, es un procedimiento clave en la producción de madera. Desde 1949 el trozado ha sido considerado una de las tres políticas principales de la producción de madera. Sin embargo, en el pasado el trozado de los fustes se basaba sólo en la experiencia del trozador, por lo tanto las ventajas obtenidas eran limitadas. Las teorías óptimas para el trozado del fuste fueron introducidas en China a finales de los años '80. Con el desarrollo de la tecnología computacional, actualmente es posible decidir qué longitudes de trozos producirán el máximo valor para el fuste, usando las teorías óptimas (Wang, 2004).

En E.E.U.U. desde 1988 la O.S.U (Oregon State University) ha venido estudiando el tema. Garland et al., desarrolló y probó el sistema BUCK, que consiste en aplicar un optimizador de trozado en cancha utilizando computadores portátiles, similar al programa AVIS y Logger descritos anteriormente. Se encontró incrementos entre 12 y 14% en margen al comparar el trozado manual con el óptimo del sistema BUCK (Garland et al., 1989).

También en E.E.U.U. se ha evaluado el trozado mecanizado, utilizando AVIS. Se han encontrado diferencias de margen de un 6% en cosecha, entre el trozado con un cabezal Waratah y el óptimo entregado por AVIS. En el mismo estudio se encontró diferencias de margen de un 42% en raleo comercial, también comparando el trozado con un cabezal marca Hahn, con la solución óptima de AVIS (Boston y Murphy, 2003)

En Chile la situación actual es similar a la de Nueva Zelanda de los años 80' en que se empieza a producir en gran escala trozos de mejor calidad. Por ello las empresas forestales están recién comenzando a preocuparse del tema de la degradación de productos por mala implementación de los esquemas de trozado (Corvalán, 2003)¹.

(1) Corvalán P., 2003. Académico de la Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Universidad de Chile. (Comunicación Personal)

Desde 1996 Forestal Mininco ha estado desarrollando un sistema de control de calidad en faenas de cosecha, que consiste en un proceso regulador a través del cuál se mide la calidad real de un resultado, se compara con los objetivos de la calidad (norma) y se actúa sobre la diferencia. Este sistema comenzó con un control de longitud de trozado, altura de tocones y degradación aserrable, hasta el año 1998, fecha en la cuál se incorporó la evaluación económica del trozado en cancha, la que consiste en determinar la cantidad de dinero que se deja de percibir por defectos en la ejecución e incumplimientos de la instrucción de trozado (Forestal Mininco, 2003).

Para determinar la pérdida económica se compara los resultados obtenidos por el trozado real de la cuadrilla en terreno versus los resultados obtenidos por un simulador de trozado que trabaja sólo con los diámetros y los largos de los fustes analizados (Forestal Mininco, 2003).

Se encontró que las causas más relevantes de las pérdidas son: degradación de productos, madera corta y trozos fuera de rango diamétrico (Forestal Mininco, 2002).

Desde el año 2001 a la fecha, este control de calidad se aplica a todas las faenas de la empresa (Forestal Mininco, 2003).

El resto de las empresas Forestales de Chile, hasta el momento no han aplicado sistemas de control de trozado como los descritos anteriormente (Díaz, 2004).

Es por este motivo que la empresa Forestal Bío Bío está interesada en desarrollar el tema en una investigación específica a través de una evaluación del trozado, que se desarrollará en esta memoria.

3.2 ANTECEDENTES GENERALES DE FORESTAL BÍO BÍO S.A.

Forestal Bío Bío S.A. forma parte del grupo Global Forest Partners L.P. (GFP) y es una de las cuatro empresas forestales más importantes de Chile, con una existencia desde hace más de 15 años. Está ubicada en la VIII región y se dedica a la producción y comercialización de madera de diferentes tipos.

Global Forest Partners L.P es uno de los líderes en inversiones forestales del mundo. Posee activos en Estados Unidos, Argentina, Australia, Brasil, Chile, Nueva Zelanda y Uruguay. Administra sobre mil millones de dólares en representación de más de 80 inversionistas institucionales, incluidos los principales fondos de pensiones de Estados Unidos.

El manejo Forestal de la empresa persigue maximizar el valor presente neto de la compañía, en un horizonte de largo plazo (dos rotaciones de pino insigne) y sujeto a restricciones estratégicas, operacionales, ambientales, sociales, de abastecimiento de mercados y plantas industriales y de flujos de caja. Este manejo se encuentra enmarcado dentro de la legislación existente y en un contexto de respeto y armonía con el medio ambiente natural y social. Se basa en el establecimiento, mantención, protección, manejo y cosecha de plantaciones forestales, principalmente *Pinus radiata* D.Don. (pino insigne), mediante una silvicultura orientada a la producción de maderas aserrables, provenientes tanto de trozos podados como no podados.

La especie pino insigne ha sido seleccionada principalmente por su rápido crecimiento, rotación económica corta, adaptabilidad y rusticidad, conocimiento de la especie, industria consolidada, mercados ya establecidos con nichos ya desarrollados.

Hasta 1997, la estrategia de negocio estaba focalizada en los mercados de exportación. Más del 50% de las ventas se concentraban en Corea, China, Japón e India. Actualmente el principal mercado es el doméstico, abasteciendo a aserraderos y plantas productoras de papel, ubicados dentro de la zona de operaciones de la empresa. El principal destino de los trozos de mayor valor que se obtienen de la cosecha de sus plantaciones, es el aserradero y planta de remanufactura Norwood de propiedad de los mismos inversionistas.

El patrimonio de FBB (Forestal Bío Bío) al 30 de Abril de 2004 es de 52.793,8 ha de terreno, con 37.324,3 ha de plantaciones forestales distribuidas en 188 fundos ubicados en 26 comunas de la VIII región de Chile (ver figura 1). El 98% de las plantaciones

corresponde a pino insigne. Los predios se ubican mayoritariamente en la costa y en la precordillera de los Andes, con una menor presencia en el valle central.

En la tabla 1 se indica en detalle la superficie, por tipo de uso del patrimonio de Forestal Bío Bío, actualizado a Abril de 2004:

Tabla 1: Superficie, por tipo de uso, del patrimonio de Forestal Bío Bío S.A.

	Uso	Superficie (ha)	% del Total
Superficie de Bosques	Pino insigne	36.109,4	68%
	Eucalipto	561,5	1%
	Otras Especies	653,4	1%
Total Superficie de Bosques		37.324,3	71%
	Terreno Plantable	2.185,4	4%
Total Terreno Productivo		39.509,7	75%
	Protección	6.323,4	12%
	Matorral	496,1	1%
	Vegas	702,3	1%
	Bosque Nativo y Renovales	2.077,9	4%
	Otros Usos	3.684,4	7%
Superficie Total		52.793,8	100%

Descripción de Usos:

- Pino: plantaciones de pino insigne.
- Eucalyptus: plantaciones de *Eucalyptus globulus* o *nitens*.
- Otras especies: álamo, pino oregón, pino contorta, ciprés y aromo.
- Terreno plantable: suelo apto para ser plantado en el corto plazo, proveniente principalmente de sectores cosechados e incendios.
- Protección: área colindante a cursos de agua y quebradas.
- Matorral: suelo apto para ser plantado en el mediano a largo plazo.
- Vegas: suelos de uso preferentemente agrícola o ganadero.
- Bosque nativo y renoval: áreas de bosques naturales.
- Otros usos: canchas de acopio, fajas de caminos, cárcavas, lagunas, etc.

En el proceso de planificación táctica y operativa, se evalúan todas las implicancias ambientales y económicas de las actividades de cosecha incluyendo, entre otras, fragilidad del suelo, zonas de protección, cursos de agua, pendiente del terreno, red de caminos, ubicación de canchas de acopio, tipo de equipo de madereo, entre otros.

Según la pendiente en que se ejecute la cosecha, se usan métodos de madereo terrestre (pendientes inferiores o iguales a 30%) o aéreo (pendiente superior a 30%). El sistema terrestre más usado es el madereo con skidder y en el madereo aéreo, las torres.

La faena de cosecha es realizada por una empresa de servicio forestal (ESF) determinada, en un predio determinado, y se inicia con un volteo manual (motosierrista), luego sigue el madereo que se realiza ya sea con skidder o torre (en función de las pendientes del rodal y de la fragilidad del suelo), acopiando los fustes completos en una cancha especialmente diseñada y construida para el trozado de los productos, y el arrumado y acopio de los mismos que generalmente se hace con trineumático.

Para el trozado de los fustes en cancha se ocupan cuadrillas formadas por tres personas un motosierrista que es el encargado de trozar los productos, y dos ayudantes que se preocupan de desramar (hachero), medir (huincherero), etc. La cuadrilla debe trozar siguiendo estrictamente una instrucción u orden de trozado dada.

La instrucción u orden de trozado de los fustes está dada por un esquema de trozado que elaboran los supervisores del área de producción de FBB para cada una de las faenas de cosecha que tienen a su cargo.

El esquema de trozado es un documento que contiene en su formato todos los productos que deben ser obtenidos del trozado de los fustes en la faena en particular, acompañados de los respectivos clientes² a los cuales pueden ser despachados, de las especificaciones de largo (m) y diámetros JAS (Japanese Agricultural Standard) (cm) de los productos, y de las metas de producción mensuales (m³) que se deben cumplir para cada producto. (Ver apéndice 2).

(2) Se entiende por cliente a toda empresa o persona natural que compra los productos que comercializa la empresa Forestal Bío Bío S.A.

3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PRODUCTOS DE FORESTAL BÍO BÍO S.A.

1. Tipos de productos:

En la tabla siguiente se observan los productos de pino insigne que comercializa la empresa FBB, de acuerdo al tipo y a la familia de productos a la cuál pertenecen.

Tabla 2: Productos de pino insigne que comercializa FBB.

Tipo de Producto	Familia	Nombre del Producto
Podado	100% Podados	Podado 1-100 (P1-100).
		Podado 2-100 (P2-100).
	Podados Parciales	Podado 1-80 (P1-80).
		Podado 1-50 (P1-50).
		Podado 2-80 (P2-80).
Aserrable	Aserrables	Podado 2-50 (P2-50).
		Aserrable Grueso (A.G).
		Aserrable Delgado (A.D).
		Aserrable calidad Pabío
		Metro ruma Aserrable.
Pulpable	Pulpables	Aserrable calidad Pulpa 2.
		Pulpa tipo Pabío.
		Pulpa tipo 2.

2. Conceptos generales de los productos:

- Largo real: largo total del producto o trozo medido con una huincha métrica, expresado en metros con precisión al centímetro.
- Largo nominal: es el largo con que se comercializan los productos (trozos). Generalmente son 10 cm menos que el largo real y es el mismo largo que se utiliza para cubicar los trozos.
- Diámetro JAS: es el diámetro menor de la sección transversal menor del trozo. Se mide en cm y se aproxima al par inferior (Norma JAS).
- Volumen real: es el volumen sólido sin corteza de los trozos. Se expresa en m³ssc.
- Volumen JAS: es el volumen de los trozos enviados a destino que se cubican con las funciones JAS explicadas a continuación:

- Largos menores a 6.0 m.

$$\text{Volumen JAS} = (\text{Diámetro JAS} * \text{Diámetro JAS} * \text{Largo nominal}) * 0.0001 \quad (1)$$

- Largos mayores ó iguales a 6.0 m.

$$\text{Volumen JAS} = ((\text{Largo real} - 4) / 2 + \text{Diámetro JAS})^2 * \text{Largo nominal} * 0.0001 \quad (2)$$

Es importante destacar que para los productos de las familias Podados y para los Aserrables en general, los largos reales y nominales (m), y los diámetros (cm) exigidos varían de acuerdo a los requerimientos de los clientes, por lo tanto de cada tipo de producto puede existir una gran variedad de alternativas distintas.

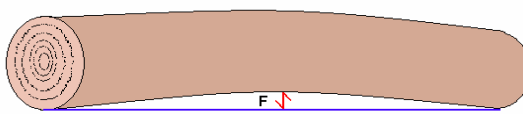
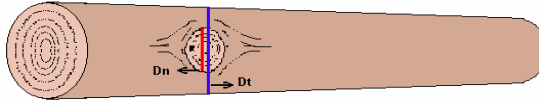
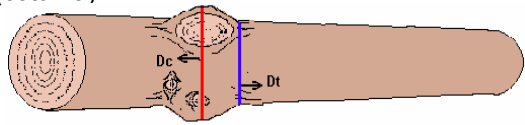
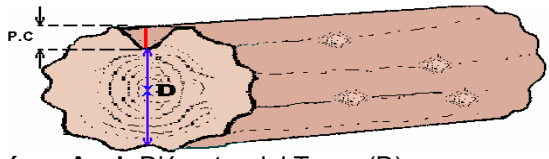
3. Requisitos mínimos de los productos (todos deben cumplirlos):

- Cortes rectos y perpendiculares al eje del trozo.
- Desramado a ras del trozo.
- Sin hachazos en los extremos.

4. Defectos o causales de rechazo de productos:

- Trozos con pudrición.
- Trozos con ganchos o ramas.
- Trozos quebrados.
- Trozos quemados con daño a la madera.
- Trozos fuera de dimensiones requeridas (largo, diámetro).
- Trozos con incrustaciones o elementos extraños (clavos, alambres, piedras etc.).
- Trozos con daño en la sección transversal o con su centro desgarrado.

5. Consideraciones de medición de los productos:

<p>a) <u>Curvatura:</u> Se debe verificar la altura máxima del arco (flecha máxima) y se compara con el diámetro en el extremo menor del trozo.</p>  <p>F: flecha máxima.</p> <p>b) <u>Tamaño Del Nudo:</u> Se mide y se compara con el diámetro del trozo en el mismo lugar donde se encuentra el nudo.</p>  <p>Línea Azul: Diámetro del trozo (Dt) que se compara con el diámetro del nudo en el mismo lugar donde se encuentra éste. Línea Roja: Diámetro máximo del nudo (Dn).</p>	<p>c) <u>Abultamiento del Verticilo:</u> Se mide y se compara con el diámetro del trozo inmediatamente posterior al abultamiento (cotuma).</p>  <p>Línea Azul: Diámetro del trozo (Dt) que se compara con el diámetro del abultamiento del verticilo. Línea Roja: Diámetro del abultamiento del verticilo o cotuma (Dc).</p> <p>d) <u>Contrafuerte:</u> Se mide la profundidad máxima del contrafuerte.</p>  <p>Línea Azul: Diámetro del Trozo (D) Línea Roja: Profundidad del contrafuerte (P.C).</p>
--	--

Fuente: LLedó, 2004.

Figura 2: Consideraciones de medición de los productos.

6. Descripción de los tipos de productos y sus especificaciones técnicas y de calidad:

Tabla 3: Especificaciones técnicas y de calidad de los productos Podados.

PODADOS	P1-100	P1-80	P1-50	P2-100	P2-80	P2-50
Diámetros exigidos	Min 34 cm (según PLI fondo)	Min 34 cm (según PLI fondo)	Min 34 cm (según PLI fondo)	Min 26 cm	Min 26 cm	Min 26 cm
Curvatura (Flecha Máx.)	1/4 DJAS	1/4 DJAS	1/4 DJAS	1/4 DJAS	1/4 DJAS	1/4 DJAS
Doble curvatura	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Nudos	NO	No > 1/3 (*) del diam.trozo	No > 1/3 (*) del diam.trozo	NO	No > 1/3 (*) del diam.trozo	No > 1/3 (*) del diam.trozo
Problemas Fitosanitarios						
Pudrición, Mancha	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Resinación	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Defectos Operacionales						
Astillamiento	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Agrietamiento	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Partidura	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Abultamiento verticilo (Cotuma)	NO	Máx 1/4 del diam.trozo	Máx 1/4 del diam.trozo	NO	Máx 1/4 del diam.trozo	Máx 1/4 del diam.trozo
Otros Defectos						
Conos	NO	SI (*)	SI (*)	NO	SI (*)	SI (*)
Acículas, Peca Fuerte	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Daño por fuego	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Doble Flecha	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Médula	-	-	-	-	-	-
Contrafuertes	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
Otras Observaciones	Producto es 100% podado	Long. Min. Podada de 3.5m.	Long. Min. Podada de 1.5m.	Producto es 100% podado	Long. Min. Podada de 3.5m.	Long. Min. Podada de 1.5m.
		(*) sólo en sección no podada	(*) sólo en sección no podada		(*) sólo en sección no podada	(*) sólo en sección no podada
	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad

Tabla 4: Especificaciones técnicas y de calidad de los productos Aserrables y Pulpables.

ASERRABLES Y PULPABLES	Aserrable Grueso	Aserrable Delgado	Aserrable Cal. Pabio	M. Ruma Aserrable	Pulpa T.Pabio	Aserrable Cal.Pulpa 2	Pulpa Tipo 2
Diámetros exigidos	Min 26 cm	(16 cm - 24 cm)	(18 cm - 24 cm)	Min 24 cm	(9 cm - 35 cm)	Min 12 cm	Min 9 cm
Curvatura (Flecha Máx.)	1/3 DJAS	1/3 DJAS	1/3 DJAS	1/3 DJAS	1/3 DJAS	Sin restricción	Sin restricción
Doble curvatura	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Nudos	No > 1/3 del diam.trozo	No > 1/3 del diam.trozo	No > 1/3 del diam.trozo	No > 1/2 del diam.trozo	No > 1/3 del diam.trozo	Sin restricción	Sin restricción
Problemas Fitosanitarios							
Pudrición	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Mancha	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Resinación	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Defectos Operacionales							
Astillamiento	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Agrietamiento	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
Partidura	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI
Orificios de trozado o madereo	-	-	-	-	-	-	-
Abultamiento verticilo (Cotuma)	Máx 1/3 del diam.trozo	Máx 1/3 del diam.trozo	Máx 1/3 del diam.trozo	Máx 1/3 del diam.trozo	Máx 1/3 del diam.trozo	Sin restricción	Sin restricción
Otros Defectos							
Conos, acículas, peca fuerte	SI (*)	SI (*)	SI (*)	SI (*)	SI	SI	SI
Daño por fuego	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Doble Flecha	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Contrafuertes	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)	(**)
Otras Observaciones	(*) Norwood no acepta peca fuerte	(*) Norwood no acepta peca fuerte	(*) Norwood no acepta peca fuerte	(*) Norwood no acepta peca fuerte	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad
	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad	(**) Máx 10 cm de profundidad			

4 MATERIAL Y MÉTODO

Para realizar la evaluación del trozado el estudio se dividió en dos etapas; en la primera de ellas se elaboró un diagnóstico de la situación actual del trozado en cancha y en la segunda se proponen acciones para mejorarlo a partir de la base de lo diagnosticado.

4.1 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL TROZADO EN CANCHA

En el diagnóstico se incluye una comparación entre los resultados del trozado real de los fustes, ejecutado por la cuadrilla de trozado en cancha, versus el trozado simulado de esos mismos fustes, obtenido de la simulación. Además se incluyó un control de longitud del trozado real de los fustes muestreados (desviación de largos).

4.1.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La determinación del área de estudio fue entregada por el jefe de planificación de FBB de acuerdo al programa de cosecha de la temporada de invierno del año 2003. A partir de esa información se decidió evaluar a todas las faenas de cosecha de la empresa que estaban operando en el período de realización de este estudio (Julio-Agosto, 2003), esto correspondió específicamente a cinco faenas con un total de 10 cuadrillas de trozado en cancha (dos torres y seis skidders), pertenecientes a tres empresas que prestan servicios forestales a FBB; Doña Isidora (cuatro cuadrillas), Robson (cinco cuadrillas) y Omar Pino (una cuadrilla). Lo anterior se puede observar en la tabla 5:

Tabla 5: Resumen de la distribución y características del área de estudio.

N° Faena	Faena	ESF	N° Cuadrillas de Trozado	Equipo de Madereo	Ubicación Faena (comuna)	Rendimiento Planificado (m ³ /ha)
1	San Isidro	Doña Isidora	4	Skidder	Coihueco	420
2	Sn. Ramón y Cangrejillo	Robson	2*	Skidder	Florida	400
3	Quillaytahue	Robson	2*	Torre	Santa Juana	300
4	Patagual	Robson	2	Torre	Lota-Coronel	300
5	Patagual	O. Pino	1	Skidder	Lota-Coronel	300

(*) Una de las dos cuadrillas se alterna entre las faenas Quillaytahue y San Ramón y Cangrejillo.

4.1.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Con el objeto de evaluar las faenas se realizaron mediciones del trozado en terreno, para lo cual se realizó muestreos a cada una de ellas.

Los muestreos consideraron la totalidad de cuadrillas de trozado que estaban operando en las faenas de la empresa (10 cuadrillas en total) y se realizaron por lo menos dos veces a cada cuadrilla, en días distintos y en semanas distintas, con el fin de neutralizar posibles efectos externos a la cuadrilla (condiciones climáticas adversas, etc.) o alguna otra causa (enfermedad, cansancio, etc.), de manera de que fueran lo más representativo posible.

Debido al alto costo que tiene interrumpir una faena de cosecha y a que los recursos económicos disponibles para realizar este estudio son escasos, se consideró apropiado y suficiente tomar una muestra de 10 fustes por cuadrilla de trozado (ó alrededor de un 5% de la producción diaria) en cada uno de los muestreos realizados.

Dependiendo de las características de la faena (tamaño de la cancha, tiempo de madereo, rapidez de la cuadrilla de trozado, distribución de la jornada de trabajo, etc.), los fustes son elegidos, de acuerdo a la oportunidad de ser medidos, en las canchas durante el día o jornada de trabajo (8:00-12:00 y 13:00-17:00 horas) de la cuadrilla de trozado.

En la tabla 6 se observa el número de muestras (fustes) que fueron tomadas, y el número de esquemas de trozado que fueron evaluados en cada una de las faenas en cuestión,

Tabla 6: Tamaño y distribución de las muestras y esquemas de trozado, por faena y ESF.

N° Faena	Faena	ESF	Tamaño de la Muestra (fustes)	N° Esquemas de Trozado
1	San Isidro	Doña Isidora	77	9
2	Sn. Ramón y Cangrejillo	Robson	32	4
3	Quillaytahue	Robson	20	2
4	Patagual	Robson	18	3
5	Patagual	O. Pino	4	1
Total			151	19

4.1.3 TOMA DE DATOS

Una vez que se determinó el área de estudio y el tamaño de la muestra, se procedió a la toma de datos en terreno (una preliminar y otra definitiva) en todas las faenas de cosecha de la empresa.

La toma de datos se dividió en dos partes:

1. Medición de perfiles fustales y caracterización de fustes:

Con el fin de establecer un sistema de medición de perfiles fustales y caracterización de fustes, se realizó una visita preliminar a terreno. En esta visita se procedió a la obtención de una muestra preliminar de datos a dos cuadrillas de trozado, con el propósito de practicar y familiarizarse con las formas de realizar las mediciones y la toma de datos.

Establecido este sistema se creó un formulario de registro de información de terreno, el cual incluyó el registro de perfil fustal, esquema de trozado vigente en la faena, producción (m³) diaria por cuadrilla y por faena, observaciones generales, etc. (Ver apéndice 1).

Una vez determinado el procedimiento a utilizar se realizó el muestreo definitivo en todas las faenas de la empresa.

Para la realización del muestreo preliminar y del definitivo se estimó conveniente formar una cuadrilla de muestreo de dos personas; una de ellas dedicada exclusivamente a la medición de los fustes y a la observación crítica de la actividad del personal en la cancha de trozado, y la otra (memorante) dedicada a tomar registro de los datos capturados, en el formulario de registro de información, como ayudante en la medición y también dedicada a la observación crítica de la actividad del personal en la cancha de trozado.

El procedimiento utilizado para la colecta de la muestra preliminar y para el muestreo definitivo de todas las faenas fue, primeramente, informar al jefe de faena o al operador (motosierrista) acerca del objetivo y alcances de la investigación, luego tomar registro del esquema de trozado vigente en la faena y coordinar el plan de trabajo para la toma de muestra bajo las medidas de seguridad adecuadas, sin interferir en gran medida el desempeño productivo de la cuadrilla de trozado.

2. Observación crítica de la actividad del personal en cancha de trozado:

Se realizó paralelo al muestreo y abarcó aspectos tales como:

- Cumplimiento de las normas básicas de seguridad exigidas por la empresa.
- Cumplimiento de la instrucción (esquema) de trozado, que es entregada por el jefe de faena a la cuadrilla de trozado.
- Comunicación entre quienes emiten las órdenes de trozado (jefe de faena) y quienes ejecutan la operación de trozado (cuadrilla de trozado).
- Cumplimiento de las especificaciones técnicas y de calidad de productos en el trozado.

Esto se hizo con el objetivo de identificar posibles diferencias entre el trozado real v/s el obtenido en el simulador de trozado.

4.1.4 VARIABLES DE MEDICIÓN EN EL MUESTREO

A cada uno de los fustes elegidos como muestra se les midió en cancha, antes de ser trozados, atributos de tamaño y calidad.

Para las mediciones diamétricas se utilizó forcípula (cm) y huincha diamétrica (cm), y para medir longitudes se utilizó huincha de distancia (m).

La modalidad de medición consistió en ubicar la huincha de distancia en la base del fuste, lo que constituye el punto cero a partir del cual se empieza a medir, y se avanza con la huincha de distancia en dirección al extremo menor del fuste, recorriéndolo en su totalidad, midiendo y registrando todos los atributos de tamaño y calidad que se encuentren en el recorrido.

La huincha de distancia debe extenderse lo más recta posible a la superficie del fuste (en forma paralela al eje del fuste).

Los atributos medidos son los siguientes:

- Ahusamiento: se midió, a partir del diámetro basal, todos los diámetros (cm) con corteza cada un metro de largo, hasta completar el largo total del fuste. En el punto cero se hace la primera medición de diámetro con forcípula, que corresponde al diámetro basal del fuste y se va midiendo cada un metro de distancia los diámetros (cm). En el caso en que el diámetro del fuste fuera superior al máximo medible con forcípula se debe utilizar una huincha diamétrica.

- Largo total: para esta medición se utilizó una huincha de distancia (m) que se ubicaba a partir de la base del fuste y se extendía hasta llegar al extremo menor de éste, es decir, hasta llegar a completar su largo total.
- Longitud podada: se midió a cada fuste elegido la longitud (m) que presentaba con poda, es decir, libre de nudos.
- Diámetros de abultamientos de verticilos: se midió en cada fuste todos los diámetros máximos de cada abultamiento de verticilo que tenían, y además el diámetro del trozo inmediatamente posterior a éste.
- Tamaño de nudos (cm): se midió en cada fuste el diámetro mayor (cm) de los nudos de mayor tamaño que habían en cada verticilo a lo largo del fuste. Cada vez que se observe un nudo en la superficie del fuste se procede a ubicar visualmente el de mayor tamaño en ese lugar y se mide con forcípula o huincha el diámetro mayor de éste. Posteriormente se mide el diámetro del fuste en el mismo lugar en que se encuentra el nudo.
- Longitud de internudos (m): para cada uno de los fustes, se midió la longitud o distancia (m) existente entre cada verticilo encontrado a lo largo del fuste, es decir se midió la longitud de internudos.
- Curvatura del fuste (flecha máxima): en cada uno de los fustes se midió también la curvatura o flecha máxima (cm). Esta medición se realizó cada cinco metros de longitud del fuste, hasta llegar al término de éste. El procedimiento consistió en poner la huincha de distancia en un punto de partida (base del fuste) desde el cual se avanza cinco metros a lo largo del fuste (por la parte aparentemente más curva del mismo) con la huincha de distancia lo más recta posible y se mide el lugar en dónde se produzca la mayor distancia entre el fuste y la huincha de distancia, lo que constituye la flecha máxima.

Además de los atributos anteriormente nombrados, se registró cualquier defecto o malformación que presentara el fuste, como por ejemplo: grietas, doble flecha, contrafuertes, hachazos, pecas, etc.

Todas las mediciones realizadas se efectuaron siguiendo las especificaciones técnicas de medición contenidas en el manual de productos de la empresa.

Posterior a la medición y caracterización completa del fuste se deja actuar a la cuadrilla de trozado y se toma registro de los productos que fueron trozados a partir de cada uno

de los fustes en cuestión, es decir se toma registro del trozado real. Las variables de medición que se incluyen en este caso son: diámetro JAS del producto, largo real (m) del producto (servirá para realizar el control de longitud de trozado), y también se detalla el tipo de producto al que pertenece.

Toda esta información es registrada en el formulario de registro de terreno y traspasada a formato digital para su posterior manejo en el simulador de trozado.

4.1.5 SIMULADOR DE TROZADO

Una vez finalizado el muestreo y con los datos registrados en formato digital, se ingresó toda esa información a un simulador de trozado, especialmente desarrollado por un asesor externo -por encargo de la empresa-, el cual integra la información del perfil fustal y las distintas calidades de materias primas que configuran los productos de acuerdo al esquema de trozado vigente en cada faena.

El simulador fue programado para ser trabajado en Microsoft Excel con el propósito de hacer más flexible el manejo para los usuarios.

Cabe destacar que el simulador de trozado se desarrolló simultáneamente a la toma de datos en terreno, y se consideró inicialmente un simulador elemental que dependía de variables como diámetros, largos y existencia de poda. A medida que se fue precisando y agregando otras variables fustales tales como diámetro del abultamiento del verticilo o cotuma (cm), diámetro del nudo, curvatura o flecha máxima (cm), defectos, pecas, etc., éstas fueron incorporadas en la programación del simulador.

El simulador estima los productos de cada fuste a partir de un esquema de trozado dado y de la información del perfil fustal. Para la estimación de los productos se aplica un método de interpolación de diámetros (Spline) el cual utiliza un conjunto de diámetros sin corteza y alturas fustales, y es ajustado a cada fuste en forma individual. Los diámetros sin corteza son obtenidos a partir de las mediciones reales de diámetros con corteza y mediante la aplicación de una función de espesor de corteza. No utiliza funciones de ahusamiento.

El simulador consta de una planilla Excel con cuatro hojas, las que se describen a continuación:

1. Hoja "productos": en ésta se ingresa en filas y columnas la información de los diferentes tipos de productos que contienen los esquemas de trozado vigentes en todas las faenas, con sus respectivas especificaciones técnicas de tamaño y calidad. Los

campos que posee la hoja "productos" son los siguientes (Ver descripción en los apéndices 3 y 3.1):

- "Activo", "Núm", "Código", "Nombre", "Diámetros", "Largos", "Poda", "Flecha", "Nudos", "Cotumas", "Pecas" y "Defecto".

2. Hoja "árboles": en ésta se ingresa toda la información de los perfiles fustales y la información del trozado real capturada en terreno (Ver descripción en los apéndices 4 y 4.1):

Los campos que se completan utilizando la información de los perfiles fustales son:

- "N° Arb.", "Largos", "Diámetros", "Tamaño de nudos", "Diám.Cotuma", "Flecha", "Poda", "Pecas" y "Defectos".

Los campos que se completan utilizando la información de los perfiles fustales son:

- "Producto", "Hi".

3. Hoja "Trozado_Simulado": entrega los resultados que fueron estimados a partir de la simulación de los datos ingresados en las hojas "productos" y "árboles", y posee los siguientes campos (Ver descripción en los apéndices 5 y 5.1):

- "N° Árbol", "Nombre", "Dapcc", "Dapsc", "Altura", "Diámetros s/c", "Largo venta", "Largo real", "Altura fustal", "Volúmenes", "Diámetro JAS", "Largo sección podada", "Relación (%) cotuma/diámetro", "Relación (%) nudo/diámetro", "Relación (%) flecha/diámetro".

4. Hoja "Trozado_Real": entrega como resultado la simulación sólo de los diámetros y el volumen de los fustes, pero a partir del trozado real de terreno, es decir, cubica a partir de los productos que fueron obtenidos por la cuadrilla de trozado de cada fuste en particular, esto con el fin de que los diámetros provenientes del trozado simulado y los provenientes del trozado real sean comparables, eliminando así posibles desviaciones causadas por la función de espesor de corteza utilizada para la estimación de diámetros. Esta hoja contiene sólo los 11 primeros campos contenidos en la hoja "Trozado_Simulado" (Ver apéndice 6).

Para activar las hojas de resultados; "Trozado_Simulado" y "Trozado_Real", es necesario ejecutar una "Macro" en Microsoft Excel que procesa la información contenida en las hojas "productos" y "árboles" para así entregar posteriormente los resultados anteriormente descritos.

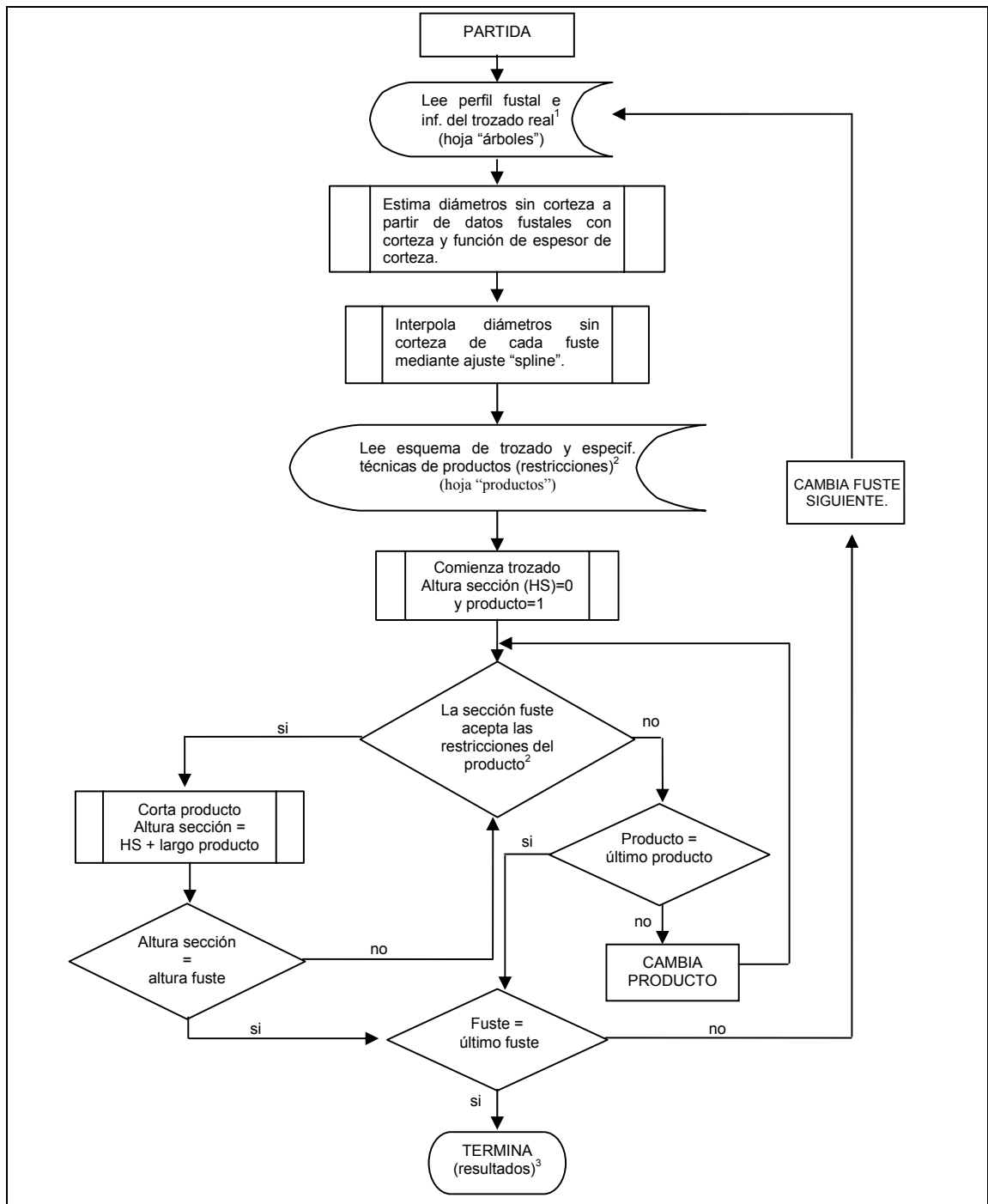


Figura 3: Diagrama de flujo (simplificado) del simulador de trozado.

- (1) Los datos del perfil fustal son los siguientes: largos, diámetros, tamaño de nudos, diámetro del abultamiento de verticilo (diám.cotuma), curvatura (flecha), poda (si ó no), pecas (si ó no), defectos (ver apéndice 4 y 4.1).
Los datos del trozado real son: producto y largo real (hi) (ver apéndice 4 y 4.1)
- (2) Los datos del esquema de trozado y especificaciones técnicas de los productos (restricciones que deben cumplir los productos) son los siguientes: nombre del producto, diámetros JAS (máx y mín), largos (real y nominal), poda (si ó no), curvatura o flecha máxima (porcentaje máx. aceptado), tamaño de nudos (porcentaje máx. aceptado), abultamiento del verticilo o "cotumas" (porcentaje máx. aceptado), pecas (acepta o no), defectos que acepta (ver apéndice 3 y 3.1).
- (3) Ver punto 4.1.5 (Simulador de Trozado): número 3 (Hoja "Trozado_Simulado") y número 4 ("Hoja Trozado_Real").

4.1.6 PROCESAMIENTO DE RESULTADOS

Se comparó los resultados del trozado real y el simulado en las siguientes variables:

- Las diferencias de margen (US\$/m³ y US\$ totales).
- Los porcentajes (%) de volumen por producto.

Adicionalmente se obtuvo:

- El volumen (m³) de productos provenientes del trozado real que se encuentran fuera de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas por la empresa FBB.
- La desviación de largos en los productos provenientes del trozado real.

4.1.6.1 Diferencias de margen

Las diferencias de márgenes existentes entre los resultados provenientes del trozado simulado y el real constituyen la pérdida económica o lo que deja de percibir FBB producto de defectos en la ejecución del trozado por parte de la cuadrilla de trozado.

Se entiende por margen del producto, la diferencia entre el precio de venta del producto (US\$/m³) al cliente, el costo de flete (US\$/m³) y los costos de producción asociados (camino, faena y carguío) (US\$/m³).

Los precios de venta de los productos y los costos asociados a ellos, fueron obtenidos de las tablas de precios y de las de bases de datos de costos del año 2003, que maneja el área de comercialización de productos de la empresa FBB.

Por otro lado, los clientes a los cuales deben ser despachados los productos están definidos en el esquema de trozado vigente en la faena. Estos clientes fueron fijados anteriormente por las áreas de producción y comercialización de la empresa para cada faena en cuestión.

Para obtener las diferencias de márgenes entre el trozado simulado y el trozado real, se utilizaron tres supuestos:

- 1.** Referido a las políticas de castigo al no cumplimiento de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas, o al no cumplimiento del esquema de trozado dado. Estas políticas se detallan a continuación:
 - A todos aquellos productos del tipo Aserrable y Pulpable obtenidos del trozado real y que no cumplen con las especificaciones exigidas, se les hace una rebaja al margen de un 50%.

- A todos aquellos productos del tipo Podado obtenidos del trozado real y que no cumplen con las especificaciones exigidas, se les hace una rebaja en el precio del producto, que equivale a ponerle el precio del producto Aserrable Grueso alternativo que hay para ese cliente.
- Todos aquellos productos del tipo Aserrable y Pulpable obtenidos en el trozado real, pero que no se encuentran dentro de las órdenes de productos presentes en el esquema de trozado vigente, en la faena correspondiente, serán castigados en un 50% de su margen.
- Todos aquellos productos del tipo Podado obtenidos en el trozado real, pero que no se encuentran dentro de las órdenes de productos presentes en el esquema de trozado vigente, en la faena correspondiente, serán castigados haciendo una rebaja en el precio del producto, que equivale a ponerle el precio del producto Aserrable Grueso alternativo que hay para ese cliente.

2. Referido a la demanda de los productos:

- El análisis se hizo bajo el supuesto de que la demanda de los productos (m³) (presentes en el esquema de trozado) requerida por parte de los clientes en análisis es ilimitada.

3. Referido a los costos de producción:

- Dado que los costos de producción son independientes del producto, son costos fijos, idénticos para ambos trozados (real y simulado) y por lo tanto son irrelevantes en el análisis de las diferencias de margen.

Luego las diferencias de márgenes unitarias (US\$/m³) entre el trozado real y el simulado se calcularon por faena, por ESF y finalmente para FBB en general:

a) Diferencias de margen por Faena:

$$\text{D.M.F} = \frac{\sum_{k=1}^C \sum_{b=1}^{CL} \sum_{j=1}^P [(PV^s_{(j,b,k)} - CF^s_{(j,b,k)}) * V^s_{(j,b,k)}]}{\sum_{k=1}^C \sum_{b=1}^{CL} \sum_{j=1}^P V^s_{(j,b,k)}} - \frac{\sum_{k=1}^C \sum_{b=1}^{CL} \sum_{j=1}^P [(PV^r_{(j,b,k)} - CF^r_{(j,b,k)}) * V^r_{(j,b,k)}]}{\sum_{k=1}^C \sum_{b=1}^{CL} \sum_{j=1}^P V^r_{(j,b,k)}} \quad (3)$$

$\forall j = 1, \dots, P; \forall b = 1, \dots, CL; \forall k = 1, \dots, C$

b) Diferencias de margen por ESF:

$$D.M.E = \frac{\sum_{f=1}^F (D.M.F_{(f)} * Vm_{(f)})}{\sum_{f=1}^F Vm_{(f)}} \quad (4)$$

$\forall f = 1, \dots, F$

c) Diferencias de margen para FBB:

$$D.M.FBB = \frac{\sum_{e=1}^E (D.M.E_{(e)} * Vm.E_{(e)})}{\sum_{e=1}^E Vm.E_{(e)}} \quad (5)$$

$\forall e = 1, \dots, E$

Dónde:

- D.M.F = Diferencias de margen unitarias por faena (US\$/m³).
- D.M.E = Diferencias de margen unitarias por ESF (US\$/m³).
- D.M.FBB = Diferencias de margen unitarias para FBB (US\$/m³).
- PV^r_(j,b,k) = Precio de venta del producto j, proveniente del trozado real, al cliente b, producido por la cuadrilla k (US\$/m³).
- PV^s_(j,b,k) = Precio de venta del producto j, proveniente del trozado simulado, al cliente b, producido por la cuadrilla k (US\$/m³).
- CF^r_(j,b,k) = Costo de flete del producto j, proveniente del trozado real, al cliente b, para la cuadrilla k (US\$/m³).
- CF^s_(j,b,k) = Costo de flete del producto j, proveniente del trozado simulado, al cliente b, para la cuadrilla k (US\$/m³).
- V^r_(j,b,k) = Volumen JAS, proveniente del trozado real, del producto j perteneciente al cliente b, producido por la cuadrilla k (m³).
- V^s_(j,b,k) = Volumen JAS, proveniente del trozado simulado, del producto j perteneciente al cliente b, para la cuadrilla k (m³).
- Vm_(f) = Volumen real de producción mensual de la faena f (m³).
- Vm.E_(e) = Volumen real de producción mensual de la ESF e (m³).
- P = N° total de productos producidos por la cuadrilla k.
- CL = N° total de clientes asociados a los productos de la cuadrilla k.
- C = N° total de cuadrillas que componen la faena f.
- F = N° total de faenas pertenecientes a la ESF e.
- E = N° total de ESF evaluadas para FBB.

Estas diferencias de márgenes unitarias (US\$/m³) fueron tabuladas y se expandieron a dólares totales mensuales, utilizando el volumen real (m³) producido en el mes de Julio 2003, para cada faena, ESF y total para FBB.

Los resultados totales además se presentaron en pesos Chilenos (\$), utilizando una tasa de cambio de \$ 706,21/US\$, que corresponde al cierre de facturación de Julio 2003 de FBB.

Además, se calculó un error de estimación, con un nivel de confianza de un 95%, para los resultados de las diferencias de márgenes unitarias de todos los fustes que fueron muestreados en todas las faenas de todas las ESF.

La fórmula que se utilizó para este cálculo fue la siguiente:

$$E\% = \frac{C.v * \tau}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Dónde:

- E% = error de estimación o de muestreo (%).
- C.v = coeficiente de variación de la muestra (%).
- τ = valor de t de student.
- n = tamaño de la muestra.

Por el tamaño de la muestra (151) se supuso una distribución normal, por lo tanto el valor de t de student tiende a ser igual a Z, lo que corresponde a 1,96 para un nivel de confianza de un 95%.

El coeficiente de variación de la muestra, se obtiene de la división de la desviación estándar por la media aritmética de la muestra, es decir:

$$C.v = \frac{\delta}{X} \quad (7)$$

Dónde:

- C.v = coeficiente de variación de la muestra (%).
- δ = desviación estándar de la muestra.
- X = media aritmética de la muestra.

4.1.6.2 Porcentaje de volumen por producto

Para cada faena en particular se estimó el porcentaje de volumen por productos obtenido tanto del trozado real, como del trozado simulado, con el fin de hacer una comparación entre ambos resultados.

Se obtuvo un cuadro resumen, que contiene una lista inicial con los nombres de todos los productos (28 como máximo) que fueron obtenidos a partir del trozado real de los fustes muestreados y otra lista inicial con los productos obtenidos a través del trozado simulado de esos mismos fustes. Ambas listas iniciales indican el número de trozos y el volumen obtenido para cada producto.

Las listas iniciales fueron reducidas agrupando los productos similares, es decir, a todos los productos pertenecientes a una misma familia de productos se les otorgó un nombre genérico, dejando así un total de 12 grupos de productos para todas las faenas, que fueron ordenados en orden descendente de prioridad.

En estas nuevas listas, cada grupo de producto tiene un número de trozos que está dado por la sumatoria de todos los trozos y un volumen que está dado por la sumatoria de todos los volúmenes de la lista inicial, pertenecientes al mismo grupo de producto.

Tanto para la lista que posee los resultados del trozado real como para la que posee los del trozado simulado se calcularon los porcentajes de cada grupo de producto con respecto al volumen total real y simulado respectivamente.

4.1.6.3 Volumen de productos fuera de especificaciones

Además de la estimación de la pérdida económica que se genera producto de las diferencias entre los márgenes del trozado simulado y real, y del cálculo de las diferencias en los porcentajes de volumen por productos provenientes del trozado simulado versus el trozado real, se efectuó una estimación del volumen (m^3) de productos provenientes del trozado real, que se encontró fuera de las especificaciones técnicas y de calidad, exigidas por la empresa FBB, en los muestreos realizados a las faenas.

Para esta estimación se revisó los resultados provenientes del trozado real de cada una de las cuadrillas de trozado que componen una faena.

En cada cuadrilla se revisó fuste por fuste muestreado, cada uno de los productos que fueron trozados para ver si cumplían con las especificaciones exigidas (Ej.: diámetros JAS máximo y mínimo (cm), curvatura o flecha máxima, diámetro del nudo, etc.).

Todo producto que se revisó y que no cumplía con las especificaciones exigidas fue diferenciado del resto marcándolo con un color especial. Luego se contabilizó, por faena, el volumen (m³) fuera de especificación que se encontró dentro del volumen total muestreado, y se calculó el porcentaje que éste representa con respecto del total.

4.1.6.4 Desviación de largos en productos

Se realizó un control de longitud de los productos obtenidos en el trozado real de todos los fustes que fueron muestreados por faena, para cada una de las ESF que tiene la empresa (D. Isidora, Robson, O. Pino). Esto con el propósito de determinar cuál es la desviación de esos largos con respecto al largo real indicado en el esquema de trozado.

La tolerancia de desviación de largos aceptada por la empresa FBB, es + - dos cm de la indicación de largo real de corte, contenida en el esquema de trozado dado, lo que constituye el rango óptimo.

Por lo tanto lo que se hizo fue medir la longitud de todos los productos obtenidos en el trozado real de los fustes y se determinó el porcentaje de trozos que está en el rango óptimo, y el porcentaje de trozos que está sobre (largos) y bajo éste (cortos).

4.2 PROPONER ACCIONES PARA MEJORAR EL TROZADO ACTUAL

Una vez realizado el diagnóstico, se tiene la situación actual del trozado en la empresa, es decir, se sabe cuánto es lo que se está perdiendo, las posibles razones que causan esa pérdida, y el comportamiento que tienen las faenas de cosecha en general en el trozado. Todo esto constituye la línea base a partir de la cuál, se propusieron acciones a seguir por parte de FBB con el fin de mejorar la situación actual del trozado.(Ej.: implementar sistemas de “incentivos” para las cuadrillas que cumplan correctamente el esquema de trozado, y “multas” en caso contrario, realizar cursos de capacitación a las cuadrillas, establecer en las faenas un sistema que controle el trozado permanentemente).

Las decisiones y alcances de implementar estas acciones propuestas deberán ser evaluadas directamente por la empresa Forestal Bío Bío S.A.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL TROZADO EN CANCHA

Del análisis de los datos que se obtuvieron de la comparación entre el trozado real y el trozado simulado se desprenden los resultados que se exponen a continuación.

Los resultados físicos y económicos del estudio están basados en el supuesto de que el simulador de trozado utilizado entrega resultados insegados para el conjunto de productos del esquema. La empresa FBB lo ha implementado y validado como una herramienta adecuada en la planificación de cosecha.

Se presentan los resultados agrupados por faenas, por ESF y para FBB en general.

5.1.1 DIFERENCIAS DE MARGEN

En la tabla 5-1 se aprecian las diferencias de margen³ estimadas, que se generan en el trozado, en cada una de las faenas de la empresa, en cada una de las ESF y un valor total promedio de éstas, que constituye la diferencia de margen promedio estimada para FBB.

Tabla 5-1: Diferencias de margen diarias y mensuales estimadas en las faenas, ESF y totales para FBB.

ESF / Faena	Diaria US\$/m ³	Mensual		
		Vol. (m ³) [*]	US\$ Totales	\$ Totales ^{**}
D.Isidora				
San Isidro (4) ^c	2,99	20.526	61.334	43.314.402
Total D.Isidora (4)^c	2,99	20.526	61.334	43.314.402
Robson				
Quillaytahue (2) ^{c*}	2,42	1.308	3.170	2.238.994
San Ramón y Cangrejillo (2) ^{c*}	1,60	5.126	8.175	5.773.317
Patagual (2) ^c	3,20	3.035	9.706	6.854.421
Total Robson (5)^c	2,22	9.469	21.051	14.866.732
O.Pino				
Patagual (1) ^c	1,78	1.455	2.596	1.833.567
Total O.Pino (1)^c	1,78	1.455	2.596	1.833.567
Total Promedio FBB	2,70	31.450	84.981	60.014.700

(3) Los resultados de las diferencias de margen tienen un error de estimación de un 15%, para un nivel de confianza de un 95%.

(*) Volumen de producción mensual.

(**) El tipo de cambio utilizado fue 706,21 correspondiente al mes de julio del año 2003.

(c) N° de cuadrillas de trozado evaluadas.

(c*) Una de las dos cuadrillas se alterna entre las faenas Quillaytahue y San Ramón y Cangrejillo. Luego suponiendo un volumen de producción mensual de 33.333 m³, que es el promedio de producción mensual de la empresa FBB, tenemos:

- Diferencia de margen promedio mensual: $33.333 * 2,70 = 90.069$ US\$/mes.
- Diferencia de margen promedio anual: $90.069 * 12 = 1.080.833$ US\$/año.

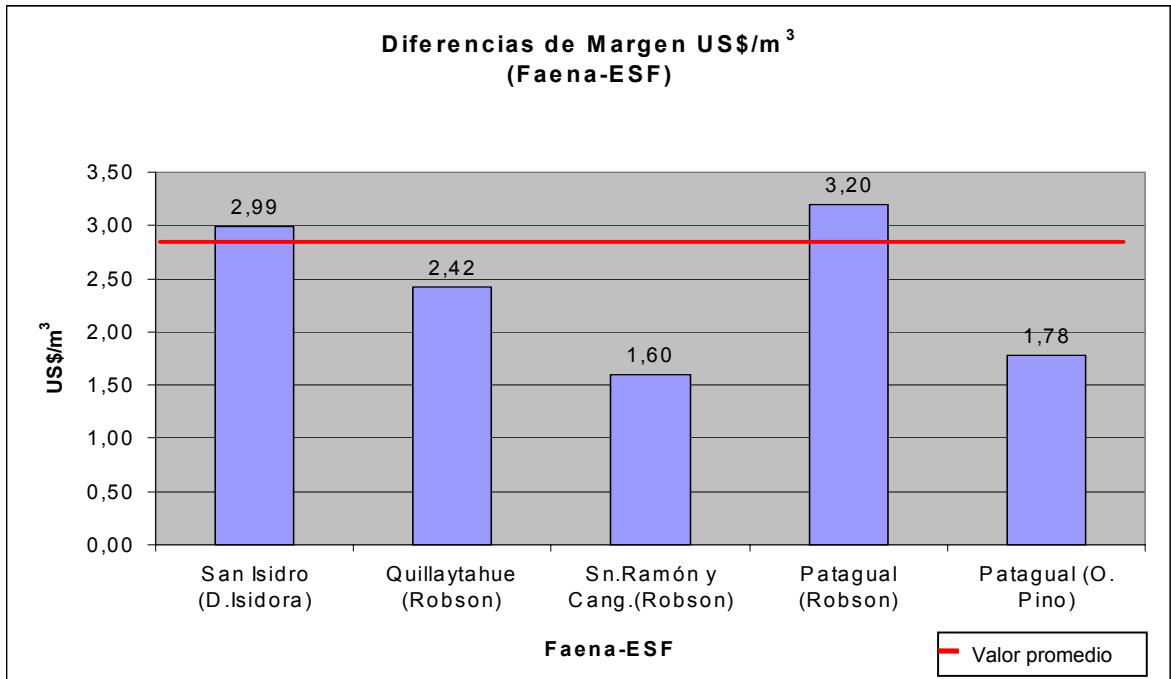


Figura 5-1: Diferencias de margen diarias estimadas por faena.

En la tabla 5-1 y en el gráfico de la figura 5-1, se puede apreciar claramente que, de las faenas evaluadas, la que produce la mayor diferencia de margen en el trozado es Patagual de la ESF Robson con un valor de 3,20 US\$/m³, encontrándose junto con la faena Sn. Isidro (2,99 US\$/m³) sobre el valor promedio de diferencias de márgenes de 2,70 US\$/m³.

En Patagual de la ESF Robson, la diferencia que se produjo se debe principalmente a que la cuadrilla de trozado no cumplió con el esquema de trozado dado, y además sacó productos que no cumplían con las especificaciones técnicas y de calidad exigidas.

En Sn. Isidro por su parte, a pesar de que se cumplió con el esquema de trozado dado, trozaron productos fuera de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas.

Bajo el valor promedio, pero con una diferencia de margen que no deja de ser considerable (2,42 US\$/m³), se encuentra Quillaytahue de la ESF Robson, donde las

principales diferencias de margen se producen porque la cuadrilla de trozado no cumplió con el esquema de trozado dado ni con las especificaciones técnicas y de calidad exigidas. También bajo el promedio se encuentra la faena Patagual de O.Pino con un valor de 1,78 US\$/m³, seguida de Sn.Ramón y Cangrejillo con el más bajo valor que alcanza los 1,60 US\$/m³.

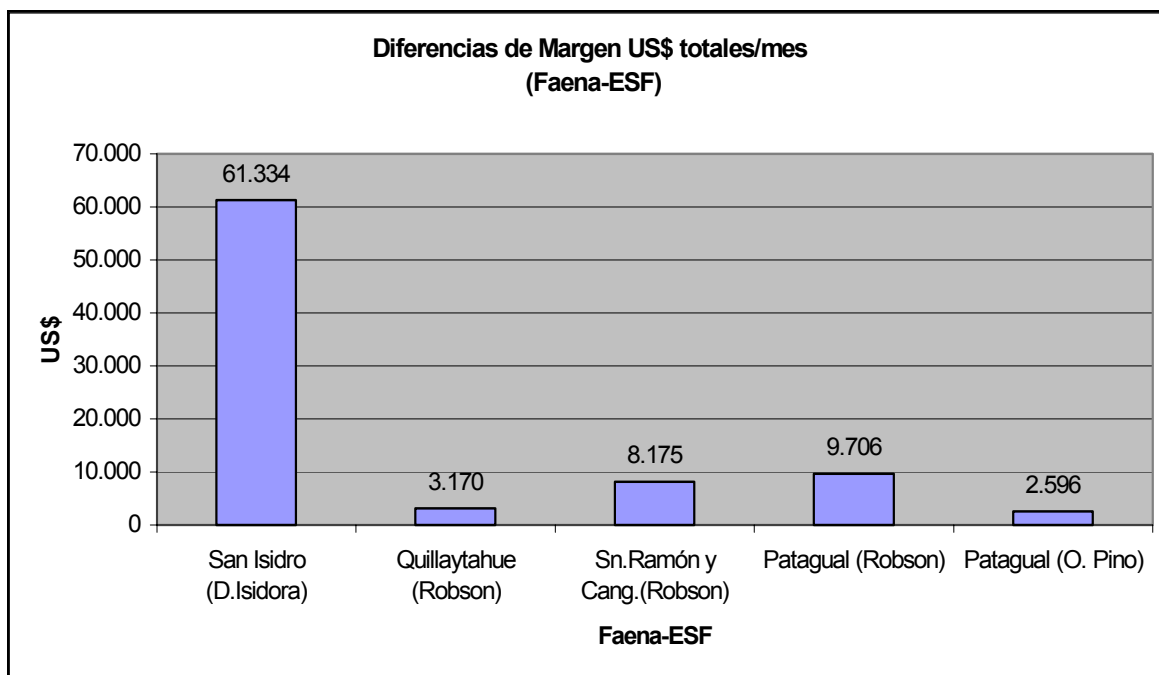


Figura 5-2: Diferencias de margen mensuales estimadas por faena.

Si llevamos las diferencias de margen a valores mensuales, se puede observar, en la tabla 5-1 y en el gráfico de la figura 5-2, que cambia el escenario notablemente en comparación a lo ocurrido con los valores diarios estimados, puesto que el volumen de producción mensual (m³) está concentrado principalmente en la faena Sn. Isidro y por lo tanto su incidencia es mucho mayor que las demás en el resultado final, alcanzando un valor estimado de 61.334 US\$. Muy por debajo de ésta se encuentra la faena Patagual de la ESF Robson que genera mensualmente una diferencia de margen estimada de 9.706 US\$, seguida de las faenas de Sn.Ramón y Cangrejillo, y Quillaytahue de la ESF Robson. Finalmente, como su volumen de producción es bastante bajo (1.455 m³), Patagual de la ESF O.Pino es la que genera la menor diferencia de margen mensual, con un valor estimado de 2.596 US\$.

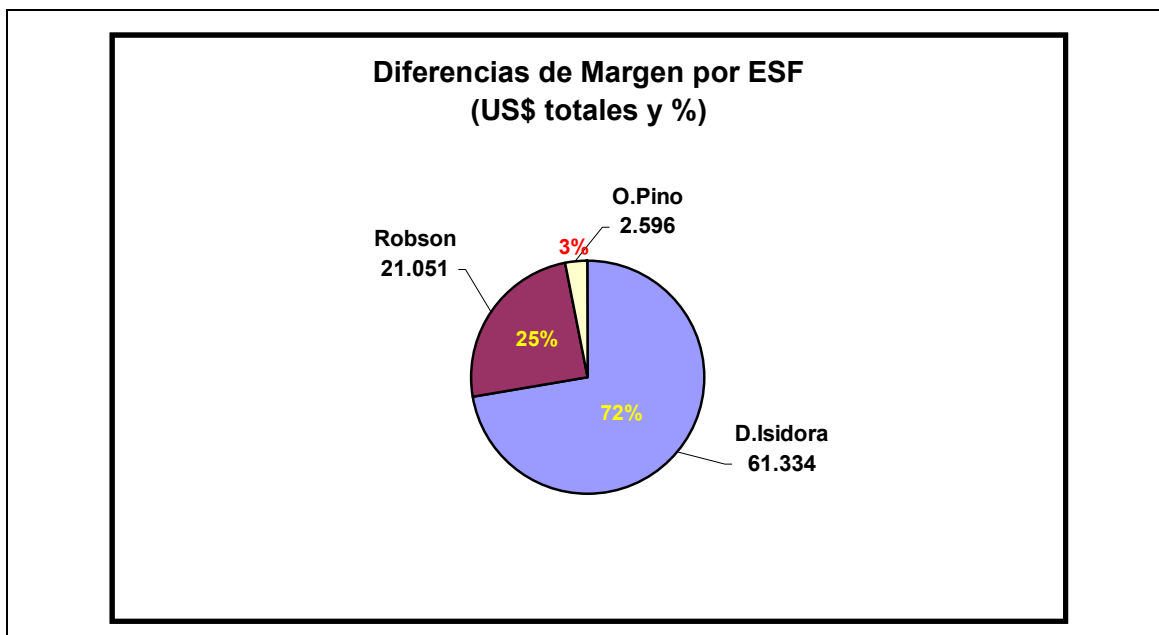


Figura 5-3: Resumen de las diferencias de margen estimadas totales por ESF.

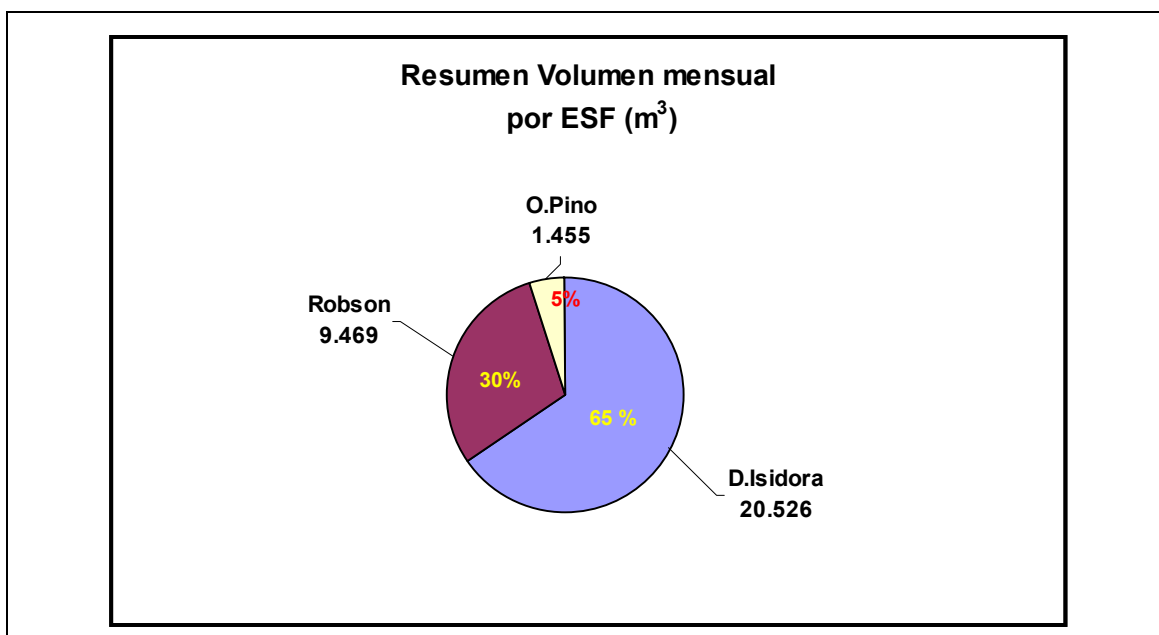


Figura 5-4: Resumen del volumen de producción mensual por ESF.

Según lo que se puede deducir de la tabla 5-1 y de los gráficos de las figuras 5-3 y 5-4, las diferencias de márgenes que se están produciendo en el trozado son bastante elevadas, llegando a un promedio estimado de 2,70 US\$/m³ en todas las faenas evaluadas en el periodo de realización de este estudio, lo que representa un 9,3% del

margen real promedio por faena. Si esto es llevado a US\$ mensuales, con un volumen de producción mensual de 31.450 m³, que es el promedio de producción de las ESF, la cifra asciende a 84.981 US\$.

Se encontró que la ESF que provoca la mayor diferencia de margen estimada en el trozado es D. Isidora, con un valor estimado de 2,99 US\$/m³ y un valor mensual de 61.334 US\$. Cabe destacar que ésta es la ESF, que en el periodo de realización de este estudio, estaba produciendo el 65% del volumen de producción total de la empresa y por lo tanto su pérdida es la que la mayor incidencia tiene en el resultado final, representando un 72% del total generado para FBB. Como el volumen de producción era alto, la cantidad de productos que estaban trozando era como consecuencia muy elevada (en promedio 22 productos distintos en los esquema de trozado en la faena), y esto acompañado de la presión de producción provocaba una deficiente ejecución del trozado, ya sea por incumplimientos del esquema de trozado, confusión de prioridades de trozado de productos, incumplimiento de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas, etc.

A pesar de los resultados económicos desfavorables de la ESF D. Isidora, ésta es la que demostró la mayor preocupación por los resultados y disposición a mejorar. Además se detectó al personal involucrado en la faena con una buena capacitación y claridad en el trabajo que estaban realizando.

La ESF Robson genera una diferencia de margen un poco menor a D. Isidora, con un valor estimado de 2,22 US\$/m³, y un valor mensual de 21.051 US\$, el cual representa un 25% del total generado para FBB. El volumen de producción de esta ESF corresponde al 30% del volumen de producción total de las ESF, y por lo tanto la cantidad de productos presentes en sus esquemas de trozado es inferior a la de la ESF D. Isidora, encontrándose en promedio 16 productos distintos en sus esquemas de trozado.

Las diferencias de márgenes producidas por la ESF Robson, se explican principalmente por la escasa capacitación que presenta el personal involucrado en las faenas, especialmente con respecto a las especificaciones técnicas y de calidad de los productos. Por otro lado la información de los esquemas de trozado y las instrucciones de producción en general, no llegan a tiempo a las faenas, o se entregan informalmente provocando muchas veces confusiones y distorsión de lo que realmente se debe producir.

Finalmente la ESF O.Pino es la que genera las menores diferencias de márgenes para la empresa FBB, con un valor de 1,78 US\$/m³ que representa sólo el 3% del total de pérdidas generadas por las ESF.

Es importante destacar que la ESF O.Pino en FBB habitualmente se le asignan sectores de cosecha complicados (alta pendiente, difícil acceso) que quedan en pie después que las demás ESF han cosechado los otros sectores disponibles para cosecha, y por lo tanto sus volúmenes de producción son pequeños, alcanzando, en el periodo de realización de este estudio, apenas a un 5% de la producción total. Como el volumen de producción es bajo, la cantidad de productos presentes en sus esquemas de trozado también es reducida (10 productos), es decir, el esquema de trozado es más simple puesto que hay una menor variedad y cantidad de productos que los que hay en los esquemas de las otras dos ESF evaluadas.

5.1.2 PORCENTAJE DE VOLUMEN POR PRODUCTO

Para cada una de las faenas se determinó la diferencia entre el porcentaje de volumen (%DV), de cada grupo de productos, que se produjo en el trozado real (%Vr) versus el producido en el trozado simulado (%Vs). También se hizo un resumen por ESF y para FBB en general.

a) Por faenas:

Tabla 5-2.a: Resumen comparativo entre las faenas del porcentaje de volumen por producto, obtenido del trozado simulado versus el real.

ESF	D. Isidora			Robson									O. Pino		
	Sn. Isidro			Quillaytahue			Sn. Ramón y Cang.			Patagual			Patagual		
	%Vs	%Vr	%DV	%Vs	%Vr	%DV	%Vs	%Vr	%DV	%Vs	%Vr	%DV	%Vs	%Vr	%DV
P1-100	24,9	21,3	3,7	2,3	2,3	0,0	28,9	28,5	0,5	0,0	0,0	0,0	11,2	11,0	0,3
P2-100	17,4	16,8	0,6	40,2	43,2	-3,0	7,7	6,1	1,6	9,2	7,5	1,7	32,6	22,7	9,9
P1-80	0,5	2,3	-1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	-1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P1-50	2,0	3,3	-1,4	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2-80	0,9	2,2	-1,3	2,6	3,0	-0,4	0,0	2,3	-2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P2-50	3,0	7,6	-4,6	3,8	0,0	3,8	2,4	4,2	-1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
As. Grueso.	36,9	28,1	8,7	18,8	14,7	4,1	47,2	40,8	6,4	31,5	18,1	13,4	32,1	41,6	-9,6
As. Delgado.	7,1	9,2	-2,1	26,8	27,8	-1,0	5,4	10,3	-5,0	45,8	60,4	-14,6	13,2	16,7	-3,5
Mr. Aserrable.	2,1	3,5	-1,4	0,0	1,9	-1,9	3,0	0,8	2,3	1,0	3,2	-2,3	0,0	0,0	0,0
Pulpa tipo pabío	0,3	0,9	-0,6	2,5	3,7	-1,2	0,2	0,4	-0,2	4,8	6,1	-1,4	0,0	0,0	0,0
As. cal. Pulpa 2	3,5	2,7	0,8	2,6	1,1	1,5	2,3	2,3	-0,1	1,3	0,4	0,9	10,9	6,1	4,8
Pulpa tipo 2	1,3	1,8	-0,5	0,4	2,1	-1,7	0,4	0,5	-0,1	6,4	4,1	2,3	0,0	1,9	-1,9

Total	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0
--------------	-----	-----	---	-----	-----	---	-----	-----	---	-----	-----	---	-----	-----	---

De la tabla anterior se puede deducir que dentro de las faenas evaluadas la que posee la mayor diferencia de porcentaje de volumen por producto en el P1-100 es Sn. Isidro, en la cual el trozado simulado es 3,7% superior al real. El resto de las faenas se comportan de una manera similar, superando o igualando el trozado simulado al real.

En el P2-100 la mayor diferencia se encuentra en la faena Patagual de la ESF O. Pino, siendo el trozado simulado 9,9% superior al real. Cabe destacar que P1-100 y P2-100 pertenecen a la familia de productos 100% Podados que son los más valiosos económicamente para la empresa y por lo tanto son los que tienen la mayor incidencia en términos de márgenes económicos.

Con respecto a la familia de los Podados Parciales (P1-80, P1-50, P2-80 y P2-50) se aprecia que, en general, en el trozado real el porcentaje de volumen por productos obtenido para todos los productos, fue mayor que en el simulado. Encontrándose la mayor diferencia en el la faena Sn. Isidro en el producto P2-50, superando el trozado real un 4,6% al simulado. Esto se explica principalmente porque en el trozado simulado se aprovechó más los productos de la familia 100% Podados en desmedro de los Podados Parciales y en el trozado real se favoreció la producción de Podados Parciales en desmedro de los 100% Podados.

En las faenas Patagual de la ESF Robson y Patagual de la ESF O. Pino no hay producción de Podados Parciales, por lo que se puede deducir que en los esquemas de trozado correspondientes no se incluyeron éstos productos.

En el caso del Aserrable Grueso (As. Grueso) la única faena en que el porcentaje de volumen por producto del trozado real supera al simulado es Patagual de la ESF O. Pino y esto se explica porque en esta faena hay una notable disminución en la producción de P2-100 en el trozado real con respecto al simulado (9,9%), por lo tanto se puede deducir que productos que deberían haber sido trozado como Podados se trozaron como Aserrable Grueso.

En general, en el producto Aserrable Delgado (As. Delgado) el porcentaje de volumen por producto proveniente del trozado real supera al simulado, y esto se debe principalmente a que la cuadrilla de trozado muchas veces no cumple con las especificaciones técnicas y de calidad de los productos exigidas por la empresa, por lo que trozan productos como

Aserrable Delgado que estrictamente podrían pertenecer, en algunos casos, a Metro ruma Aserrable (Mr. Aserrable), y en otros a Aserrable calidad Pulpa 2 (As. cal. Pulpa 2).

Para los productos Pulpables en la mayoría de las faenas el trozado real supera al simulado, es decir, el trozado simulado favoreció la obtención de productos Podados y Aserrables en desmedro de los Pulpables que son los de menor valor económico para la empresa.

b) Por ESF y para FBB:

Tabla 5-2.b: Resumen comparativo entre las ESF y total para FBB, del porcentaje de volumen por producto, obtenido del trozado simulado versus el real.

Producto \ ESF	D. Isidora			Robson			O. Pino			Total FBB		
	% V.s	% V.r	% D.V	% V.s	% V.r	% D.V	% V.s	% V.r	% D.V	% V.s	% V.r	% D.V
P1-100	24,9	21,3	3,7	18,0	17,7	0,3	11,2	11,0	0,3	21,7	19,5	2,2
P2-100	17,4	16,8	0,6	16,0	15,5	0,5	32,6	22,7	9,9	17,2	16,4	0,8
P1-80	0,5	2,3	-1,8	0,0	0,8	-0,8	0,0	0,0	0,0	0,3	1,6	-1,4
P1-50	2,0	3,3	-1,4	1,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	2,5	-0,8
P2-80	0,9	2,2	-1,3	0,6	2,1	-1,5	0,0	0,0	0,0	0,8	2,1	-1,3
P2-50	3,0	7,6	-4,6	2,4	2,5	-0,2	0,0	0,0	0,0	2,7	5,3	-2,6
As. Grueso.	36,9	28,1	8,7	37,8	30,9	6,9	32,1	41,6	-9,6	37,1	29,6	7,5
As. Delgado.	7,1	9,2	-2,1	16,8	22,2	-5,5	13,2	16,7	-3,5	11,2	14,7	-3,5
Mr. Aserrable.	2,1	3,5	-1,4	2,0	1,4	0,5	0,0	0,0	0,0	2,0	2,6	-0,6
Pulpa tipo pabío	0,3	0,9	-0,6	1,4	2,1	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,8	1,4	-0,6
As. cal. Pulpa 2	3,5	2,7	0,8	2,2	1,7	0,4	10,9	6,1	4,8	3,1	2,4	0,7
Pulpa tipo 2	1,3	1,8	-0,5	1,3	1,4	-0,1	0,0	1,9	-1,9	1,3	1,7	-0,4
Total	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0

En la tabla anterior se puede apreciar que en todas las ESF evaluadas se observa un porcentaje de volumen por producto, en la familia de los 100% Podados (P1-100 y P2-100), que supera en el trozado simulado al trozado real. Esto explica en gran parte las diferencias de márgenes producidas entre ambos trozados expuestas anteriormente, debido a que esta familia es la más valiosa económicamente y por lo tanto una leve diferencia en el volumen de producción cambia notoriamente el margen obtenido.

Con respecto a la familia de los Podados Parciales (P1-80, P1-50, P2-80 y P2-50) se observa que, en general, el porcentaje de volumen por producto del trozado real supera al trozado simulado. De esto se puede deducir que en las ESF se favoreció la producción de Podados Parciales en desmedro de los 100% Podados.

En el Aserrable Grueso, podemos observar que la única ESF que supera, en el porcentaje de volumen por producto, en el trozado real al simulado es O. Pino. Esto se explica debido a que esta ESF no produjo Podados Parciales, por lo tanto todos esos productos pasaron a la categoría de Aserrable Grueso. No obstante, como las otras dos ESF superan los porcentajes en el trozado simulado, se observa como total para FBB un porcentaje de volumen superior en 7,5% al real, en el simulado. Lo anterior explica la disminución, en el trozado simulado, de los porcentajes en los otros productos Aserrables de menor prioridad.

En el Aserrable Delgado en todas las ESF, el porcentaje de volumen por producto supera en el trozado real al simulado. Esto sucede, principalmente, por lo explicado anteriormente en la tabla 5-2.a, y para este caso en particular, un porcentaje de productos que fueron trozados como Aserrable Delgado deberían haber sido trozados como Aserrable calidad Pulpa 2.

Para los productos Pulpables, se observa que en todas las ESF el porcentaje de volumen por producto del trozado real supera al simulado, por lo tanto se puede deducir que en el trozado real no se aprovechó el fuste priorizando los productos de mayor valor económico para la empresa, al contrario de lo que ocurrió con el trozado simulado, el cual favoreció la obtención de productos Podados y Aserrables en desmedro de los Pulpables que son los de menor valor económico para la empresa.

5.1.3 VOLUMEN DE PRODUCTOS FUERA DE ESPECIFICACIONES

La tabla que a continuación se presenta contiene la información de los volúmenes (m³) de productos que fueron encontrados, en las faenas en general, fuera de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas por la empresa FBB, y el porcentaje (%) que éste representa con respecto al volumen total controlado en cada una de las ellas.

Tabla 5-3: Volúmenes de productos producidos, en las faenas y ESF, fuera de especificaciones técnicas y de calidad exigidas.

ESF / Faena	m ³ Controlados	m ³ Fuera Especificación	% *
D.Isidora			
San Isidro	150,70	6,38	4,2%
Total D. Isidora	150,70	6,38	4,2%
Robson			
Quillaytahue	27,39	4,77	17,4%
San Ramón y Cangrejillo	66,31	6,28	9,5%
Patagual	16,68	1,21	7,3%

Total Robson	110,39	12,27	11,1%
O.Pino			
Patagual	6,44	0,22	3,4%
Total O. Pino	6,44	0,22	3,4%
Total FBB	268	19	7,1%

(*) Porcentaje con respecto a los m³ controlados en la faena y en la ESF.

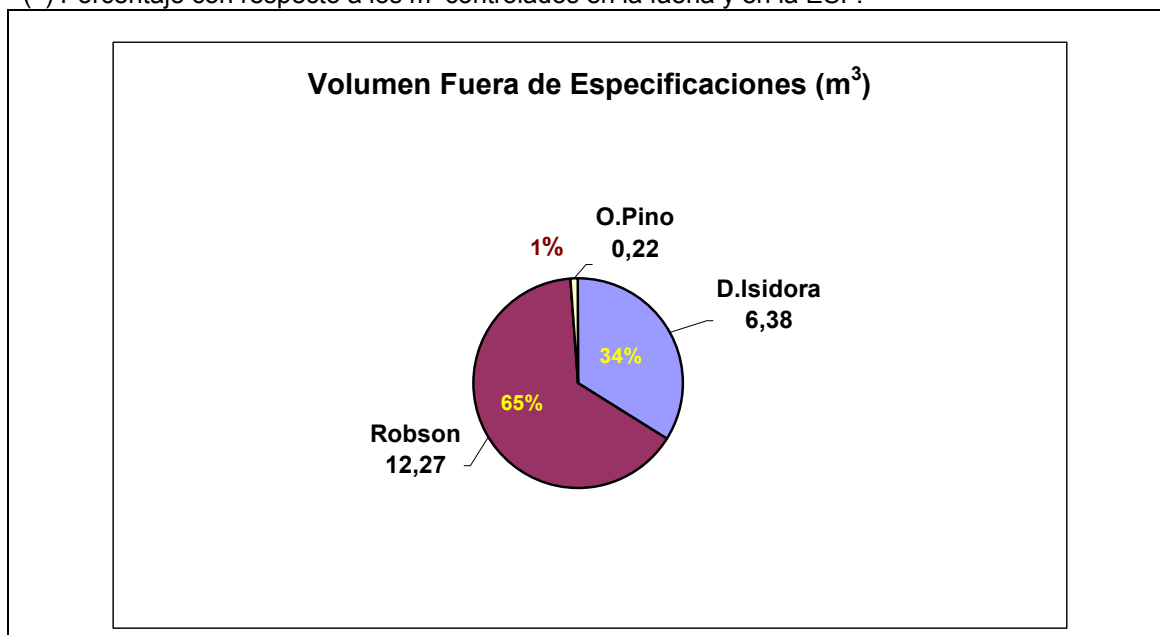


Figura 5-5: Volumen, por ESF; fuera de especificaciones técnicas y de calidad exigidas.

En la tabla 5-3 se aprecia que del total del volumen controlado, se encontró un 7,1% fuera de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas por la empresa.

Dentro de las faenas, la que generó el mayor porcentaje fuera de especificaciones fue Quillaytahue de la ESF Robson, con un 17,4% del volumen que se le controló en los muestreos, y la que generó el menor volumen fuera de especificaciones fue Patagual de la ESF O. Pino, con un 3,4%.

Si se analizan las ESF, se observa que Robson es la ESF que generó el mayor volumen fuera de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas por FBB, con un 11,1% del volumen total que se le controló en los muestreos. Observando el gráfico de la figura 5-5, se aprecia que Robson aporta un 65% del volumen total, producido por las ESF, fuera de especificación. Las principales causas de incumplimiento de las especificaciones fueron: diámetros de nudos, curvaturas o flecha máxima, sacar productos que no se encontraban

en el esquema de trozado dado, peca fuerte y diámetros del producto (sobre diámetro y bajo diámetro).

En segundo lugar se encuentra la ESF D. Isidora con un 4,2% del volumen que se le controló, lo que representa un 34% del volumen total fuera de especificaciones generado por las ESF. Se observó que las principales causas de incumplimiento de las especificaciones estaban relacionadas con los diámetros de nudos y la presencia de peca fuerte.

En último lugar se encuentra la ESF O.Pino, siendo la ESF que generó el menor porcentaje del volumen que se le controló, fuera de especificaciones, alcanzando a un 3,4% y representando sólo un 1% del total del volumen fuera de especificaciones producido por las ESF. Las principales causas de incumplimiento de la norma fueron por diámetros de nudos.

De acuerdo a lo observado en terreno y a los resultados obtenidos se encontró que las causas más importantes de que se generen productos fuera de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas son variadas, y están relacionadas con falta de capacitación del personal involucrado en las faenas con respecto al tema, especificaciones de productos poco claras, ausencia de algunos de los instrumentos de medición adecuados para una correcta dimensión de los productos (como por ejemplo no tienen forcímulas en las faenas para estimar con mayor precisión los diámetros), deficiente utilización de algunos instrumentos de medición (ejemplo huincha de medición de largos), poca observación de las características del fuste para ver si cumple con las especificaciones exigidas para el producto que se va a trozar.

5.1.4 DESVIACIÓN DE LARGOS EN PRODUCTOS

A continuación se detalla, por faena, por ESF, y para FBB un resumen de la desviación de largos que se obtuvo de todos los fustes muestreados en todas las faenas evaluadas.

a) Por faenas:

a.1) San Isidro.

Tabla 5-4.a1: Desviación de largos, por tipo de producto, en la faena San Isidro de la ESF D. Isidora.

Largo del Producto	Tipo de Producto						Total	
	Podados		Aserrables		Pulpables		Nº Trozos	%
	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%		

Correcto	129	87,2%	199	78,7%	29	67,4%	357	80,4%
Corto	0	0,0%	1	0,4%	0	0,0%	1	0,2%
Largo	19	12,8%	53	20,9%	14	32,6%	86	19,4%
Total	148	100%	253	100%	43	100%	444	100%

a.2) Quillaytahue.

Tabla 5-4.a2: Desviación de largos, por tipo de producto, en la faena Quillaytahue de la ESF Robson.

Largo del Producto	Tipo de Producto						Total	
	Podados		Aserrables		Pulpables			
	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%
Correcto	28	96,6%	71	93,4%	25	96,2%	124	94,7%
Corto	0	0,0%	2	2,6%	1	3,8%	3	2,3%
Largo	1	3,4%	3	3,9%	0	0,0%	4	3,1%
Total	29	100%	76	100%	26	100%	131	100%

a.3) San Ramón y Cangrejillo.

Tabla 5-4.a3: Desviación de largos, por tipo de producto, en la faena San Ramón y Cangrejillo de la ESF Robson.

Largo del Producto	Tipo de Producto						Total	
	Podados		Aserrables		Pulpables			
	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%
Correcto	49	92,5%	107	93,0%	13	86,7%	169	92,3%
Corto	0	0,0%	2	1,7%	0	0,0%	2	1,1%
Largo	4	7,5%	6	5,2%	2	13,3%	12	6,6%
Total	53	100%	115	100%	15	100%	183	100%

a.4) Patagual (Robson).

Tabla 5-4.a4: Desviación de largos, por tipo de producto, en la faena Patagual de la ESF Robson.

Largo del Producto	Tipo de Producto						Total Trozos	
	Podados		Aserrables		Pulpables			
	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%
Correcto	3	100,0%	64	69,6%	34	91,9%	101	76,5%
Corto	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Largo	0	0,0%	28	30,4%	3	8,1%	31	23,5%
Total	3	100%	92	100%	37	100%	132	100%

a.5) Patagual (O.Pino).

Tabla 5-4.a5: Desviación de largos, por tipo de producto, en la faena Patagual de la ESF O. Pino.

Largo del Producto	Tipo de Producto						Total	
	Podados		Aserrables		Pulpables			
	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%
Correcto	5	83,3%	15	100,0%	2	100,0%	22	95,7%
Corto	1	16,7%	0	0,0%	0	0,0%	1	4,3%
Largo	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Total	6	100%	15	100%	2	100%	23	100%

En las tablas anteriores se puede observar que de todas las faenas evaluadas, la que presenta un mayor porcentaje de trozos dentro de los rangos óptimos de longitud (correctos), para FBB, es Patagual de la ESF O.Pino, con un 95,7% de los trozos, mientras que el 4,3% restante se encontró bajo el rango óptimo, es decir, de largo inferior al requerido (corto).

Le sigue la faena de Quillaytahue de las ESF Robson, en la cual el porcentaje de trozos dentro del rango óptimo es de un 94,7%. Un 2,3% de los trozos se encontró bajo el rango óptimo, mientras que un 3,1% de ellos estaba sobre el rango (largo).

En orden decreciente, siguen las faenas de Sn. Ramón y Cangrejillo de la ESF Robson, Sn. Isidro de la ESF D. Isidora, y en último lugar con el menor porcentaje de productos dentro del rango óptimo se encuentra la faena de Patagual de la ESF Robson, con sólo un 76,5% de los trozos dentro del rango.

Se puede ver que en la mayoría de las faenas se da la tendencia de un mayor porcentaje de trozos con largos correctos en los productos del tipo Podados, esto se puede explicar dado que cómo son los trozos de mayor valor económico, coincide en que los clientes que los requieren exigen bastante precisión en las dimensiones de éstos, y existe la conciencia de ello en las cuadrillas de trozado, por lo que hay una mayor preocupación en la medición de la longitud al realizar el corte.

También se observa una tendencia general, para los tres tipos de productos (Podados, Aserrables y Pulpables), a obtener trozos que estén sobre el rango óptimo de longitud. Esto sucede, según lo observado en terreno, porque es de conocimiento general en las faenas que los trozos cortos generalmente son rechazados por los clientes en destino, y por lo tanto, es preferible que los trozos excedan la longitud requerida a que estén bajo ella.

b) Por ESF:

b.1) D. ISIDORA.

Tabla 5-4.b1: Desviación de largos, por tipo de producto, en la ESF D. Isidora.

Largo del Producto	Tipo de Producto						Total	
	Podados		Aserrables		Pulpables			
	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%
Correcto	129	87,2%	199	78,7%	29	67,4%	357	80,4%
Corto	0	0,0%	1	0,4%	0	0,0%	1	0,2%
Largo	19	12,8%	53	20,9%	14	32,6%	86	19,4%
Total	148	100%	253	100%	43	100%	444	100%

b.2) ROBSON.

Tabla 5-4.b2: Desviación de largos, por tipo de producto, en la ESF Robson.

Largo del Producto	Tipo de Producto						Total	
	Podados		Aserrables		Pulpables			
	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%
Correcto	80	94,1%	242	85,5%	72	92,3%	394	88,3%
Corto	0	0,0%	4	1,4%	1	1,3%	5	1,1%
Largo	5	5,9%	37	13,1%	5	6,4%	47	10,5%
Total	85	100%	283	100%	78	100%	446	100%

b.3) OMAR PINO.

Tabla 5-4.b2: Desviación de largos, por tipo de producto, en la ESF O. Pino.

Largo del Producto	Tipo de Producto						Total	
	Podados		Aserrables		Pulpables			
	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%
Correcto	5	83,3%	15	100,0%	2	100,0%	22	95,7%
Corto	1	16,7%	0	0,0%	0	0,0%	1	4,3%
Largo	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Total	6	100%	15	100%	2	100%	23	100%

Según las tablas expuestas anteriormente, de las ESF evaluadas la que presenta el menor porcentaje de trozos dentro de los rangos óptimos de longitud es D.Isidora, en la cual se encontró que del total de trozos controlados un 80,4% estaba dentro del rango óptimo de longitud, mientras que un 0,2% estaba bajo el rango óptimo y un 19,4% de los trozos medidos se encontró sobre éste.

Robson es la segunda en porcentaje, detectándose que de los trozos muestreados, un 88,3% estaban dentro del rango de longitud óptimo, un 1,1% estaba bajo el rango, y un 10,5% de los trozos se encontró sobre el rango óptimo.

Se encontró que la ESF O. Pino fue la que menos desviación de largos presentaba, con un 95,7% de los productos dentro del rango óptimo, mientras que un 4,3% de los productos se encontraron bajo el rango, y sobre el rango no se encontró ningún producto.

Tanto en la ESF D. Isidora como en la ESF Robson se puede apreciar una clara tendencia a exceder el rango óptimo de longitud, en todos los tipos de productos. En ambas también se observa que para el tipo de producto Podado, el porcentaje de trozos que están dentro del rango óptimo es mayor que el obtenido para los tipos Aserrables y Pulpables.

c) Para FBB:

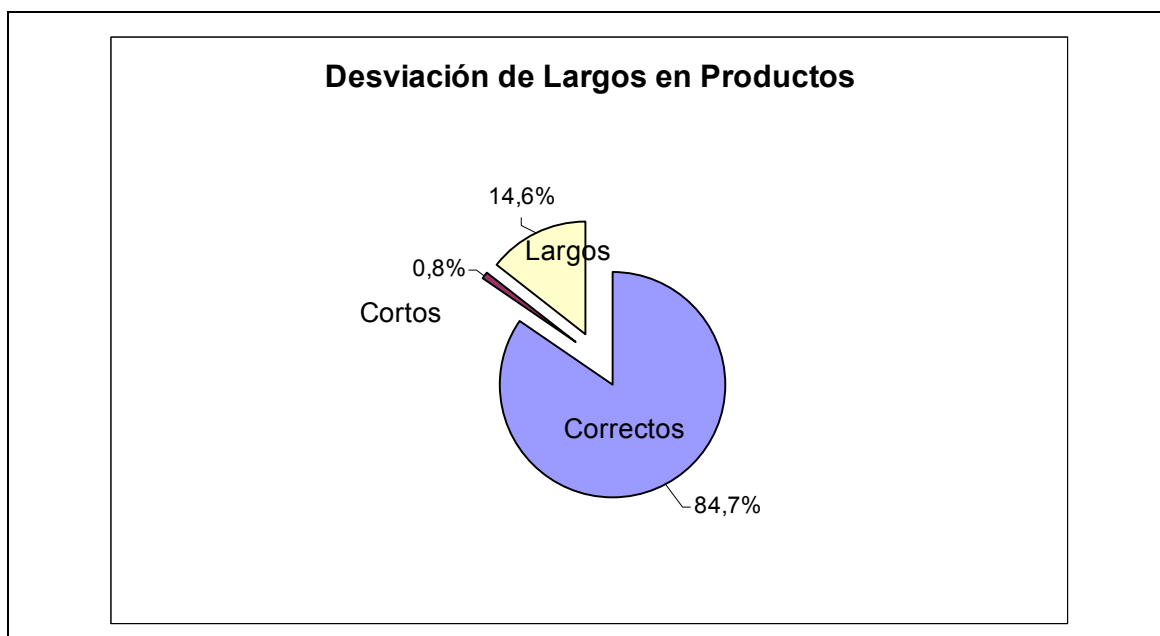


Figura 5-6: Resumen de la desviación de largos en productos para FBB.

Tabla 5-4.c: Resumen de la desviación de largos, por tipo de producto, para FBB.

Largo del Producto	Tipo de Producto						Total	
	Podados		Aserrables		Pulpables			
	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%	Nº Trozos	%
Correcto	214	89,5%	456	82,8%	103	83,7%	773	84,7%
Corto	1	0,4%	5	0,9%	1	0,8%	7	0,8%
Largo	24	10,0%	90	16,3%	19	15,4%	133	14,6%
Total	239	100%	551	100%	123	100%	913	100%

En la tabla 5-4.c se presenta un resumen de la desviación de largos que generan todas las ESF para FBB. En ella se puede ver que del total de trozos analizados, un 84,7% se encontró dentro de los rangos óptimos de longitud exigidos por la empresa, mientras que el 0,8% se encontró bajo el rango y el 14,6% sobre éste.

El mayor porcentaje de trozos cortos se presentó en los productos del tipo Aserrables (0,9%) seguido muy de cerca por los del tipo Pulpables (0,8%), mientras que para los del tipo Podados la cifra disminuye a la mitad.

Para los trozos largos o sobre el rango óptimo, la situación es muy similar a la descrita recientemente, encontrándose el mayor porcentaje de trozos largos en los productos de tipo Aserrable (16,3%) mientras que el menor porcentaje se encontró en los de tipo Podados (10%).

Estas desviaciones se producen principalmente debido a una deficiente utilización de la huincha de medición de largos, que utiliza el integrante de la cuadrilla de trozado. El error más frecuentemente observado fue la utilización de la huincha en forma oblicua al eje del trozo y no en forma paralela como es lo correcto.

Otra causa de la desviación de largos es que el encargado de la medición, en la cuadrilla, generalmente no deja una marca visible en el fuste, si no que sólo indica el lugar de corte al motosierrista, y éste al momento de realizar el corte desvía la motosierra del lugar que se le indicó, ya sea producto de errores visuales, de pulso, u otros.

Las desviaciones de largos encontradas en los trozos, no fueron evaluadas económicamente, pero sin duda que tienen implicancias en las utilidades de FBB, puesto que cuando es un producto más corto de la especificación requerida trae como consecuencias: rechazos de los productos en los clientes o degradación de ellos por estar fuera de las especificaciones de largo requeridas, y cuando el producto es más largo de lo requerido la consecuencia es principalmente para la empresa mandante, es

decir, para FBB que está perdiendo ese volumen, el cual se podría aprovechar mejor sacándole un mayor beneficio productivo y económico.

6 CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

6.1 CONCLUSIONES

- Se están produciendo pérdidas económicas y físicas en el trozado, en todas las faenas de cosecha de Forestal Bío Bío.
- Las pérdidas económicas son bastante considerables para la empresa, obteniéndose, con un nivel de confianza de un 95% y un error de estimación de un 15%, un valor estimado promedio de diferencias de margen en el trozado de 2,70 US\$/m³.
- Con respecto a los porcentajes por producto, se encontró que para los productos de mayor margen para la empresa, el trozado simulado superó al real en todas las faenas. Esto explica en gran parte las diferencias de márgenes producidas entre ambos trozados expuestas anteriormente.
- En el control de longitud de trozado, del total de los productos controlados, un 84,7% estaba dentro del rango óptimo, mientras que un 0,8% se encontró bajo el rango y un 14,6% sobre éste. Hay mayor exactitud en las longitudes de los productos de mayor valor para la empresa.
- El volumen de productos fuera de las especificaciones técnicas y de calidad es de un 7,1% del total del volumen muestreado en las faenas. Esto implica en gran parte de los casos un rechazo o degradación de éstos productos en los clientes, que va asociado por supuesto a una pérdida económica para FBB.
- Se concluye que las causas principales de las pérdidas en el trozado se producen por:
 - Ausencia de un sistema de control de trozado en las faenas.
 - Cuadrilla de trozado carece de incentivos para obtener productos de mayor valor para FBB.

- Diferencias entre las faenas y dentro de ellas, en la capacitación del personal involucrado en la operación de trozado.
 - Problemas de comunicación entre quienes emiten las órdenes de trozado y quienes ejecutan la operación de trozado. Falta de formalidad en las entregas o modificaciones de los esquemas de trozado a las faenas (radio, teléfono, e-mail, etc.).
 - Esquemas de trozado con gran cantidad y variedad de productos. Además algunos sin prioridad de productos y destinos, lo que induce a confusión al momento de tomar la decisión de trozado.
 - Incumplimiento y poca claridad en las faenas de las especificaciones técnicas y de calidad exigidas por la empresa.
 - Especificaciones técnicas y de calidad de productos establecidas actualmente, en el manual de productos de la empresa, son mucho más exigentes que lo que sucede en la práctica.
 - Ausencia de algunos de los instrumentos de medición adecuados para una correcta dimensión de los productos (como por ejemplo no tienen forcípulas en las faenas para estimar con mayor precisión los diámetros), deficiente utilización de algunos instrumentos de medición (ejemplo huincha de medición de largos).
- Finalmente se concluye que es posible reducir las pérdidas y mejorar el sistema de trozado actual si la empresa se propone implementar algunas de las sugerencias o acciones propuestas en el punto 6.2.

6.2 SUGERENCIAS O ACCIONES PROPUESTAS PARA MEJORAR EL TROZADO ACTUAL

- Realizar controles de trozado periódicamente a las faenas de cosecha.
- Establecer sistema de multas e incentivos a los operadores de trozado o a la ESF dependiendo de la gestión que realicen.
- Exigir que tanto los supervisores de la ESF, los capataces y los operadores de trozado tengan la capacitación adecuada para la labor que realizan.

Con respecto a los **esquemas de trozado**:

- Todos con el mismo formato y ordenados de acuerdo a prioridades de productos y destinos.
- Establecer procedimiento formal de entrega de esquema a las faenas.
- Revisión periódica del esquema de acuerdo a producciones y características del bosque (altura poda, diámetros, etc.); real v/s plan.
- Antes de entregar a ESF revisión por parte del jefe de planificación u otra persona calificada para ello.
- Reducir número de productos a cortar: no incluir en esquema todos los productos del mes, tratar de subdividirlos de acuerdo a metas parciales y prioridades de producción.

Con respecto a las **especificaciones técnicas y de calidad** de los productos:

- Actualizar permanentemente manual de productos según los requerimientos del mercado.
- Supervisores de FBB y personal involucrado en producción con especificaciones técnicas claras. (cada uno con su manual)
- Entregar a la ESF toda la información con respecto a especificaciones.

- Exigir en las faenas que cada cuadrilla de trozado tenga las especificaciones de productos absolutamente claras.
- Capacitar periódicamente a supervisores, capataces, operarios.

Otros:

- Realizar controles a la gestión de la faena en general, no sólo involucrando al control de trozado, si no también a la clasificación de los productos en las rumas, la calibración, el despacho y transporte de éstos. De nada sirve controlar y que mejore sólo el trozado si después todo ese esfuerzo realizado se va a perder producto de una mala clasificación, en la que muchas veces se degrada el producto, o una deficiente calibración, o un despacho erróneo del producto (despachando un producto de buena calidad como uno de calidad inferior), o un transporte tardío de los productos que provoca degradación de éstos por manchas.

7 BIBLIOGRAFÍA

- ARCE, J., CARNIERI, C., SANQUETA, R., FILHO, F., 2002. A forest-level optimization system that considers customer's demand and transportation costs. *Forest Science* 48 (3): 492-503.
- BOSTON, K., 2001. First international precision Forestry symposium. Precision log making for plantation operations. [en línea]. <<http://www.cfr.washington.edu>> [9/06/2004].
- BOSTON, K., MURPHY, G., 2003. Value recovery from two mechanized bucking operations in the Southeastern United States. *Southern Journal of Applied Forestry* 27 (4): 259-263.
- CORVALÁN, P., 1992. Un modelo optimizador de corte y trozado en *Eucalyptus globulus*. En: Modelos Forestales. Taller internacional. IUFRO, Infor. 1992. Pp: 226-284.
- DÍAZ, R., 2004. Informe diagnóstico de gestión en faenas de cosecha en Forestal Bío Bío S.A. Febrero, 2004, Concepción, Chile. Pp: 1-36.
- FORESTAL BÍO BÍO., 2004. El recurso forestal, descripción del patrimonio. Plan de manejo de Forestal Bío Bío S.A. Concepción, Chile. Pp: 5-5
- FORESTAL MININCO., 2002. Manual de clasificación de productos Aserrables. Octubre, 2002. Pp:16-20.
- FORESTAL MININCO., 2003. Charla Técnica: Control de calidad en faenas de cosecha, 9 Junio 2003, Los Ángeles, Chile.
- FRI., 1988. Trees into logs: ways to improve the process. *What's new* N° 160: 1-4.
- GARLAND, J., SESSIONS, J., OLSEN, E., 1989. Manufacturing logs with computer-aided bucking at the stump. *Forest Products Journal* 39 (3): 62-66.
- GARLAND, J., SESSIONS, J., OLSEN, E., 1989. Testing computer-aided bucking at the stump. *Journal of Forestry* 87 (4): 43-46.
- GOULDING, C.; TWADDLE, A., 1989. Improving profitability by optimizing log-making. *New Zealand Forestry*, May 1989. Pp: 17-23.
- GOULDING, C., 1999. Inventories of New Zealand plantations to provide information for marketing and facility planning. New Zealand Forest Research Institute Limited Rotorua. Comunicación personal.

- IFR TECHNOLOGIES. 2003. To maximize at harvest, you need IFRLogger. [en línea]. <<http://www.ifrtech.com>> [18/06/2003].
- KIVINEN, V., UUSITALO, J., 2002. Applying fuzzy logic tree bucking control. Forest Science 48 (4): 673-684.
- LLEDÓ, G., 2004. Manual de especificación de productos forestales de Forestal Bío Bío S.A. Febrero, 2004, Concepción, Chile. Pp: 3-3.
- MANLEY, B.; GOULDING, C.; WHITESIDE, I., 1987. Assessment of Radiata Pine stands using log grades. En: Proceedings of the conversion planning conference. New Zealand. FRI Bulletin N° 128: 44-53.
- OBREQUE, C.; CORNEJO, O.; RIVAS, M.; NEUENSCHWANDER, R., 1995. Decisiones de trozado de árboles asistidas por computador. Actas seminario internacional, sistemas de producción Forestal: decisiones y técnicas, 27-28 de Julio de 1995, Talca, Chile. Pp: 109-121.
- SESSIONS, J., 1988. Making better tree-bucking decisions in the woods. Journal of Forestry 86 (10): 43-45.
- WANG, J., 2004. Study on the optimal tree-stem bucking system. [en línea]. <<http://www.metla.fi>> [25/05/2004].

APÉNDICES

Apéndice 1: Formulario de registro de información de terreno.

Fecha:	12/07/2003
Fundo:	Sn. Isidro
ESF:	D. Isidora
Equipo:	Skidder
Jefe Faena:	Juan Canales
Motosierrista:	Andrés Yañez
Op. Trineumático:	José Lipayante
Rendimiento (m³)	300

ESQUEMA TROZADO			
Producto	Largo	Clase diamétrica.	Cliente
P1-100	5,00	50-60	Xx
P1-100	5,00	44-60	Xx
P1-100	5,00	40-60	Xx
P1-100	5,00	34-60	Xx
P1-100	5,00	50-60	Xx
P1-100	5,00	40	Xx
P1-100	2,65	40	Xx
P1-100	2,7	44	Xx
P2-100	5,00	28-38	Xx
P2-100	3,30	28-38	Xx
P2-100	2,65	28-38	Xx
As. Grueso	5,00	26-60	Xx
As. Grueso	4,10	26-40	Xx
As. Grueso	3,30	26	Xx
As. Delgado	3,30	18-24	Xx
Mr. Aserrable	2,50	26	Xx
Pulpa tipo Pabío	2,44	10-18.	Xx
As. cal. Pulpa 2	3,30	12	Xx
Pulpa tipo 2	2,44	10	Xx

OBSERVACIONES:

Apéndice 1: Formulario de registro de información de terreno.

CARACTERIZACIÓN DEL FUSTE							PRODUCTOS DEL TROZADO			
N°	L (m) ¹	D (cm) ²	Poda	Nudos (cm)	Abult.(cm) ³	C(cm) ⁴	N°	Nombre	D ² .Menor	L ¹ .real
1	0	51	si	0	0	0	1	P2-100	36	2,62
	1	46	si	0	0	0		P2-101	34	5,02
	2	43	si	0	0	0		As. G	32	5,03
	3	42	si	0	0	0		As. G	26	5,02
	4	41	si	0	0	0		As. D	22	4,13
	5	39	si	0	0	9				
	6	40	si	0	0	0				
	7	38	si	0	0	0				
	8	38	si	0	0	0				
	8,25	39	no	5	41	0				
	8,7	38	no	4	39	0				
	9	36	no	0	0	0				
	9,3	36	no	5	38	0				
	10	36	no	0	0	2				
	10,8	36	no	5	38	0				
	11	35	no	0	0	0				
	12	34	no	4	36	0				
	13	33	no	0	0	0				
	13,4	33	no	5	34	0				
	14	32	no	4	35	0				
	14,5	33	no	4	35	0				
	15	32	no	0	0	5				
	15,7	32	no	4	33	0				
	16	32	no	4	34	0				
	17	31	no	4	34	0				
	18	30	no	6	0	0				
	18,3	30	no	3	32	0				
	19	29	no	4	32	0				
	20	28	no	4	0	3				
	20,4	28	no	3	0	0				
	20,8	27	no	5	28	0				
	21	26	no	0	0	0				
	21,5	27	no	6	30	0				
	22	25	no	0	0	0				
	22,15	25	no	6	27	0				
	22,6	24	no	5	26	0				
	23	24	no	0	0	0				
	23,3	24	no	3	26	0				
	23,45	23	no	0	0	2				

OBSERVACIONES:

Desde los 8,25 m el fuste tiene peca fuerte.

- (1) L = largo.
(2) D = diámetro.
(3) Abult = abultamiento del verticilo.
(4) C = curvatura o flecha máxima.

Apéndice 2: Esquema de trozado.

FUNDO	Producto (Nombre)	Largo poda (% mínimo/m)	Cliente (Destino)	Largo (m)		Diámetro (cm)		Meta (m ³)		Prioridad
				Real	Nominal	Mínimo	Máximo	Mes	Día	
San Isidro	Podado 1-100	100%	xx	5,00	4,90	50	60	441	15	1
	Podado 1-100	100%	xx	5,00	4,90	44	60	441	15	2
	Podado 1-100	100%	xx	5,00	4,90	40	60	441	15	3
	Podado 1-100	100%	xx	5,00	4,90	34	60	441	15	4
	Podado 1-100	100%	xx	5,00	4,90	50	60	441	15	5
	Podado 1-100	100%	xx	5,00	4,90	40		600	20	6
	Podado 1-100	100%	xx	2,65	2,50	40		1530	51	7
	Podado 1-100	100%	xx	2,70	2,60	44		65	2	8
	Podado 2-100	100%	xx	5,00	4,90	28	38	2750	92	9
	Podado 2-100	100%	xx	3,30	3,20	28	38	4	0	10
	Podado 2-100	100%	xx	2,65	2,50	28	38	250	8	11
	Ase Grueso	Sin poda	xx	5,00	4,90	26	60	5584	186	12
	Ase Grueso	Sin poda	xx	4,10	4,00	26	40	1053	35	13
	Ase Grueso	Sin poda	xx	3,30	3,20	26		1295	43	14
	Ase delgado	Sin poda	xx	3,30	3,20	18	24	700	23	16
	MR aserrable	Sin poda	xx	2,50	2,44	26		400	13	18
	MR Ase Delgado	Sin poda	xx	2,50	2,44	18	24	400	13	19
	Pulpa tipo pabío	Sin poda	xx	2,44	2,44	10	18	0	0	20
	As. Calidad pulpa 2	Sin poda	xx	3,30	3,20	12		1600	53	21
	Pulpa tipo 2	Sin poda	xx	2,44	2,44	10		600	20	22
								20004	667	

Apéndice 3: Descripción de los campos de la hoja “productos”.

- “Activo”: es el primer campo de la hoja y en él se ingresa el valor numérico cero si el producto correspondiente a esa fila no se incluye en el esquema de trozado vigente, en la faena que se está evaluando, y el valor numérico uno si el producto indicado se encuentra incluido en el esquema de trozado vigente.
- “Núm”: es el segundo campo de la hoja y contiene tantos números como cantidad de productos hay en los esquemas. En el periodo de realización de este estudio se encontraron 27 variedades de productos comerciales vigentes en los esquemas de trozado, por lo tanto la numeración va del 1 al 27, y además se incluyó el número 99 para asignarlo al producto “desecho” (Todo lo que se corta pero que por alguna característica que posee no califica para ningún producto aceptado de acuerdo a las especificaciones técnicas y de calidad de la empresa) que no tiene valor comercial para la empresa. En este campo se enumera en orden descendente los productos de acuerdo al orden de preferencia que el producto tenga en el esquema de trozado.
- “Código”: es el tercer campo de la hoja y en él se asigna un código identificador para cada uno de los productos existentes (28 incluyendo al “desecho”), va desde el “P01” al “P28”. Este código va asociado con el campo “Núm”, es decir cada código tiene asociado su respectivo número.
- “Nombre”: es el cuarto campo de la hoja y contiene una columna con los nombres de todos los productos existentes en los esquemas de trozado vigentes en las faenas. Se encuentran ubicados en orden de preferencia, ocupando el primer lugar el producto de primera preferencia en el esquema de trozado y el último el de menor preferencia.
- “Diámetros”: es el siguiente campo y contiene una columna para los diámetros JAS máximos aceptados por cada uno de los productos existentes y una para los diámetros JAS mínimos aceptados. Los diámetros se ingresan en centímetros y sus valores van cambiando de acuerdo a los distintos requerimientos de los clientes incluidos en el esquema de trozado.
- “Largos”: este campo incluye dos columnas; una que contiene los largos reales en los que se deben cortar cada uno de los productos de acuerdo a los requerimientos del esquema de trozado, y otra columna que contiene los largos nominales (de venta) de los productos, es decir los largos en los cuales éstos son cubicados. Ambos largos son

- ingresados en metros. En general el largo real tiene una sobredimensión de 10 cm con respecto al largo nominal.
- “Poda”: este campo posee dos columnas; una que define si el producto especificado es podado o no, en ésta se debe llenar la celda correspondiente con el número uno si el producto es podado y con el número dos si el producto no es podado. Y en la otra columna se especifica la longitud (m) de la poda requerida por cada producto de acuerdo a las especificaciones técnicas y al esquema de trozado vigente en la faena.
- “Flecha”: en este campo se ingresa el porcentaje máximo de curvatura (flecha máxima) que acepta el producto con respecto al diámetro en el extremo menor del trozo. Los valores dependen de la especificación del producto.
- “Nudos”: en la columna correspondiente a este campo se ingresa el porcentaje máximo de tamaño del nudo que acepta el producto con respecto al diámetro del trozo en el mismo lugar en dónde se encuentra el nudo. Los valores dependen de la especificación del producto.
- “Cotumas”: en la columna correspondiente a este campo se ingresa el porcentaje máximo de abultamiento de verticilo con respecto al diámetro del trozo, inmediatamente posterior al abultamiento, que acepta cada uno de los productos correspondientes. Los valores dependen de la especificación del producto.
- “Pecas”: acá se ingresan los valores numéricos uno o dos dependiendo de si el producto correspondiente acepta o no la peca. Se asigna el valor uno si el producto no acepta peca y el valor dos en caso contrario.
- “Defecto”: se creó este campo con el fin de incluir cualquier otro defecto o malformación que no estuviera incluida en los campos anteriores como por ejemplo: grietas, doble flecha, hachazos, contrafuertes, etc. A cada defecto se le asigna arbitrariamente un número entero que va desde el uno al cinco. Se rellena con ceros las celdas correspondientes a los productos que no aceptan defectos y con los valores anteriormente mencionados los productos que aceptan algún tipo de defecto. Hay dos columnas contenidas en este campo una llamada “Mín” y una llamada “Máx” que indican el número mínimo y el máximo de tipos de defectos que acepta cada producto. Si en la columna “Mín” se ingresó el valor uno y en la “Máx” se ingresó el valor cinco, quiere decir que ese producto acepta todos los defectos que van desde el uno al cinco.

Cabe destacar que los campos: "Nombre", "Diámetros" y "Largos" se llenan de acuerdo a la información proveniente del esquema de trozado vigente en la faena, y los campos correspondientes a: "Flecha", "Nudos", "Cotumas", "Pecas", "Defecto" se llenan usando información contenida en el manual de especificación de productos de la empresa.

Apéndice 3.1: Hoja “productos” del simulador de trozado.

Activo	Núm.	Código	Especificación Productos					Características de los Productos								
			Nombre	Diámetros (cm)		Largos (m)		Poda		Flecha	Nudos	Cotumas	Pecas	Defecto		
				Mínimo	Máximo	Real	Nominal	si/no	altura (m)	%	%	%	si/no	Mínimo	Máximo	
1	1	P04	P1-100	36,00	99,00	5,00	4,90	1,00	5,00	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
0	2	P03	P1-100	46,00	56,00	2,30	2,20	1,00	2,30	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
0	3	P01	P1-100	46,00	99,00	2,65	2,55	1,00	2,65	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
0	4	P02	P1-100	36,00	99,00	2,60	2,50	1,00	2,60	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
0	5	P08	P2-100	30,00	99,00	5,25	5,15	1,00	5,25	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
1	6	P05	P2-100	30,00	36,00	5,00	4,90	1,00	5,00	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
1	7	P06	P2-100	26,00	34,00	5,00	4,90	1,00	5,00	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
1	8	P09	P2-100	30,00	99,00	2,65	2,55	1,00	2,65	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
0	9	P07	P2-100	30,00	34,00	2,60	2,50	1,00	2,60	25,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
1	10	P10	P1-80	36,00	99,00	5,00	4,90	1,00	3,50	25,00	33,00	25,00	1,00	0,00	0,00	
1	11	P12	P2-80	26,00	34,00	5,00	4,90	1,00	3,50	25,00	33,00	25,00	1,00	0,00	0,00	
1	12	P11	P1-50	36,00	99,00	5,00	4,90	1,00	1,50	25,00	33,00	25,00	1,00	0,00	0,00	
1	13	P13	P2-50	26,00	34,00	5,00	4,90	1,00	1,50	25,00	33,00	25,00	1,00	0,00	0,00	
1	14	P14	Aserrable Grueso	26,00	99,00	5,00	4,90	2,00	0,00	33,00	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
1	15	P16	Aserrable Grueso	26,00	99,00	4,10	4,00	2,00	0,00	33,00	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
1	16	P17	Aserrable Grueso	26,00	99,00	3,30	3,20	2,00	0,00	33,00	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
1	17	P15	Aserrable Grueso	26,00	99,00	2,65	2,55	2,00	0,00	33,00	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
0	18	P18	Aserrable Delgado	14,00	20,00	7,70	7,60	2,00	0,00	23,63	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
0	19	P19	Aserrable Delgado	16,00	22,00	9,20	9,10	2,00	0,00	23,63	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
0	20	P20	Aserrable Delgado	16,00	22,00	10,80	10,70	2,00	0,00	23,63	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
1	21	P21	Aserrable Delgado	18,00	24,00	4,10	4,00	2,00	0,00	33,00	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
1	22	P22	Aserrable Delgado	18,00	24,00	3,30	3,20	2,00	0,00	33,00	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
1	23	P23	Aserrable Delgado	18,00	24,00	2,50	2,44	2,00	0,00	33,00	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
1	24	P24	Mr. Aserrable	24,00	99,00	2,44	2,44	2,00	0,00	33,00	50,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
1	25	P25	Pulpa tipo pabío	9,00	18,00	2,44	2,44	2,00	0,00	33,00	33,00	33,00	2,00	0,00	0,00	
1	26	P26	Aserr. calidad pulpa 2	12,00	99,00	3,30	3,20	2,00	0,00	100,00	120,00	99,00	2,00	0,00	2,00	
1	27	P27	Pulpa tipo 2	9,00	99,00	2,44	2,44	2,00	0,00	100,00	120,00	99,00	2,00	0,00	2,00	
1	99	P28	Desecho mínimo	1,00	99,00	0,05	0,05	2,00	2,00	100,00	300,00	99,00	2,00	0,00	5,00	

Apéndice 4: Descripción de los campos de la hoja “árboles”.

Los campos que se completan utilizando la información de los perfiles fustales son:

- “N° Arb.”: en este campo se ingresa un número identificador para cada uno de los fustes que fueron muestreados en terreno. La numeración es independiente para cada cuadrilla de trozado controlada y para cada día de trabajo evaluado. La numeración comienza con el número uno y tiene tantos números como fustes muestreados. Se van ingresando los números en forma secuencial hacia abajo.
- “Largos”: en la columna correspondiente a este campo se van ingresando todos los largos (m) que se han registrado de cada uno de los fustes muestreados en terreno. La numeración comienza con el cero y va aumentando de metro en metro, con registros intermedios de las distancias internudales y de los defectos o malformaciones existentes a lo largo del fuste, hasta llegar al largo total del fuste.
- “Diámetros”: en esta columna se registra cada uno de los diámetros con corteza (cm) del fuste medidos en terreno, es decir, se ingresa para cada uno de los largos registrados su respectivo diámetro. El primer valor que se ingresa es el diámetro basal correspondiente al largo cero.
- “Tamaño de nudos”: es la siguiente columna y en ella se ingresan los tamaños de los nudos en cm que fueron registrados en los verticilos a lo largo del fuste analizado. Si es que en algún tramo del fuste analizado hay ausencia de nudos el valor que se ingresa es un cero, y en el caso en que exista presencia de nudos el valor que se ingresa es el del tamaño del nudo medido.
- “Diám.Cotuma”: al igual que en la columna anterior, en ésta se registra todos los diámetros de abultamientos de verticilo existentes a lo largo del fuste analizado. Se registra para cada largo y diámetro del fuste, un valor de abultamiento de verticilo, que es cero para el caso en que no exista abultamiento en el tramo analizado y es el valor del diámetro del abultamiento para el caso en que exista. Este valor se ingresa en cm.
- “Flecha”: en esta columna se van ingresando los valores de curvatura medidos en terreno. Se ingresa un valor de curvatura cada cinco metros de largo, y a las celdas intermedias se les ingresa el valor cero. El valor es ingresado en cm.

- “Poda”: se ingresa en esta columna el valor uno si el tramo del fuste correspondiente a esa sección (entre dos mediciones de diámetros fustales) se encuentra podado y el valor dos si el tramo correspondiente no se encuentra podado.
- “Pecas”: en esta columna se ingresa el valor numérico uno si el tramo del fuste correspondiente está libre de pecas y el valor dos si el tramo correspondiente posee pecas.
- “Defectos”: esta columna sirve para identificar si el fuste tiene algún tipo de defecto. Se ingresa el valor cero si el tramo del fuste correspondiente no posee ningún defecto, y valores que van del uno al cinco dependiendo del tipo de defecto que sea.

A cada tipo de defecto en particular se le otorga un valor numérico identificatorio dependiendo de la conveniencia, así por ejemplo: para el defecto “grieta” el valor numérico asignado es el uno; para el defecto “doble flecha” o malformación pronunciada (considerado pérdida como producto) el valor asignado es el cinco, etc.

Los campos que se completan con la información del trozado real son:

- “Producto”: esta columna posee tantas filas como productos que hayan sido registrados en el trozado real de cada fuste en particular. Para cada uno de los fustes registrados se ingresa el “código” identificador de cada uno de los productos que fueron obtenidos a partir del trozado real de esos fustes en terreno.
- “Hi”: esta columna se relaciona a la anterior y en ella se ingresa la longitud (m) exigida para cada uno de los productos obtenidos en el trozado real, es decir se ingresa el largo real que deberían tener los productos en cuestión.

Apéndice 4.1: Hoja “árboles” del simulador de trozado.

NºArb	largos (m)	Diámetros (cm)	Tamaño nudos (cm)	Diam. Cotuma (cm)	flecha (cm)	Poda	Pecas	Defectos	Producto	hi
1	0,0	54,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	27,0	2,4
	1,0	50,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0
	2,0	46,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	14,0	5,0
	2,3	46,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	14,0	5,0
	3,0	46,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0		
	4,0	44,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0		
	5,0	46,0	0,0	0,0	10,0	1,0	1,0	0,0		
	6,0	44,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0		
	7,0	42,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0		
	7,8	42,0	7,0	44,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	8,0	41,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	9,0	39,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	10,0	41,0	0,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0		
	10,2	41,0	8,0	42,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	10,6	41,0	5,0	42,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	11,0	40,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	12,0	38,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	12,9	37,0	7,0	38,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	13,0	38,0	8,0	40,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	13,3	38,0	8,0	41,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	14,0	36,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	15,0	35,0	0,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0		
	15,5	34,0	7,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	16,0	35,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	16,2	35,0	6,0	37,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	17,0	32,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	17,7	32,0	6,0	34,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	18,0	32,0	6,0	34,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	19,0	31,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0		
	19,6	30,0	0,0	0,0	3,0	2,0	1,0	0,0		

Apéndice 5: Descripción de los campos de la hoja “Trozado_Simulado”.

- “N° Árbol”: entrega el número identificador del fuste que fue simulado. Los números de los fustes que aparecen en esta columna deben coincidir con los ingresados en la hoja “árboles”.
- “Nombre”: esta columna tiene tantas filas como productos de salida del fuste simulado. Para cada fuste en particular aparecen los nombres de los productos que fueron trozados, a partir de la simulación, acompañados de su número “Núm” identificador correspondiente (el mismo que fue asignado en la hoja “productos”).
- “Dapcc”: en esta columna el simulador entrega el diámetro a la altura del pecho (Dap) con corteza que fue estimado en la simulación. Aparecen tantas filas como productos, todas las cuales son llenadas con el mismo valor, es decir aparece el valor del Dapcc en cm.
- “Dapsc”: en esta columna el simulador entrega el Dap sin corteza que fue estimado por el simulador a través de una función de espesor de corteza que posee. En este campo aparecen tantas filas como productos, todas las cuales son llenadas con el mismo valor, es decir aparece el valor del Dapsc del fuste en cm.
- “Altura”: en este campo aparece el largo total del fuste (m) en todas las filas que acompañan a los campos anteriormente descritos.
- “Diámetros s/c”: aparece para cada uno de los productos (para cada trozo), resultantes de la simulación del trozado, el diámetro máximo y mínimo (cm) sin corteza que fue estimado por el simulador a través de una función de espesor de corteza que posee y de los diámetros con corteza contenidos en la hoja “árboles”.
- “Largo venta”: aparece para cada uno de los productos simulados su respectivo largo nominal (m) de acuerdo a los especificados en la hoja “productos”.
- “Largo real”: al igual que en el punto anterior, en este campo aparece para cada uno de los productos simulados su respectivo largo real (m) de acuerdo a los especificados en la hoja “productos”.
- “Altura fustal”: consta de dos columnas; la primera de ellas contiene la altura inicial del fuste (m) a la que se empieza a cortar el primer producto simulado, es decir comienza con el valor cero y va aumentando de acuerdo a los largos de cada uno de los productos simulados, y la segunda columna contiene la altura final del fuste (m) a la que se termina

de cortar cada uno de los productos resultantes de la simulación hasta llegar a completar el largo o altura total del fuste.

- “Volúmenes”: al igual que el campo anterior consta de dos columnas, una de las cuales entrega el volumen Smalian (m^3) cubicado a partir del diámetro real del trozo y la otra columna entrega el volumen (m^3) cubicado a partir del diámetro JAS del trozo.
- “Diámetro JAS”: tal como su nombre lo indica en esta columna aparecen los diámetros JAS (cm) calculados por el simulador de cada uno de los productos que fueron obtenidos de la simulación. Para este cálculo el simulador utiliza los diámetros sin corteza (diámetros s/c) estimados en el mismo proceso de simulación.
- “Largo sección podada”: en esta columna aparece, en cada una de las celdas, el largo (m) de la sección podada que presenta cada uno de los productos que fueron obtenidos producto de la simulación del trozado.
- “Relación (%) cotuma/diámetro”: en esta columna aparece para cada uno de los productos simulados la relación, en porcentaje, que hay entre el sobrediámetro del abultamiento del verticilo del trozo con respecto al diámetro del trozo inmediatamente posterior al abultamiento. $((\text{Diám. Abult. Vertic} - \text{Diám trozo}) / (\text{Diám trozo}))$.
- “Relación (%) nudo/diámetro”: aparece como resultado en cada una de las celdas correspondientes a los productos simulados la relación, en porcentaje, existente entre el diámetro del nudo y el diámetro del trozo en el mismo lugar donde se encuentra el nudo. $(\text{Diám. nudo} / \text{Diám trozo})$.
- “Relación (%) flecha/diámetro”: entrega para cada uno de los productos simulados la relación existente entre la curvatura del trozo y el diámetro de éste.

Apéndice 5.1: Hoja “Trozado_Simulado” del simulador de trozado.

N° Árbol	Nombre	Dapcc (cm)	Dapsc (cm)	Altura (m)	Diámetros s/c		Largo Venta	Largo Real	Altura Fustal		Volúmenes		Diámetro JAS	Largo Sec Pod.	Relación % cot/dmin	Relación % nud/dmin	Relación % flecha/dmin
					Max	Min			inicio	fin	m³	JAS					
1	1 - p1-100	42,69	37,94	21,50	48,36	37,91	4,90	5,00	0,00	5,00	0,726	0,635	36,00	5,00	0,00	0,00	7,91
1	14 - Aserrable Grueso	42,69	37,94	21,50	37,91	34,42	4,90	5,00	5,00	10,00	0,504	0,566	34,00	0,00	7,50	28,95	2,91
1	14 - Aserrable Grueso	42,69	37,94	21,50	34,42	27,68	4,90	5,00	10,00	15,00	0,375	0,331	26,00	0,00	14,71	32,35	3,44
1	16 - Aserrable Grueso	42,69	37,94	21,50	27,68	27,49	3,20	3,30	15,00	18,30	0,191	0,216	26,00	0,00	13,79	26,67	2,31
1	23 - Aserrable Delgado	42,69	37,94	21,50	27,49	24,77	2,44	2,50	18,30	20,80	0,131	0,141	24,00	0,00	11,54	29,63	1,23
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,77	24,59	0,05	0,05	20,80	20,85	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,59	24,30	0,05	0,05	20,85	20,90	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,30	24,00	0,05	0,05	20,90	20,95	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,00	23,82	0,05	0,05	20,95	21,00	0,002	0,002	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	23,82	23,83	0,05	0,05	21,00	21,05	0,002	0,002	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	23,83	23,99	0,05	0,05	21,05	21,10	0,002	0,002	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	23,99	24,25	0,05	0,05	21,10	21,15	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,25	24,53	0,05	0,05	21,15	21,20	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,53	24,77	0,05	0,05	21,20	21,25	0,002	0,003	24,00	0,00	7,69	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,77	24,90	0,05	0,05	21,25	21,30	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,90	24,95	0,05	0,05	21,30	21,35	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,95	24,92	0,05	0,05	21,35	21,40	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,92	24,86	0,05	0,05	21,40	21,45	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	99 - desecho mínimo	42,69	37,94	21,50	24,86	24,76	0,05	0,05	21,45	21,50	0,002	0,003	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Apéndice 6: Hoja “Trozado_Real” del simulador de trozado.

N° Árbol	Nombre	Dapcc (cm)	Dapsc (cm)	Altura (m)	Diámetros s/c		Largo Venta	Largo Real	Altura Fustal		Volúmenes		Diámetro JAS
					Máx.	Min.			inicio	fin	m ³	JAS	
1	1 - p1-100	42,69	37,94	21,50	48,36	37,91	4,90	5,00	0,00	5,00	0,7264	0,6350	36,00
1	14 - Aserrable Grueso	42,69	37,94	21,50	37,91	34,42	4,90	5,00	5,00	10,00	0,5044	0,5664	34,00
1	16 - Aserrable Grueso	42,69	37,94	21,50	34,42	29,95	3,20	3,30	10,00	13,30	0,2616	0,2509	28,00
1	16 - Aserrable Grueso	42,69	37,94	21,50	29,95	28,03	3,20	3,30	13,30	16,60	0,2114	0,2509	28,00
1	22 - Aserrable Delgado	42,69	37,94	21,50	28,03	25,80	3,20	3,30	16,60	19,90	0,1823	0,1843	24,00