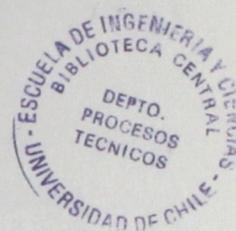


**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA**

T  
1998  
Im 1  
C.2

**OPTIMIZACION DEL ASERRADERO INDUSTRIAL  
DE FORESTAL RUSSFIN**



**BORIS INAREJO BIZAMA**

Profesor Guía	: Sr. Leonel Núñez L.
Profesores de Comisión	: Sr. Marcelo Elgueta V.
	: Sr. Roberto Corvalán P.

**MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO  
DE INGENIERO CIVIL MECANICO**

604-5649

**SANTIAGO, CHILE  
Septiembre, 1998**

## RESUMEN

La permanente necesidad de satisfacer problemas, requerimientos esenciales de nuestra sociedad, condujo a importantes esfuerzos de desarrollo en el sector industrial, con el objetivo de mejorar la productividad, reducir los costos de producción y mejorar la calidad de los productos. En este contexto, se desarrolló un proyecto de investigación y desarrollo, cuyo objetivo principal es mejorar una operación industrial, en beneficio de una Comunidad Local y económica, gracias a la incorporación y diseño de un equipo de producción, que permita garantizar la continuidad de Forestal Rusafin Ltda. en el largo plazo.

El desarrollo de este proyecto se ejecutó en Tierra del Fuego, lugar donde se ubica la Planta Industrial. La recopilación de los antecedentes técnicos junto con los resultados operacionales del proceso industrial que permitieron trazar y definir el estudio, consistió en el análisis de 4 años de experiencia laboral, relacionada con el proceso primario de transformación físico - mecánica de la madera proveniente de los bosques más australes de la Patagonia Chilena.

Los resultados obtenidos indican un aumento de un 10% en los índices de productividad, en relación con la operación anterior, gracias a la mayor eficiencia en el uso de los recursos y a la mejora en los sistemas de gestión de la producción, permitiendo una operación continua y asegurar niveles de producción estables, en el largo plazo del producto.

Se concluye que con la nueva operación se mantendrá los compromisos económicos del área, lo que permitirá en el largo plazo, una mejora aún más grande en la operación.

**A mis hijos, mis padres, y en especial a mí  
Querida esposa quién ha aportado el más  
importante apoyo en el término de esta  
etapa.**

## RESUMEN

La permanente necesidad de satisfacer problemas, requerimientos, demandas de nuestra sociedad, constituye los innumerables e importantes desafíos del campo profesional, bajo la perspectiva anterior, presento mi trabajo de título, cuyo objetivo será replantear una operación industrial, en beneficio de una Optimización técnica y económica, gracias a la incorporación y diseño de un equipo descortezador, que permitirá consolidar la continuidad de Forestal Russfin Ltda. en el largo plazo.

El desarrollo de este proyecto se ejecuta en Tierra del Fuego, lugar donde se ubica la Planta Industrial. La recopilación de los antecedentes técnicos junto con los resultados operacionales del proceso industrial que permitieron trazar y orientar el estudio, constituyen al menos 4 años de experiencia laboral, relacionado con los procesos primarios de transformación físico - mecánica de la madera, proveniente de los bosques más australes de la Patagonia Chilena.

Los resultados obtenidos indican un aumento de un 10% en los índices de productividad comparado con la operación anterior, gracias a la mayor durabilidad de los elementos de corte y una mayor eficiencia en los sistemas de evacuación de residuos, permitió una operación continua y aseguró niveles de producción estables, sin alterar a la calidad del producto.

Se concluye que con la nueva operación se mantendrá los compromisos comerciales, consolidando contratos en el largo plazo, esto se beneficia aún más gracia a la optimización técnico - económica conseguida con la disminución en los costos de operación, logrando captar nuevos clientes en mercados altamente competitivos.

## INDICE

<b>CAPITULO I</b>	<b>INTRODUCCION</b>	
1.1.	Introducción .....	1
1.1.1.	Antecedentes de la Empresa .....	2
1.2.	Planteamiento del Problema .....	3
1.2.1.	Antecedentes del Proyecto .....	5
1.3.	Objetivos Generales, Técnico y Específicos .....	7
1.4.	Beneficios del Proyecto .....	8
1.4.1.	Gestión Financiera y Comercial .....	8
1.4.2.	Producción y Capacitación de la fuerza laboral .....	8
<b>CAPITULO II</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	
2.1.	Recurso Forestal, Aspectos Silvícolas (Manejo y Regeneración) .....	10
2.2.	Patrimonio Forestal de la Empresa .....	16
2.3.	Impacto Ambiental .....	16
2.4.	Generalidades sobre Aserraderos Industriales .....	20
2.5.	Procesos Unitario involucrados en el Aserrío .....	21
2.6.	Maquinarias y Equipos .....	23
2.7.	Modernas Tendencias en los Procesos de Aserrío .....	26

### **CAPITULO III ESTUDIO DE INGENIERIA**

3.1. Ingeniería Básica .....	31
3.1.1. Diseño de lay - out .....	31
3.1.2. Diseño selección de los equipos de proceso .....	33
3.2. Ingeniería de Detalles .....	37
3.2.1. Diseño equipo transportadores .....	38
3.2.2. Diseño de redes de servicio .....	56
3.2.3. Plano y especificaciones .....	64
3.2.4. Inversiones y Calendario de Inversiones .....	65

### **CAPITULO IV EVALUACION TECNICO ECONOMICA**

4.1. Metodología de evaluación .....	71
4.1.1. Rendimiento de los procesos y rendimiento global .....	71
4.1.2. Consumo de energía y eficiencia .....	77
4.1.3. Productividad .....	79
4.2. Evaluaciones del Costo operacional .....	82
4.3. Comparación con la operación anterior .....	86

### **CAPITULO V DISCUSION Y CONCLUSIONES .....** 88

## CAPITULO I

### **1.1 Introducción.**

La creciente especialización de los mercados ha hecho que las exigencias de éstos sean cada vez mayores en cuanto a diversos parámetros como calidad, terminación y presentación. Esto hace que el desarrollo tecnológico que ha ocurrido durante las últimas décadas en nuestro país y en el resto del mundo, ha generado que todos los ámbitos y rubros de la economía se hayan visto obligados a incorporar mayor tecnología en cada uno de sus procesos y / o transformaciones, incorporando además una alta rigurosidad en el control y presentación de sus productos, con el riesgo de adquirir serias desventajas comparativas en el caso de no hacerlo.

Lo anterior se presenta con mayor fuerza, dado el creciente comercio internacional y a la, cada vez más cierta, globalización de los mercados internacionales, los que rigen sobre la base de parámetros muy estrictos de calidad.

En el caso de las exportaciones y en este caso particular, el sector forestal, aparte de las exigencias internacionales, la baja del dólar frente a las exportaciones, obligan necesariamente a analizar cada uno de los procesos involucrados en las operaciones de transformación, minimizando los costos por una parte o rediseñando procesos más eficientes, de esta manera se logra perdurar en forma sostenida en el tiempo permitiendo estabilidad económica y social. Para esto, basándose en procesos de mejoramiento continuo, se debe generar productos cada vez superiores y altamente competitivos, no sólo en el ámbito nacional sino también internacional.

Al empresariado hoy en día se le presenta este desafío, relacionado con la búsqueda de la excelencia y la solidez empresarial a partir del desarrollo

humano y tecnológico de sus recursos, con lo que podrá enfrentar el próximo siglo con una visión de empresariado y no en una situación desmerecida, como muchas veces ocurre con las empresas en expansión.

La oportunidad, para el caso de Forestal Russfin Ltda., de ser una empresa con desarrollo y de crecimiento sostenido en el futuro, es algo que depende directamente de la eficiencia y de la profesionalización con que se realicen todas sus tareas y procesos. Por esto se presenta este **Proyecto de Título**, para poder así promover la competitividad, productividad e incrementar la eficiencia de la empresa, generando así una empresa altamente competitiva en los mercados internos y externos.

### **1.1.1 Antecedentes de la Empresa.**

La Empresa "Forestal Russfin Ltda.", se constituyó como sociedad de responsabilidad limitada en el año 1991, con una inversión superior a los US\$6.000.000.

Forestal Russfin se dedica principal y prácticamente a la cosecha de bosques de Lengua, madera muy apreciada, tanto nacional como internacionalmente, por sus especiales propiedades altamente atractivas para la fabricación de muebles. La Empresa ha enfocado en general toda su producción al mercado externo, especialmente a países como Japón, Corea, Taiwan, EE.UU, Alemania e Italia.

A estos países se exporta la madera procesada en forma de distintos productos, lo que es posible a través de Ignisterra S.A., Empresa que le da a la madera una terminación exportable.

La estructura productiva de Forestal Russfin va desde la posesión de los predios donde están los bosques, el manejo y el tratamiento de los mismos.

Posee un Aserradero, ocho Cámaras de Secado y Planta de Pre-Elaboración, para procesar la madera, la que posteriormente se entrega en su mayoría a la Empresa Ignisterra, para que elabore los diversos productos que exporta.

Uno de los principales problemas que ha encontrado la Empresa en su incursión internacional, ha sido la enorme competencia con maderas de características similares, procedentes de EE.UU. Debido a esto y considerando que los costos unitarios en los distintos procesos de transformación, determinándose que los problemas generados por la corteza de los troncos en el aserrío, marcan un índice muy incidente en esta operación, se comienza a materializar el presente proyecto.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Forestal Russfin (F.R.) complejo industrial maderero que comprende un Aserradero mecanizado, con capacidad para producir 12.000 m<sup>3</sup> de madera aserrada verde al año, ocho cámaras de secado convencionales, de 105 m<sup>3</sup> de capacidad cada una y con ciclos diseñados para secar madera al 6-7% de humedad, una Planta de Elaboración, una Caldera y una Planta de Generación Eléctrica y Campamentos para su personal, empresa dedicada a la producción y comercialización de maderas, cuyas oficinas generales y áreas de explotación se encuentran ubicadas en la XII Región (Tierra del Fuego).

La Empresa desde su constitución, se ha preocupado en forma permanente de innovar sus procesos y productos de manera de mantenerse en el negocio cada vez más competitivo de la madera.

De esta manera, Forestal Russfin ha desarrollado e implementado planes de mejoramiento continuo de sus diferentes áreas tales como : Silvicultura,

Abastecimiento, Transporte, Aserradero Industrial, Secado, Planta de Elaboración y Ventas. A pesar de este esfuerzo sostenido, Forestal Russfin aprecia que el Aserradero Industrial es un área crítica del negocio y para optimizar la gestión global de la Empresa, es necesario dedicarle a dicha área mejor atención en los aspectos de tecnología y operación. Las razones que hacen crítica a esta área del negocio están relacionadas con los siguientes factores:

- **Estancamiento del dólar**
- **Gran competitividad nacional e internacional y;**
- **Gran diversidad de tamaño de los árboles en los bosques australes.**

La experiencia de Forestal Russfin en el aserrío de bosques australes a permitido identificar los siguientes problemas técnicos, que inciden fuertemente sobre el rendimiento y costo operacional de la Planta:

a.- El aserrío de troncos con corteza provoca cambios frecuentes de las sierras a causa de la gran abrasividad de las duras cortezas de los trozos de esta región. Este fenómeno ocasiona reiteradas interrupciones del proceso, con la consiguiente baja de producción, aumento de costos operacionales y pérdida de eficiencia.

b.- El desprendimiento de grandes trozos de corteza durante el aserrío causa problemas en las líneas de evacuación de aserrín, ya que este último sistema, de transporte neumático los conduce directamente a los ventiladores de succión produciendo el colapso de las aspas e incluso del equipo general. Por este efecto se producen grandes y graves mermas de producción y también se incrementan los costos de mantención de la planta.

c.- La acumulación de corteza en los transportadores y mesas de procesamiento, genera tan adversas condiciones de operación que incluso se ha llegado al colapso estructural de algunos transportadores y al bloqueo de los equipos con actuación hidráulica o neumática. Por cierto, este es otro ítem que incrementa los costos de operación y disminuye la eficiencia global de la Planta de Aserrío.

En la discusión anterior se aprecia que la clave del problema operacional está en el procesamiento de trozos de muy distinto tamaño (diámetro y largo) con corteza muy dura y abrasiva. Por lo tanto, la solución del problema pasa por el desarrollo de un descortezador de capacidad y prestaciones adecuadas. Sin embargo, al introducir este equipo a la faena de aserrío se generarán nuevas condiciones de operación influidas por el tamaño, consumo de energía (en sus diferentes formas), generación de desechos y supervisión que el equipo demande. De aquí nace la necesidad de replantear la operación de aserrío industrial de la planta, a través de un proyecto de ingeniería muy bien organizado y documentado.

### **1.2.1 Antecedentes del Proyecto.**

No se conoce el desarrollo en años previos, de proyectos similares a éste en el país; ya que las características de explotación del bosque austral lo hacen único. Sin embargo, existe gran experiencia en el desarrollo de aserraderos convencionales y plantas procesadoras de madera y astillas, particularmente en las regiones VIII a X del sur de Chile (Ref. 1 y 2) donde se presentan problemas de ingeniería de proceso de madera, similares a los

que se abordarán en este trabajo, por ejemplo el desarrollo de líneas de aserrío y de descortezadores.

Los objetivos generales de este trabajo de maestría son: Replantear la

A pesar de esto, las exigencias de este proyecto son bastante diferentes a las analizadas en los casos convencionales en los aspectos de prestaciones de los equipos y en cuanto a los sistemas de control que éstos deberán tener. A la fecha de esta presentación se conoce sólo una experiencia local acerca del desarrollo de un descortezador de fresa, de características operativas similares al que se concibe para este proyecto (Descortezador de Fresa en Aserraderos Magasa Ltda., desarrollado por Electro Metal Lemp, Temuco, Chile).

Sin embargo, no se ha informado las características de rendimiento y eficiencia de dicho equipo.

Otro aspecto de gran importancia en el desarrollo de este proyecto, está relacionado con los sistemas de transporte neumático de aserrín y desechos subproductos del proceso. Aunque esto es una tecnología convencional, ampliamente utilizada en el rubro forestal, se puede conseguir un diseño de líneas y equipos de última generación gracias a los recientes avances de la disciplina de transporte neumático (Ref. 3), hecho particularmente válido para el transporte en fase densa como es el caso en estudio.

En el aspecto de definición de planta y definición de índices de rendimiento y eficiencia, este trabajo será pionero ya que no se conocen evaluaciones similares para otras Plantas Forestales.

### 1.3 Objetivos Generales, Técnicos y Específicos.

Los objetivos generales de este trabajo de memoria son: Replantear la operación de aserrío industrial de Forestal Russfin para contribuir a optimizar técnica y económicamente el negocio.

Los objetivos técnicos y específicos que pretende alcanzar esta presentación son:

- Definir un nuevo lay-out para la Planta de Aserrío
- Implementar un nuevo Aserradero con tecnologías modernas y ad-hoc para el tipo de explotación local.
- Seleccionar y desarrollar maquinaria y equipos adecuados a este planteamiento operacional.
- Evaluar técnica y económicamente la faena para definir sus índices de productividad, eficiencia y costo operacional.
- Eliminación al interior de la Empresa de la dependencia tecnológica y desafiar en zonas australes, procesos de investigación y desarrollo que no existen, y que motiven proseguir en este campo en otras áreas de la Empresa.

## **1.4 Beneficios del Proyecto.**

Para Russfin Ltda., por la inversión comprometida en su crecimiento y desarrollo de este proyecto tiene efectos directos en distintas áreas bien determinadas tales como:

### **1.4.1 Gestión Financiera y Comercial.**

En lo relativo a este punto, este proyecto permitirá incrementar en forma considerable los ingresos de la empresa, debido a la posibilidad concreta de disminución en los costos de operación, ya sea por menor recambio de sierras y mayor eficiencia en los sistemas de evacuación de residuos, lo que permitirá un proceso continuo. El impacto primario, es que habrá un incremento directo en la rentabilidad debido a un aumento de productividad en esta fase del proceso. En cuanto a la gestión comercial, los costos unitarios se verán disminuidos gracias a la mejor productividad, por lo que el producto será ofrecido a precios muy competitivos y que además permitirá mantenerlo en el mercado e incursionar nuevos destinos para su comercialización.

### **1.4.2 Producción y Capacitación en la fuerza laboral.**

Se realizarán cambios en lo que se refiere a la incorporación de un equipo adicional previo el proceso de aserrío de tal forma de permitir que esta operación se efectúe de manera continua con menores interrupciones. Con relación a la capacitación de la fuerza laboral, el desarrollo de un equipo que alterará los ritmos de producción actual, conllevará en forma

imprescindible el trabajar con personal de mayor nivel y compromiso, por lo que se deberá capacitar y perfeccionar al personal que se hará cargo del proceso, generando mano de obra especializada de mejor nivel y capacitación.

La Lengua es una especie que se encuentra exclusivamente en el extremo austral de América del Sur y corresponde a la familia Nothofagaceae. Otras especies del género de los Nothofagus que están presentes en Chile son: el Coligüe (*Nothofagus Decurrens*), el Raül (*Nothofagus Agalaxia*) y el Roble (*Nothofagus Obliqua*), siendo el Raül el más parecido a la Lengua en sus características técnicas y usos comerciales.

La Lengua se encuentra en toda la extensión de los bosques subantárticos del cono Sur de América, entre los 36° 30' y 56° 00' de latitud sur.

El bosque de Lengua tiene la particularidad de encontrarse presente en grandes extensiones de bosques monoespecíficos en zonas templadas-frías, en terrenos de topografía de lomas suaves, casi sin solotocques y con una gran capacidad de regeneración natural.

La superficie de bosques de Lengua, en el ámbito mundial, cubre aproximadamente 2.500.000 hectáreas, de las cuales el 76% corresponde a Chile, en tanto que el 24% restante, lo constituye los bosques de Lengua de la República Argentina. En el cuadro N° 2.1 Superficie Mundial de Lengua, se señala su incidencia por país y se destaca, para aquellas zonas de mayor participación, la superficie definida exclusivamente como comercial.

## CAPITULO II ANTECEDENTES

### **2.1 Recurso Forestal y Aspectos Silvícolas (manejo y reparación).**

La Lengua es una especie que se representa exclusivamente en el extremo austral de América del Sur y corresponde a la familia Nothofagus Pumilio.

Otras especies del género de los Nothofagus que están presentes en Chile son: el Coigüe (Nothofagus Dombeyi), el Raulí (Nothofagus Alpina) y el Roble (Nothofagus Oblicuo), siendo el Raulí el más parecido a la Lengua en sus características técnicas y usos comerciales.

La Lengua se encuentra en toda la extensión de los bosques subantárticos del cono Sur de América, entre los 36° 50` y 56° 00` de latitud sur.

El bosque de Lengua tiene la particularidad de encontrarse presente en grandes extensiones de bosques monoespecíficos en zonas templadas - frías, en terrenos de topografía de lomajes suaves, casi sin sotobosques y con una gran capacidad de regeneración natural.

La superficie de bosques de Lengua, en el ámbito mundial, cubre aproximadamente 2.500.000 hectáreas, de las cuales el 76% corresponde a Chile, en tanto que el 24% restante, lo constituye los bosques de Lengua de la República Argentina. En el cuadro N° 2.1 Superficie Mundial de Lengua; se señala su incidencia por país y se destaca, para aquellas zonas de mayor participación, la superficie definida actualmente como comercial.

**Cuadro N° 2.1 : Superficie Mundial de Lengua :**

Ubicación	Superficie Total (ha)	% País	% Total	Superficie Comercial (ha)
8ª Región	10,000	0.52	0.40	s.i
9ª Región	26,950	1.41	1.08	s.i
10ª Región	210,728	11.04	8.43	s.i
11ª Región	1,090,544	57.15	43.60	54,200
12ª Región	570,000	29.88	22.80	319,048
<b>Total Chile</b>	<b>1,908,222.0</b>	<b>100.00</b>	<b>76.30</b>	<b>373,248</b>
Prov. Río Negro	30,000	5.06	1.20	s.i
Prov. Chubut	90,000	15.18	3.60	s.i
Prov. Sta. Cruz	45,000	7.59	1.80	s.i
Prov. Tierra del F.	427,820	72.17	17.11	270,160
<b>Total Argentina</b>	<b>592,820</b>	<b>100.00</b>	<b>23.70</b>	<b>270,160</b>
<b>Total Mundial</b>	<b>2,501,042</b>	<b>-</b>	<b>100.00</b>	<b>-</b>

**Fuente :**

Del Recurso Forestal Lengua solicitado a R&S Servicios Forestales en Agosto 1990.

El volumen bruto por hectárea es fluctuante dependiendo del sector geográfico en que se ubique, o del grado de intervención que tenga, pero corresponde entre 270 a 600 m<sup>3</sup> / ha., con un promedio de 400 m<sup>3</sup> / ha. (ha. = hectáreas)

El volumen aserrable de los bosques de Lengua de Magallanes y Aysén es relativamente bajo, se estima entre 55 a 120 m<sup>3</sup> / ha., lo que representa aproximadamente un aprovechamiento del 20% del volumen bruto.

Uno de los factores que influye, en este bajo aprovechamiento, es la alta proporción de árboles con deficiencias sanitarias.

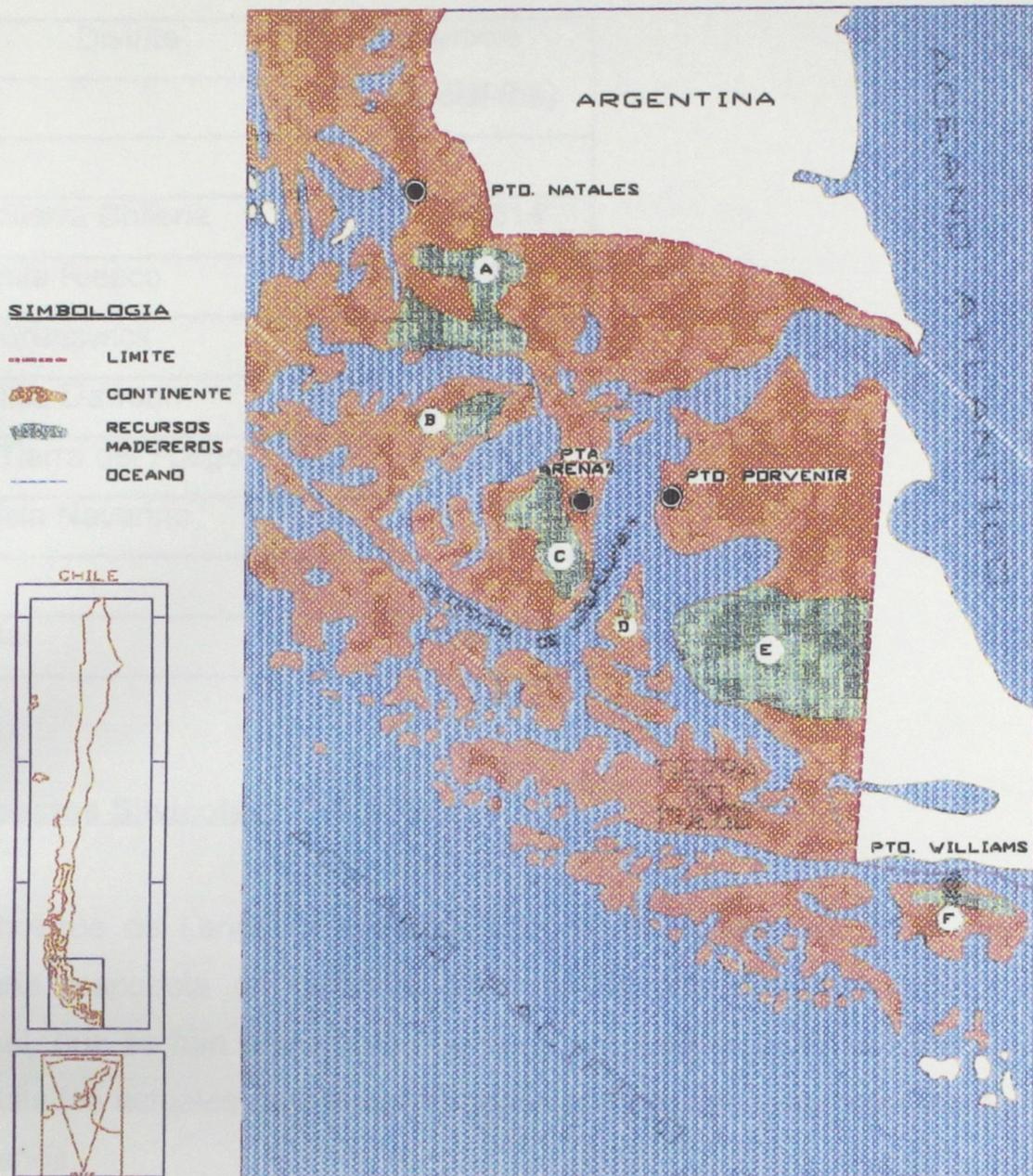
A continuación se hace un análisis en mayor detalle del recurso Lengua en la 12ª Región, por ser este el de mayor interés para el proyecto.

### **Recurso Lengua en Magallanes**

El recurso Lengua en Magallanes se distribuye en los siguientes distritos : Sierra chilena, Isla Riesco, Brunswick, Isla Dawson, Tierra del Fuego e Isla Navarino.

En el **cuadro N° 2.2** Recurso Lengua de la Región de Magallanes; de una superficie total de 570.000 ha., con 319.048 hectáreas de superficie comercial, que además se pueden observar en la **figura 2.1**

FIGURA 2.1 Distribución del Recurso Lengua en la Región de Magallanes:



**FIGURA 2.1** Distribución del Recurso Lengua en la Región de Magallanes:

## Cuadro N° 2.2 : Recurso Lenga de la Región de Magallanes.

Distrito	Superficie Comercial (ha)
A. Sierra Chilena	70,814
B. Isla Riesco	14,825
C. Brunswick	54,174
D. Isla Dawson	4,500
E. Tierra del Fuego	161,465
F. Isla Navarino	13,270
<b>Total</b>	<b>319,048</b>

### Aspectos Silvícolas.

El bosque de Lenga, y especialmente el de Magallanes, tiene una muy buena respuesta en términos silvícolas, de regeneración y crecimiento anual, que se han demostrado tanto en estudios específicos como de los resultados actuales de las explotaciones comerciales realizadas desde hace 20 años.

En relación a los estudios específicos realizados en el bosque de Lenga de Magallanes, se tiene que a partir de 1977 se iniciaron investigaciones científicas sistemáticas, con el objetivo de buscar modelos silvícolas que permitieran su manejo y transformación desde bosques naturales a bosques manejados. La dirección de estos trabajos ha estado a cargo del **Dr. Harald Schmidt del Departamento de Silvicultura de la Facultad de Ciencias**

**Forestales de la Universidad de Chile.** Los informes publicados son : Transformación y Manejo de los Bosques en Magallanes (1982), Investigación aplicada sobre el manejo de la Lenga XII Región (1987) y Evaluación de los ensayos de Manejo Forestal de la Lenga XII Región (1989).

Estas investigaciones aplicadas demuestran que si se aplican apropiados métodos de cosecha, con el manejo silvícola correspondiente, se puede elevar paulatinamente la producción anual 4.75 veces en volumen extraíble y 7.5 veces el volumen aserrable, en comparación con los rendimientos naturales en la misma superficie. A su vez, se obtiene un bosque con rotaciones futuras cada 100 años, con intervenciones silvícolas cada 20 años y comerciales a partir de los 60 años. Esto significa tener un bosque nativo con rotaciones comerciales para madera aserrable, o sea un recurso natural renovable y económicamente factible de explotar.

Específicamente los resultados de estas investigaciones, muestran una abundante producción de semillas y una excelente regeneración al dejar un dosel mínimo de protección (reducción de la cobertura a niveles entre 15 a 30 %), que mantiene los requerimientos de humedad atmosférica que no se dan en esta zona en superficies deforestadas debido al viento.

Por otra parte, cabe destacar que desde hace aproximadamente 20 años se están realizando en la zona explotaciones forestales del bosque de Lenga con fines comerciales, que han aplicado técnicas controladas, que a la fecha, han demostrado resultados absolutamente positivos, y que son totalmente compatibles con los resultados de las investigaciones aplicadas.

En conclusión, una de las especiales ventajas del bosque de Lenga de la XII Región es de estar presente en bosques monoespecíficos, en una zona templada - fría, en terrenos de topografía de lomajes suaves, casi sin

sotobosques que permite su regeneración en forma rápida y sumamente abundante.

Es posible asegurar además que el recurso Lengua existe en cantidad suficiente para garantizar las necesidades del proyecto y además que está demostrado fehacientemente que aplicando criterios silvícolas razonables en su explotación, el recurso es claramente renovable.

Cuando en la iniciativa privada y especialmente en la creación de

## **2.2 Patrimonio Forestal de la Empresa.**

es importante garantizar a la

Se considera necesario asegurar un patrimonio forestal suficiente para el consumo total del Aserradero propio por 15 años. Esto representa un 60% de las necesidades de materia prima del proyecto en 15 años de operación.

La producción total de componentes durante los 15 años de 105.800 m<sup>3</sup> finales, para esto se requieren 242.813 m<sup>3</sup> de madera verde. De este total se consulta comprar de terceros 98.350 m<sup>3</sup> de madera verde y producir con Aserradero y bosques propios 144.463 m<sup>3</sup> de madera verde. Luego a nivel de rollizos se requieren 483.993 m<sup>3</sup> ssc (ssc = sólido sin corteza), lo que representa 4.840 Hás. de bosques comerciales con una densidad de 100 m<sup>3</sup> ssc / hectárea.

El precio de una hectárea de bosque de estas características es de US\$ 150, lo que equivale a 1.5 US\$ / m<sup>3</sup> ssc. por el bosque en pie.

Es así como el Plan de Manejo establecido para el aprovechamiento de las

## **2.3 Impacto ambiental.**

una de las variables más importantes de análisis,

El aprovechamiento de los bosques de Lengua es complejo y por ende requiere que todas las variables sean manejadas en forma profesional y responsable. Es así, como este recurso se ha promovido y desarrollado en proyectos financiados por inversionistas privados, orientado principalmente

a la exportación de productos de calidad con un alto margen de valor agregado.

La principal exigencia basada en los controles y planes de manejo de CONAF (Corporación Nacional Forestal), auditando todas las intervenciones que se efectúen al bosque de forma que en ellas se incluyan los últimos adelantos en los métodos de cosecha.

Confianza en la iniciativa privada y especialmente en la creación de proyectos con desarrollo sustentable, es importante garantizar a la comunidad que efectivamente se adoptarán y utilizarán procedimientos que garanticen la “**permanencia y mejoramiento**” de los bosques que se intervengan.

Cualquier actividad industrial que quiera proyectarse y perdurar en el tiempo, necesariamente debe manejarse bajo un esquema sustentable, más aún en el caso de aquellos basados en el aprovechamiento de los **recursos naturales**.

Este criterio de sustentabilidad se manifiesta en las acciones que emprende el hombre para prevenir y minimizar los efectos que puede tener su accionar en el entorno que lo rodea. Utilizar el recurso Lengua también incorpora condiciones con respecto a su **IMPACTO AMBIENTAL** en temas como estabilidad del bosque al ser intervenido, faenas de cosecha, vida silvestre, impacto social y otros.

Es así como el Plan de Manejo establecido para el aprovechamiento de las especies incorpora como una de las variables más importantes de análisis, el viento, un factor climático predominante en la zona.

De esta manera para asegurar la estabilidad del bosque se contempla dejar en pie aquellos árboles dominantes y cuyo sistema radicular permite soportar las exigencias del viento. En otras palabras realizar un **manejo forestal sustentable**.

De lo anterior se desprende que la elección de los árboles a extraer es crucial, razón por la cual todas las personas encargadas de seleccionarlos serán previamente capacitadas en esta tarea y su correcto desempeño será permanentemente controlado.

En el caso de la cosecha también se han definido los procedimientos y tecnologías a aplicar, de modo de minimizar su impacto. La planificación de las faenas contempla, entre otras medidas, el volteo dirigido, uso de equipos con elementos adecuados de tracción, extracción planificada en fajas, capacitación del personal que interviene en las faenas, y evitar cosechas en época de deshielos, entre otras.

- **Impacto Ambiental:** Alteración del medio ambiente producido en forma directa o indirecta por actividades en un espacio determinado.

- **Manejo Forestal Sustentable:** Tratamiento de los bosques mediante la conservación y protección del recurso forestal y del medio ambiente, asegurando su disponibilidad a las generaciones futuras.

**Definiciones: (Ref. N° 4)**

- **Desarrollo Sustentable:** Obtener el desarrollo actual, sin que este afecte el derecho que tienen las generaciones futuras a optar por su propio desarrollo.

- **Recursos Naturales:** Se encuentran en la tierra en forma natural y proporcionan sustento al hombre. Son recursos naturales renovables el agua, suelo, bosques y vida silvestre.

- **Impacto Ambiental:** Alteración del medio ambiente producido en forma directa o indirecta por actividades en un sector determinado.

- **Manejo Forestal Sustentable:** Tratamiento de los bosques mediante la conservación y protección del recurso forestal y del medio ambiente asegurando su disponibilidad a las generaciones futuras.

## 2.4. Generalidades sobre Aserraderos Industriales.

Las máquinas para trabajar madera pueden dividirse en dos grupos, en máquinas para Aserradero y, Equipos para Talleres Industriales o Talleres de Elaboración de Maderas. Este proyecto se concentrará en procesos de transformación primaria de la madera, el Aserrío.

En el proceso de Aserrío existen distintas formas convencionales a escala mundial, tenemos algunos Aserraderos que se componen de máquinas con Sierras Circulares, otros con Sierras Huinchas o de Cinta, las Sierras Alternativas y el Mixto. Cada caso tiene su ventaja o desventaja, por lo cual es importante tener en consideración, el producto final que persigue cada empresa ya que en definitiva esto permite seleccionar el tipo de Aserradero.

Los Aserraderos se componen de una línea principal donde los troncos se cortan en maderos bastos verdes, el corte se efectúa en el sentido de la fibra, posteriormente viene el reaserrío, donde se fraccionan las piezas a la medida de producción y finalmente existe el área de trozado y/o despuntado, que permite dimensionar las piezas en el largo.

Los Aserraderos Industriales requieren equipos y sistemas anexos necesarios para conseguir una operación continua, tales como; líneas neumáticas para el uso de volteadores, deflectores, rodillos de presión, guías de presión, etc., sistemas hidráulicos para las distintas velocidades de avance en las diferentes líneas del proceso, sistemas de extracción de residuos y desechos (aserrín, despuntes, varillas, charlatas, etc.), líneas de astillado para el aprovechamiento de los desechos como combustible o chips para celulosa.

Equipos secundarios corresponden a control, instrumentación, tableros, reguladores de presión y caudal, equipos de protección, partidores, etc., no obstante no podemos dejar de citar el anexo más importante que compone un Aserradero, el Taller o Cuarto de Mantenimiento y Afilado de las Herramientas de Corte, área fundamental ligado estrictamente a las máquinas de aserrío, en otras palabras una buena mantención de los elementos de corte, aseguran una condición básica del producto en cuanto a las terminaciones y dimensiones finales de una pieza de madera.

#### Partidoras o Reserradora y las Sierras Múltiples

En algunos casos los Aserraderos utilizan un servicio externo para la mantención de sus Herramientas de Corte, producto de la escasa capacitación que existe en la formación de técnicos y maestros afiladores, esto obliga eventualmente a traer técnicos especializados principalmente de España, Francia, U.S.A. o Canadá para poder capacitar y formar algún técnico local.

## 2.5 Procesos Unitarios involucrados en el de Aserrío.

- **Descortezado:** Se ha incorporado necesariamente este proceso en las líneas de Aserrío, debido a la gran influencia de la corteza sobre los elementos de corte producto de su abrasividad. También los trozos de corteza que se van desprendiendo en las distintas etapas del proceso, interfieren negativamente en los sistemas de extracción de residuos y en las cintas transportadoras. Esta operación de descortezado consiste en eliminar la cáscara (corteza) propia del tronco antes de entrar a la etapa de Aserrío.

- **Aserrío:** Consiste en transformar el tronco (cuerpo cilíndrico) en piezas con al menos dos caras paralelas rectas (limpias), esto corresponde a la



primera etapa. En esta operación se utilizan las denominadas Sierras Huinchas o Sierras Circulares.

- **Reaserrío:** La segunda etapa tiene como condición recibir una pieza con dos caras paralelas rectas o limpias. Aquí se fracciona la pieza dando origen a piezas más pequeñas pudiendo tener 4 caras rectas, como un rectángulo, o dos caras paralelas rectas con dos bordes o cantos muertos (periferia de un tronco). Para esta etapa se utilizan las llamadas Sierras Partidoras o Reaserradora y las Sierras Múltiples.

- **Canteado:** Proceso que permite escuadrar las tablas o listones, eliminando los bordes (cantos muertos), para reducirlos a los anchos estándares o a su ancho útil máximo. Se obtiene una pieza con sus cuatro caras limpias o rectas. Para este proceso se utilizan las Canteadoras.

- **Trozado y/o Despuntado:** Corresponde a otra fase del proceso donde se escuadran los extremos de las tablas, para reducirlas a longitudes estándares o para recortarle alguno de los defectos más serios como por ejemplo; rajaduras, corte irregular de la motosierra en los extremos del tronco, defecto sanitario, defecto físico, etc.

La máquina que realiza esta transformación se les conoce como Trozadoras o Despuntadoras, su particularidad es el corte es el sentido transversal a las fibras, esto hace una diferencia notable en el tipo de diente de la sierra con respecto de las de corte longitudinal.

## 2.6 Máquinas y Equipos.

Las descripciones de maquinarias y equipos involucradas en el proceso de Aserrío serán caracterizaciones generales con excepción del Descortezador, equipo que motivó o el estudio y diseño de este proyecto.

- **Descortezador:** Este equipo y su conjunto será descrito en detalle en el capítulo III en el punto 3.1.2. de este proyecto.

- **Sierra Cinta:** Denominada también Sierra Huincha. Es considerada la máquina principal ya que proporciona el ritmo y flujo de los procesos siguientes. La Sierra Huincha es un equipo crítico, ya que inicia la transformación en el primer corte.

Es de uso común en la mayoría de los Aserraderos medianos y grandes. Se compone básicamente de 2 volantes (superior e inferior), motor eléctrico, poleas, correas de transmisión y estructura metálica. La sierra va montada en las caras exteriores de ambos volantes, la tensión de la sierra transmite el movimiento al volante conducido. El volante motriz es accionado a través del motor mediante poleas y correas.

Una Sierra Huincha para pequeños troncos, posee volantes menores a 1.800 mm. de diámetro, sus sierras son de 178 mm. (7") de ancho aproximadamente con un espesor de 1,6 a 1,8 mm., el equipo completo alcanza las 5 toneladas. Para el caso de troncos de mayor tamaño (diámetro) los volantes sobrepasan los 3 metros de diámetro, con hojas de 18" de ancho cuyo espesor está entre los 4 a 5 mm., la máquina puede llegar a pesar 22.700 kilos. La potencia utilizada en estos equipos va desde

los 50 a 400 caballos de fuerza y la velocidad angular de la sierra es de unos 3.000 m/min.

- **Sierras Circulares:** También corresponde a un equipo principal, participa en muchos casos en el primer corte dentro del proceso de aserrío, en este caso la Sierra Circular corta el tronco también en el sentido de la fibra. Actualmente se las conoce como Twin-Saw (Sierra Circular gemela o doble), que permite en una sola pasada dejar simultáneamente 2 caras rectas paralelas en el tronco, esta pieza se denomina semi-basa en el lenguaje de los madereros. Existe la Sierra Circular Single que ya prácticamente no se utiliza gracias a la eficiencia de las Sierras Twin.

La máquina está compuesta por su estructura metálica, eje principal, poleas, correas y motor eléctrico. El motor por medio de poleas y correas transmite el movimiento al eje principal, donde está posicionada la sierra.

Este equipo se utiliza para troncos pequeños o medianos de hasta 800 mm de diámetro.

El diámetro de las sierras de esta máquina no supera los 1.500 mm. y la potencia varía desde los 50 Hp. hasta los 150 Hp., el peso no excede los 2.500 kilos y la velocidad de la sierra es del orden de los 1.500 a 1.800 r.p.m..

- **Reaserradora:** Frecuentemente la totalidad de las Reaserradoras de última tecnología utilizan sierras de cinta y trabajan en planos verticales, oblicuos u horizontales. La Reaserradora o Partidora de sierra de cinta es similar a una Sierra Cinta, pero utilizan un rodillo de presión que permite que la semi-basa no pierda su línea de corte manteniéndose firme durante el aserrío, tiene como condición tener 2 caras rectas, una que sirve de guía que es paralela al plano de la sierra y otra de base de soportación para su

desplazamiento. La Reaserradora posee velocidades de avance continuo variando desde los 10 a 80 m/min., su potencia puede alcanzar los 200 Hp., el peso de los equipos más usuales es de unos 5.000 kilos. En general esta máquina posee equipos de retorno que permiten seguir fraccionando las piezas hasta llegar a una medida de producción.

- **Canteadoras:** La Canteadora más común tiene 2 sierras circulares, una fija y otra desplazable, los diámetros no exceden los 400 mm. y su velocidad de avance va desde los 15 hasta los 80 m/min., la capacidad de ancho y alto de corte son los parámetros que permiten seleccionar el tamaño de estos equipos (potencia y dimensiones). La Canteadora está compuesta por su estructura, motor, poleas, correas de transmisión, y otros accesorios menores, las más modernas tienen incorporado un sistema hidráulico para el movimiento de la sierra desplazable, cuyo set-up es controlado por el operador.

- **Trozadoras o Despuntadoras:** Están provistas de una sierra circular adosada directamente con el eje del motor, que en conjunto con su base de soportación conforman el equipo. Es una máquina muy simple cuya sierra no supera los 800 mm. de diámetro, las más pequeñas poseen sierras de 500 mm., pueden cortar piezas de hasta 150 mm de espesor no sobrepasando los 20 caballos de fuerza.

## 2.7. Modernas tendencias en los procesos de Aserrió.

Existen múltiples y variadas técnicas que han mejorado los parámetros más relevantes de una línea de aserrío. En esta oportunidad describiremos las más usuales cuyo alcance apunta a dos aspectos; el económico y la falta de complejidad de los sistemas. Descartaremos algunos sistemas electrónicos que utilizan los denominados PLC (controladores de programación lógica), cuya ciencia y teoría pertenece a otra especialidad dentro de la Ingeniería. Destacaremos algunas tendencias aplicadas en la Planta Industrial de Forestal Russfin, cuyos buenos resultados han permitido seguir aplicando nuevas técnicas.

- **Sierras de paso variable:** Las sierras de paso variable constituyen una tecnología bastante nueva, sobretodo en nuestro continente. Su uso se justifica en maderas muy duras y más aún en trozos congelados, producto de las bajas temperaturas en sus zonas de transformación, por ejemplo, zonas australes (Tierra del Fuego en Chile y Argentina), zonas nórdicas (Suecia, Finlandia, Noruega), Siberia (Rusia) y el norte de Canadá.

Esta técnica fue estudiada por una empresa proveedora de sierras y elementos de corte denominada Forezienne, localizada en Francia. La técnica utilizada es conseguir distintos modos de vibración para cada paso distinto de la sierra, lo que permite que la hoja no entre en "resonancia" ya que cada paso tiene una longitud de onda distinta, logrando así una mayor estabilización de la hoja.

Los resultados empíricos demostraron que en períodos en que los trozos venían congelados, una sierra común duraba un 70% menos que una de paso variable, pero lo más atractivo de esta técnica era que se

podía mantener la velocidad de avance (velocidad de entrada del trozo enfrentando el corte de la sierra). En el caso de las sierras de paso standard si uno mantenía la misma velocidad de avance, la hoja perdía estabilidad y el corte no mantenía el paralelismo, condición básica que deben cumplir las máquinas en su proceso de corte, tanto longitudinal como transversal.

Esta técnica entró por primera vez en América del Norte y América del Sur en agosto de 1995 en nuestro país, en Forestal Russfin, Tierra del Fuego Chile.

#### - **Rayo Láser:**

Esta técnica es muy conocida no sólo en la actividad maderera, sino, en la mayoría de los procesos. La aplicación utilizada en los procesos de transformación de la madera, tiene directa relación a mejorar el aprovechamiento en el proceso de corte, es así, como algunos equipos están dotados de sistemas de proyección de láser en la misma línea de corte de la sierra.

Esta aplicación permite que el operador pueda posicionar con mayor precisión por donde debe efectuar el corte, con esto se consigue mejoras en los rendimientos producto del aumento de volumen de corte, mejor eliminación de los defectos, optimizar la calidad de la pieza, etc.

El uso del láser requiere como condición externa menor luminosidad para que su proyección sea fácilmente distinguida por el operador. La figura 2.2 ilustra y describe algunas aplicaciones en el uso del rayo láser.

## ALGUNAS APLICACIONES

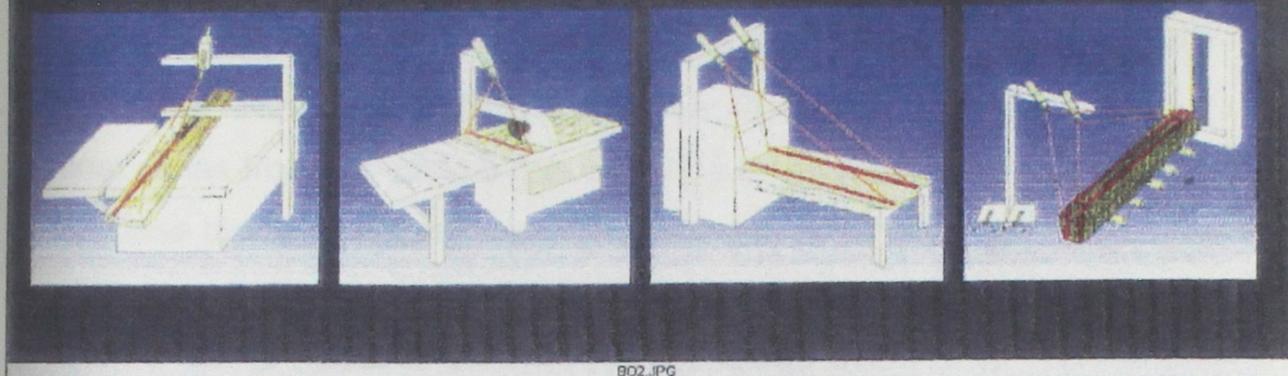


Figura 2.2. Rayo Láser (Aplicaciones Típicas)

## - **Scanners :**

La utilización de scanners en los aserraderos tiene múltiples aplicaciones. La más usual tiene relación con la líneas de clasificación por clase diamétrica, esto permite grandes ventajas en el rendimiento final de las trozas, debido a que cada tipo de escuadría se optimiza con su clase diamétrica. Esta técnica se esta utilizando cada vez más en los aserraderos grandes, donde se puede apreciar que las canchas de acopio de la materia prima (trozos), están dispuestas por rangos diamétricos cuyo consumo es función de su escuadría.

El sistema consiste en un conjunto de barreras ópticas de alta velocidad y precisión, ubicadas sobre la cadena que transporta los trozos hacia los buzones de clasificación o hacia las sierras. Entre dichas barreras se extiende una cortina de finos haces infrarrojos, los que son interrumpidos por el paso del trozo.

La información recogida es transmitida a un computador tipo IBM PC/AT o compatible, el que procesa la información y hace una reconstitución geométrica del trozo mientras este avanza sobre la cadena.

Los resultados se presentan al operador en forma gráfica y tabular, generándose también señales de control para comandar diversos dispositivos mecánicos tales como botadores de trozos o posicionadores de sierras.

Los algoritmos de procesamiento y cálculo entregan mediciones para cada trozo y datos acumulativos asociados a la producción. La información proporcionada incluye: diámetro y longitud del trozo; volumen geométrico o JAS; número total de trozos procesados y histogramas de distribución diamétrica y volúmenes totales procesados. (La figura 2.3 ilustra el equipo de medición). Ref. N° 5.



Figura 2.3. Scanner utilizado para la medición de trozos (Tecnología Integral)

## CAPITULO III ESTUDIO DE INGENIERIA

### **3.1 Ingeniería básica.**

En este capítulo algunos de los cálculos de diseño y selección de los equipos se simplifican gracias al extenso conocimiento que tienen los proveedores, tanto así, que sólo es necesario completar una cartilla de parámetros y variables, lo que posteriormente el fabricante entrega su mejor opción. En este tipo de selección no da posibilidad a la adquisición de equipos inadecuados, gracias a que en este proceso participan varios fabricantes donde finalmente se analiza la propuesta de cada uno de ellos, descartando las alternativas que no resultan económicamente viables.

En este proyecto, se realizaron cálculos de diseño en el sistema motriz del descortezador, el cálculo de las fundaciones y otros elementos mecánicos menores, esto debido a que no existía en el mercado local experiencia alguna en la fabricación de este equipo.

#### **3.1.1 Diseño de lay-out.**

El lay-out de la Planta Industrial constituye una fase fundamental en la continuidad y operación de los procesos involucrados, tales como; acopio de materia prima, descortezado, aserrío, reaserrío, canteado, trozado y clasificado del producto final. La combinación adecuada de estos procesos definirá la disposición de los distintos centros de operación.

La **lámina N° 3.1 emisión 01** permite conocer cuál fue la disposición adoptada definida por las siguientes variables.

- **Topografía del terreno:** Se realizó un levantamiento topográfico para determinar la orientación de las pendientes y declive natural del terreno. De esta forma el factor evacuación de aguas lluvias y su mejor canalización permitió localizar el galpón donde se instalaría el aserradero. También se impusieron las restricciones a los accesos y salidas que requiere el edificio para el manejo de sus productos.
- **Accesos Planta Industrial:** Los caminos públicos y particulares existentes constituyeron una variable importante en la decisión y definición de los accesos. De esta forma se minimizó el recorrido desde donde se origina la materia prima hasta la cancha de acopio, lo que finalmente contribuyó a la ubicación de la puerta de acceso de la materia prima al aserradero.
- **Flujograma del proceso:** El sentido que tiene los distintos productos que se generan durante el proceso de transformación del tronco a una pieza aserrada, es la base fundamental para la mejor distribución de los equipos que se involucran. En esta fase se conjugan varias variables como minimizar el recorrido, evitar los cambios de sentido, minimizar los traspasos, etc. logrando una operación continua y sencilla.
- **Condiciones climáticas:** El factor fundamental en esta variable lo constituye el predominio de la dirección del viento. Cabe señalar que las velocidades del viento en esta zona normalmente supera los 100 km./hr por lo tanto, condicionó la ubicación de los accesos, salidas, manejo de los residuos, altura del edificio y el sector clasificación de maderas. El efecto principal del viento era evitar el ingreso de nieve agua y polvo al interior del galpón del aserradero, es así, como el acceso más grande

está orientado en la misma dirección del viento predominante, en cuyo mismo sector se definió la línea de clasificación donde existe mayor cantidad de trabajadores.

- **Destino de los productos:** El sentido de flujo del proceso define simultáneamente el flujo de los subproductos y su origen dentro del galpón. La evacuación de aserrín y su manejo considera que su incineración en un quemador evita el ingreso de humo producto de su combustión al interior del edificio. El manejo y control de la corteza está basado en el mismo principio anterior. En cuanto a los desechos de madera propiamente tal, su orientación y manejo hacia el astillador, se condicionó debido a la ubicación de un silo de almacenamiento ya existente.

El producto terminado que se obtiene en el sector de clasificación y su manejo con grúa horquilla hacia las canchas de acopio, contribuyó junto con el resto de las variables que su ubicación tuviera orientación hacia el norte y no hacia el sur.

### 3.1.2 Diseño selección de los equipos de proceso.

El equipo seleccionado denominado "Descortezador de Fresa" se fundamenta exclusivamente en la flexibilidad respecto de los rangos diamétricos con los que puede operar.

Existen diversos tipos y clases de descortezadores o llamados también peladores, pero su mayoría se restringe a distintos parámetros tales como :

- Rangos diamétricos de los troncos.
- Largo del trozo.
- Geometría del tronco.
- Tipo de especie (tipo de corteza).
- Calidad de descortezado.
- Volumen de trozos descortezados.
- Condiciones climáticas.
- etc.

La extensa experiencia en esta materia por parte de los fabricantes de las diversas clases de descortezadores, se conforma con que su equipo satisfaga ciertas condiciones perdiendo así, gran cantidad de presencia en los distintos mercados donde se exige que este proceso se realice.

Las ventajas de este tipo de máquina y su conjunto, permiten satisfacer las condiciones propias de los trozos provenientes de los bosques de Tierra del Fuego, tal como se anticipó en el capítulo I.

En cuanto al diseño del equipo, su modelo fue muy parecido a los de origen Canadiense, sin embargo, se sobredimensionó la estructura del carro que soporta el trozo debido a la mayor densidad que tiene la especie LENGUA v/s PINO. Además se calculó de acuerdo a los parámetros locales el tipo de cadena de arrastre en el transportador de entrada, algunos elementos del transportador de desechos, el pateador de trozos, el sistema hidráulico, etc. (ver ítem N° 3.2.1 y 3.2.2 del Capítulo III).

Con relación al resto de los equipos involucrados en el proceso propio de aserrío, se destacan las siguientes ventajas que permitieron escoger y/o seleccionar los equipos que a continuación describiremos, sin participar en el diseño, puesto que provienen de fábricas especializadas con vasta experiencia a lo largo del tiempo.

- Carro Bicorte Automático: Es de procedencia Española, marca Tecniarmentia, modelo CRF 114. El equipo posee pinchos de fijación del trozo y un sistema de volteo hidráulico que permite girar el trozo, también dispone de un sistema de desplazamiento perpendicular a su eje de traslación que permite dar el ancho de corte de acuerdo a esquema y/o formato de corte solicitado por el cliente. Este Carro es compatible con la Sierra Cinta, pero el proveedor lo vende por separado ya que en muchas ocasiones, algunos clientes que ya poseen la Sierra, compran el Carro para automatizar y mejorar su línea de aserrío. El tiempo de entrega, su costo, su baja complejidad, operatividad entre otras cosas permitió a los dueños de la empresa optar por esta alternativa.
- Sierra de Cinta Bicorte: Corresponde a un equipo de procedencia Española, Marca Tecniarmentia, modelo SCB 1.600, su gran versatilidad y su bajo costo respecto de equipos Italianos, Alemanes y de USA, fue condición necesaria para su elección, además de estandarizar y homogeneizar un conjunto completo en esta parte del proceso.
- Reaserradora: Equipo de procedencia Portuguesa, marca Jocar, de robusta estructura y gran rendimiento y de fácil operación. Este proveedor fue favorecido principalmente por su innovador diseño de la inclinación de la sierra respecto al transportador de entrada,

aprovechando una de las componentes del peso de la semi-basa en la mantención del contacto de una de sus caras con los rodillos guías, permitiendo un corte confiable y preciso. Una segunda ventaja era el sistema de mery-go-round (sistema de retorno) que traía el equipo para seguir aserrando la basa. Por último la disponibilidad de dos técnicos de la fábrica Jocar, para la instalación y puesta en marcha del equipo, esto se incluía dentro de la adquisición del conjunto completo.

- Canteadora Múltiple : Máquina de procedencia Norteamericana, cuya gran particularidad es realizar el canteado o el corte múltiple en un solo equipo, es decir, el equipo posee un eje en que un lado tiene dos sierras móviles para el canteado de las tablas, y el otro lado tiene un set de sierras fijas para cortar una basa en varias tablas cuyo espesor depende del pedido. El espesor se logra a través de anillos separadores que van entre las sierras.

La gran productividad de esta máquina y su respaldo técnico fueron condición necesaria y suficiente para su selección.

- Astillador o Chipeador : La capacidad negociadora de los responsables de la compra del Aserradero, permitió la adquisición de este equipo consiguiendo un precio sin competencia con la fábrica Portuguesa Jocar. Debido a que esta máquina efectúa un proceso muy simple (astillar los desechos para combustible de caldera), no existían muchas restricciones y condiciones que limitaran su compra, por esta razón se aprobó la compra de la reaserradora si y solo si nos proporcionaban un equipo astillador a un precio muy conveniente.

- Despuntadores : Son equipos muy simples que prácticamente no se requiere de mucho análisis para seleccionar su adquisición.

- Taller de Afilado : Este taller se compone de varias máquinas que permiten mantener todas las herramientas de corte, tales como, cuchillos, sierras circulares, sierras de cinta, etc..

Se seleccionó una Empresa Francesa llamada Forezienne (**Ref. N°6**), la misma que proporcionaba las sierras de paso variable, moderna técnica que se expuso en el ítem N° 2.7 de este proyecto de título. Forezienne salió favorecido simplemente por ser la única empresa que conocía esta técnica y que nuestros mecánicos afiladores debían aprender, entonces la adquisición de las máquinas que constituye el cuarto de afilado, fue condicionada a que el proveedor enviará el técnico para realizar una formación completa en prácticas de afilado, condición que se cumplió sin inconvenientes.

En cuanto a las mesas transportadores y cintas de evacuación de desechos, en su mayoría eran parte del conjunto principal de cada máquina, el enlace de los distintos equipos fue desarrollado por la empresa MIT (Maestranza Industrial Tobalaba), cuyo prestigio en el mercado nacional ya es muy conocido.

### **3.2.Ingeniería de Detalles**

Esta parte comprende esencialmente a los cálculos de los elementos y equipos, que se determinan en base a parámetros, supuestos y condiciones con el fin de cumplir su objetivo de diseño.

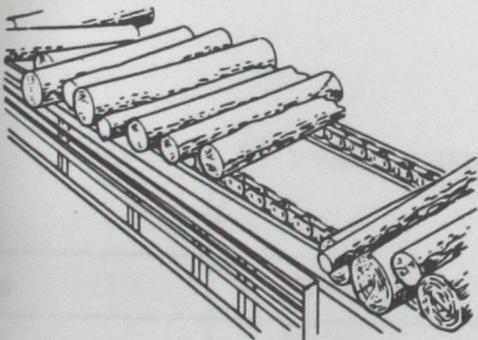
### 3.2.1 Diseño Equipo Transportadores.

#### SELECCIÓN CADENA ARRASTRE ALIMENTADOR DESCORTEZADOR

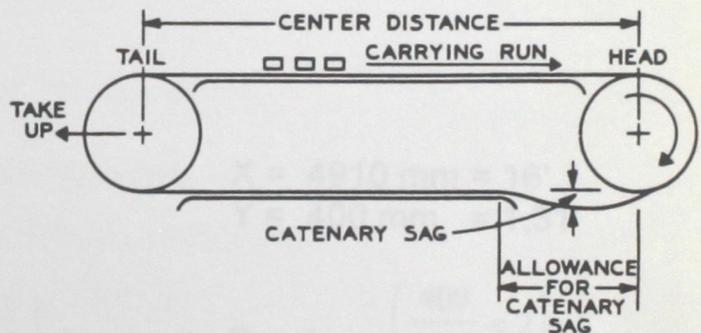
**PROCEDIMIENTO:** Hay seis pasos básicos para seleccionar el tipo de cadena apropiada en un transportador; según (Ref. N°7):

- I. Clase de Transportador
- II. Estimar el estiramiento total de cadena
- III. Determinar la carga de trabajo
- IV. Efectuar una selección tentativa
- V. Efectuar una selección de aditamentos si existen
- VI. Verificar la cadena seleccionada y rechequear el diseño de la carga de trabajo.

**FASE I: Determinar la clase de transportador.**



**Plain Chain Conveyor** — has one or more chains which roll or slide and carry objects directly without flights or slats.



**Figura 3.1 Transportador de Cadena Lisa**

El tipo apropiado de transportador de las 8 clases existente corresponde al de la figura 3.1 cuya clase se denomina 1ª, según página EC-42 (Ref. N° 7).

**FASE II: Estimar el largo total de la cadena extendida (Pm).**

Previamente para determinar Pm se debe verificar si el transportador es del tipo horizontal o inclinado.

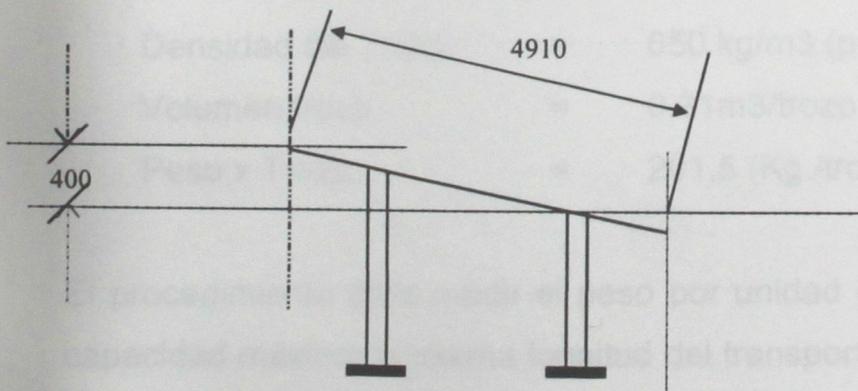
$$\text{si } \left( \frac{Y}{X} < f_1 \right) \Rightarrow \text{Tipo Horizontal; si } \left( \frac{Y}{X} > f_1 \right) \Rightarrow \text{Tipo Inclinado.}$$

**DONDE:**

X; es distancia entre ejes (conducido motriz)

Y; diferencia de altura con respecto al plano horizontal de uno de los ejes (considerar valor absoluto), ver figura 3.2.

$f_1$ ; coeficiente de fricción entre la cadena y la pista de arrastre o deslizamiento.



$$X = 4910 \text{ mm} = 16'$$
$$Y = 400 \text{ mm} = 1,31'$$

$$\text{Donde : } \left( \frac{400}{4910} < 2 \right)$$
$$0,0815 < 2$$

**Figura 3.2. Bosquejo Transportador**

Para este caso  $f_1=2$  cadena desliza en pista de acero, Pág. EC-47 (Ref. N° 7),

como:  $\frac{Y}{X} < f_1$ , o sea,  $400 < 2$  es del tipo horizontal, por lo tanto:

4.910

$$Pm = X \left( 2f_1W + f_2M + \frac{h^2}{c} \right) + MY \quad (\text{Ecuación 3.1.})$$

DONDE:

$f_2$  = Coeficiente de fricción entre la cadena y el material a transportar (troncos de madera).

$$f_2 = 0,40$$

Pág EC-47 (Ref. N°7)

$c$  = Coeficiente de fricción lateral (canal guía)

$$c = 48$$

Pág. EC-47 (Ref. N° 7)

$M$  = Peso del material transportado por unidad de largo (libras/pie)

Cálculo de  $M$ :

Los datos relacionados con el trozo son los siguientes:

Densidad del Trozo = 650 kg/m<sup>3</sup> (promedio)

Volumen trozo = 0,31m<sup>3</sup>/trozo (promedio)

Peso x Trozo = 201,5 (Kg./trozo)

El procedimiento para medir el peso por unidad de largo, fue cargar en su capacidad máxima la misma longitud del transportador y obtener el volumen total de los trozos que fueron utilizados.

La carga total fue de 20 trozos, en un transportador de 5.000 mm de largo (16,4' app.), en 4 líneas de cadena, esto significa que el peso por unidad de largo (pie) es:

$$\frac{20 \text{ trozos}}{16,4' \times 4} = 0,30 \text{ trozos/pié, } \Rightarrow \text{ peso por pié de largo será:}$$

$$0,30 \frac{\text{trozo}}{\text{pié}} \times 0,31 \frac{\text{m}^3}{\text{trozo}} \times \frac{650 \text{ kg.}}{\text{m}^3} = 61,43 \text{ Kilos/pié}$$

$$\therefore M = 135,44 \text{ lbs/pié}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ Libra (lbs)} &= 0,453592 \text{ kilos (kg.)} \\ 1 \text{ Pié} &= 0,3048 \text{ metros} \end{aligned}$$

### Cálculo de $W$ :

$W$  corresponde al peso de los elementos en movimiento, tales como; cadenas, aditamentos, arrastres, etc. este peso se considera en (lbs/ft). Si el peso de la cadena es desconocido se utiliza el siguiente cálculo:

Cadenas de deslizamiento : 0,015 x Peso de material transportado

Cadenas de rodillos : 0,005 x Peso de material transportado

El caso en estudio corresponde a cadena de deslizamiento clase 1A

Peso del material transportado = 245 kg./pie  $\longrightarrow$  541,75 lbs/pie.

$$\therefore W = 0,015 \times 541,7 \longrightarrow W = 8,13 \text{ lbs/pie}$$

**Cálculo de  $h$ :** Altura de la pestaña lateral en pulgadas.

$$h = 2,5''$$

Finalmente, reemplazando en ecuación 3.1 tenemos:

$$Pm = 16 \left( 2 \times 2 \times 8,13 + 0,40 \times 135,44 + \frac{(2,5)^2}{48} \right) + 135,44 \times 1,31$$

$$Pm = 4.228 \text{ lbs}$$

### FASE III: Determinar la carga de diseño.

Para transportadores de varias líneas de cadena el diseño de carga de trabajo viene dado por:

$$(W_w) \text{ Diseño carga trabajo} = \frac{Pm \times \text{Factor de Servicio} \times \text{Factor de Velocidad} \times 1,2}{\text{Número de Líneas}}$$

El factor de servicio se obtiene de una tabla y considera los siguientes aspectos; tipo de carga y condiciones de operación.

**Tipo de Carga:** Altos peaks con partidas y paradas desde 2 cada hora a 10 cada hora, con un porcentaje de carga en todo el tiempo entre un 20 a 40% y, con un período de 10 horas de operación por día.

$$\text{Factor de Servicio (F.S.)} = 1,5 \quad \text{Pág. EC-48 (Ref.Nº7)}$$

El factor de velocidad  $F_v$ , se obtiene a partir de la pág. EC-48 (Ref. N° 7)

La velocidad de la cadena es 10-12 m./min.  $\Leftrightarrow$  39,37 pies/min.

La cadena es mecanizada y el N° de dientes del sprocket es 12, por lo tanto:

$$F_s = 0,9$$

Finalmente 
$$W_w = \frac{4.228 \times 1,5 \times 0,9 \times 1,2}{4}$$

$$W_w = 1.712 \text{ lbs}$$

#### **FASE IV: Efectuar una selección tentativa.**

El procedimiento de selección contempla el llenado de unas tablas que permiten llegar al tipo de cadena requerida, pág EC-50 (Ref. N° 7)

Seleccionando previamente la cadena de deslizamiento en la columna clase 1ª y conociendo el tipo de cadena de “acero soldado”, endurecido por inducción sin rodillos, resulta una cadena con las siguientes características:

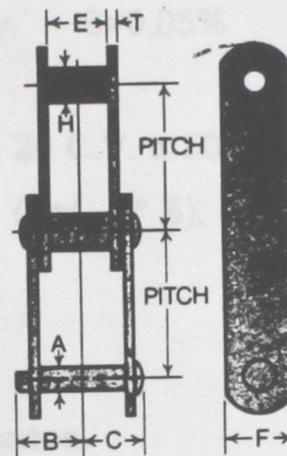
Rango de paso (pulgadas)	=	2,609 a 6,050
Rango carga de trabajo	=	1.500 a 20.000 lbs
Rango de vida útil	=	tipo B: Larga Vida

Por lo tanto, la cadena seleccionada es la más óptima de acuerdo a las condiciones establecidas:

N° de Cadena = SBS 131  
 Paso Promedio = 78,1 mm (3,075")  
 Carga de Trabajo = 4.500 lbs. máximo  
 Peso = 11,0 kg./m.

**Dimensiones** =

A	=	15,88
B	=	48,30
C	=	41,10
E	=	32,80
F	=	38,10
H	=	31,80
T	=	9,70



SS and SBS straight sidebar chain

**Fig. 3.3 Cadena Tipo SBS**

Los sprocket asociados al tipo de cadena seleccionado se solicitan de acuerdo al número de cadena.

En este caso para la cadena SBS 131 la unidad de sprocket es N°103 Pág. EC-70 (Ref. N°7). Además se debe dar información del N° de dientes, tipo de material, tratamiento térmico, diámetro del eje, especificación y de las chavetas.

El sprocket N°103 tiene un plato cuyo espesor es de 1,13" Pág. EC-4 (Ref.N°7)

El tipo de eje, material y diámetro viene entregado por el fabricante garantizando la venta del transportador cadenas y sprocket.

El diámetro del eje es  $3 \frac{15}{16}$ " en acero SAE 1020, cuya composición química es:

C= 0,45%; Mn=0,75%; Si=0,25%; P=0,04%y, S=0,05%

Para un motor existente cuya potencia es de 20 C.V. a 50 rpm resulta un eje de  $\varnothing=100\text{mm}$  de acuerdo a la tabla 8.4 (Ref. N° 8), por lo tanto, se comprueba el eje adquirido al proveedor.

#### **FASE V: Efectuar una selección de aditamentos.**

Nuestra cadena no considera aditamentos, por lo que esta fase no tiene incidencia.

#### **FASE VI: Verificación de la cadena seleccionada, verificando de la carga de trabajo, usando el peso exacto de la cadena seleccionada.**

El peso teórico de la cadena ( $W$ ) obtenido fue de 8,13 lbs/pie v/s los 11,0 kg./m de la cadena seleccionada, o sea, igualando las unidades tenemos:

***12,11 kg./m. v/s 11,0 kg./m.***

Utilizando el peso de la cadena seleccionada para calcular el diseño de la carga de trabajo ( $W_w$ ) resulta:

$$W_w = \frac{P_m \times F \cdot S \cdot x_f \times 1,2}{\# \text{ líneas}} \quad \text{Ecuación N° 3.2.}$$

Recálculo de  $P_m$  con  $W = 11 \text{ kg/m} \Rightarrow 7,39 \text{ lbs./pie}$

$$P_m = 16 \left( 2 \times 2 \times 7,39 + 0,40 \times 135,44 + \frac{(2,5)^2}{48} \right) + 135,44 \times 1,31$$

$P_m = 4,181 \text{ lbs}$ ; reemplazando para  $W_w$ , tenemos:

$$W_w = \frac{4,181 \times 1,5 \times 0,9 \times 1,2}{4} \Rightarrow W_w = 1,693 \text{ lbs}$$

El peso de carga de trabajo real es de 1.693 libras v/s los 1.712 libras teóricas, esto comprueba que nuestros cálculos garantizan la cadena seleccionada, sin embargo, si las diferencias reales resultan superiores a las de diseño, se deberá rediseñar iterando nuevamente la metodología anterior.

Se concluye que los cálculos quedan comprobados para solicitar la cadena de arrastre, tipo de sprocket, diámetro del eje, utilizando parte de los elementos existentes como repuestos, así, disminuir los costos en compra de equipos.

## DISEÑO TRANSPORTADOR DE DESECHOS

En esta etapa el objetivo será diseñar algunos elementos del equipo que se está adquiriendo, de esta forma, asegurar y garantizar, que la unidad satisface las condiciones para su operación.

Se determinará el diámetro del cabezal ancho del cabezal y el diámetro del eje de acuerdo a las variables presentes para solicitar al fabricante que dichos elementos cumplan esta condición

### BASE DE DATOS:

- Hp del motor : 3 Hp (existente)
- Velocidad correa : 25 m/min (82 pies/min)

**NOTA:** La velocidad de la correa corresponde a los estándares establecidos para la evacuación de corteza.

- Carga a Transportar, de acuerdo a las características de los trozos:

- Largo promedio : 3,2 m.
- Diámetro promedio : 40 cm.
- Espesor corteza : 2 cm.

$$(V_c) = \text{VolumenCorteza} \Rightarrow V_2 - V_1 (m^3)$$

Siendo

$V_1 =$  Volumen total trozo con corteza

$V_2 =$  Volumen total trozo sin corteza

$$V_c = (\pi(0,21) \times 3,2) - (\pi(0,20)^2 \times 3,2) \quad (m^3)$$

$$V_c = \pi \times 3,2 [(0,21)^2 - (0,20)^2] \quad (m^3)$$

$$V_c = 0,04122 m^3 / \text{trozo}$$

El rendimiento del descortezador es 1 trozo cada 0,67 min., significa que el volumen de corteza en un minuto será:

$$\frac{1 \text{ trozo}}{0,67 \text{ min.}} \Rightarrow 1,49 \text{ trozo} / \text{min.}, \text{ entonces en 1 minuto el volumen de corteza será:}$$

$$V_c = 1,49 \frac{\text{trozos}}{\text{min}} \times 0,04122 \frac{m^3}{\text{trozo}}$$

$$V_c = 0,0615 m^3 / \text{min}$$

$$\rho \text{ corteza estéreo lenga} = 0,6 \text{ ton} / m^3$$

$$\text{Carga a transportar} = 0,6 \frac{\text{Ton}}{m^3} \times 0,0615 \frac{m^3}{\text{min}} = 36,90 \frac{\text{Kg}}{\text{Min}}$$

Siguiendo con los siete pasos para determinar ancho del cabezal, diámetro del cabezal y diámetro del eje, Pág CC-44 (Ref. N°9), tenemos:

**PASO 1:** Determinar el ancho del cabezal requerido.

USAR  $F = AC + 2''$  (PARA  $AC \leq 42''$ )

$F = AC + 3''$  (PARA  $AC > 42''$ )

DONDE  $F =$  Ancho Cabezal

$AC =$  Ancho Correa = 12'' (existente)

$$F = 10'' + 2'' \rightarrow F = 14''$$

**PASO 2:** Determinar la diferencia entre la distancia entre rodamientos y el ancho del cabezal:

$$BC-F = 20''-14'' \Rightarrow 6'' \text{ Lo denominaremos } \boxed{BCMF=6''}$$

**PASO 3:** Determinar peso del cabezal por pulgada de ancho de correa:

$$PIW_c = T_1 / AC \quad (\text{para cabezal conducido})$$

$$PIW_l = T_2 / AC \quad (\text{para cabezal loco})$$

Donde PIW= Peso cabezal por pulgada de ancho correa.

$T_1$  = Tensión en tracción (lado tirante correa)

$T_2$  = Tensión en compresión (lado suelto correa)

Para calcular  $T_1$  y  $T_2$ , previamente debe calcularse la tensión efectiva ( $T_e$ ), diferencia entre  $T_1$  y  $T_2$ , en que:

$$T_e = \frac{33.000 \times HP}{FPM} (lb)$$

$T_e$ : Tensión efectiva

HP: Potencia Motor = 3 Hp.

FPM: Velocidad Correa = 82 pies/min.

$$T_e = \frac{33.000 \times 3}{82};$$

$\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow$

$$\boxed{T_e = 1.207 lb}$$

$T_2$  se obtiene a partir de  $T_e$  y el factor de conducción  $C_w$ , Pág CC-50 (Ref. 9), resulta:  $T_2 = T_e \times C_w$

$C_w = 1.2$  (Para patea con cabezal liso, sin sujeción de cinta de retorno)

Entonces;

$$T_2 = 1.207 \text{ lb} \times 1,2 \Rightarrow$$

$$T_2 = 1.449 \text{ lb}$$

Finalmente;

$$T_1 = T_e + T_2 \Rightarrow T_1 = 1.207 + 1.449$$

$$T_1 = 2.656 \text{ lbs}$$

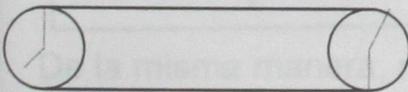
Por lo tanto;

$$PIW_c = T_1 / AC = \frac{2.656 \text{ lbs}}{12 \text{ plg}} = 221 \frac{\text{lbs}}{\text{plg}} \left( \begin{array}{l} \text{cabezal} \\ \text{conducido} \end{array} \right)$$

$$PIW_L = T_2 / AC = \frac{1.449 \text{ lbs}}{12 \text{ plg}} = 121 \frac{\text{lbs}}{\text{plg}} \left( \begin{array}{l} \text{cabezal} \\ \text{loco} \end{array} \right)$$

**PASO 4:** Determinar diámetro mínimo del cabezal.

Utilizando un cabezal de tipo tambor junto con el  $PIW_c$  y el ángulo de contacto se determinar de la tabla N°1, de la Pág CC-45 (Ref. N° 9), el diámetro del cabezal.



$$PIW_c = 221$$

Angulo contacto  $\alpha = 180^\circ$

**Diámetro Cabezal = 18"**

(458m/m)

**PASO 5:** Determinar la carga total resultante del cabezal (R).

Esta carga resulta de la siguiente fórmula:

$$R = 2xT_2x\text{Sen}(\alpha / 2) \quad \text{No conducida.}$$

$$R = (T_1 + T_2)x\text{Sen}(\alpha / 2) \quad \text{Conducida.}$$

$$\Rightarrow R = 2x1449x\text{Sen}90^\circ \Rightarrow R = 2898\text{lbs} \quad \text{No conducida}$$

$$\Rightarrow R = (2656 + 1449)x\text{Sen}90^\circ \Rightarrow R = 4105\text{lbs} \quad \text{Conducida}$$

**PASO 6:** Determinar el diámetro del eje.

Utilizando la tabla N° 3, de la Pág. CC-46 (Ref. 9), se determina el diámetro del eje para el cabezal conducido y no conducido de acuerdo a los siguientes datos:

**CABEZAL CONDUcido**

**CABEZAL NO CONDUcido**

F = 14" (Ancho Cabezal)

F = 14"

BCMF = 6'

BCMF = 6'

R = 4105 libras

R = 2898 libras

Interpolando entre 4" y 8" para BCMF y entre 6300 y 4000 lbs respectivamente, obtenemos;

Diámetro eje cabezal conducido = 2 7/16"

De la misma manera, resulta;

Diámetro Eje Cabezal no conducido = 2 3/16"

**PASO 7:** Verificación del diámetro eje del cabezal conducido calculado en el paso anterior chequeado por la capacidad de torque:

La fórmula 3.3 siguiente permite chequear el diámetro del eje de acuerdo al torque:

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times S} \times \sqrt{(K_B \times A \times R / 2)^2 + ((T_1 - T_2) \times D / 2)^2}} \quad \text{Ecuación N° 3.3}$$

donde:

- $D_T$  : Diámetro del eje en función del torque
- $\pi$  : 3,1416
- $S$  : 8.000 p.s.i. (lbs/plg<sup>2</sup>) para acero SAE - 1045
- $K_B$  : 1.5
- $A$  : Momento tabla 4, pág. CC-47 (Ref N° 9)
- $R$  : Carga resultante.
  - $R = 2898$  lbs. Cabezal libre
  - $R = 4105$  lbs. Cabezal matriz
- $T_1$  : Tensión lado tracción correa = 2656 lbs.
- $T_2$  : Tensión lado compresión correa = 1449 lbs.
- $D$  : Diámetro del cabezal = 18"

Cálculo Diámetro Cabezal Motriz:

Determinación de A para lado motriz

Ø eje motriz 2 7/16"  $\Rightarrow A = 3" + 1 \frac{5}{8}" \Rightarrow A = 4 \frac{5}{8}"$

Reemplazando los valores en la Ecuación 3.3;

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{16}{3,1416 \times 8.000} \times \sqrt{(1,5 \times 45 / 8 \times 4.105 / 2)^2 + ((2656 - 1449) \times 18 / 2)^2}}$$

$$D_T = \sqrt[3]{11,40} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \boxed{D_T = 2 \frac{1}{4} \text{ "}}$$

Como  $D_T$  motriz es menor que el diámetro obtenido en el paso 6, usar el diámetro seleccionado en paso 6, o sea:

$$2 \frac{1}{4} \text{ " } < 2 \frac{7}{16} \text{ " } \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \boxed{D_T = 2 \frac{7}{16} \text{ "}}$$

Por lo tanto, cumple condición de torque.

**CÁLCULO DIÁMETRO CABEZAL NO CONDUcido**

Determinación de A para lado no conducido

$$\emptyset \text{ eje no conducido} = 2 \frac{3}{16} \text{ " } \Rightarrow A = 3 \text{ " } + 1 \frac{5}{8} \text{ " } \Rightarrow A = 4 \frac{5}{8} \text{ "}$$

Reemplazando los valores en fórmula para  $D_T$  lado no conducido obtenemos:

$$D_T = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 8000} \times \sqrt{\left(1,5 \times 45 / 8 \times \frac{2898}{2}\right)^2 + ((2656 - 1449) \times 18 / 2)^2}}$$

$$D_T = \sqrt[3]{9,39} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow \boxed{D_T = 2.11 \text{ "}}$$

Como  $D_T$  no conducido es menor que el diámetro obtenido en el paso 6 se usará el diámetro mayor, según pág. CC-47 (Ref. 9), o sea;

$$2,11" < 2 \frac{3}{16}" = 2,19" \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow D_T = 2 \frac{3}{16}"$$

Se concluye que el transportador solicitado bajo los elementos existentes, debe tener las siguientes características:

Largo	=	6.000 mm
Ø Cabezal motriz	=	458 mm
Ø Cabezal no conducido	=	458 mm
Ø Eje cabezal motriz	=	2 7/16" SAE - 1045
Ø Eje cabezal no conducido	=	2 3/16" SAE - 1045
Ancho cabezal	=	14"
Tipo cabezal	=	Liso metálico de tambor.

### DISEÑO DEL PATEADOR DE TROZOS (Cilindro Neumático)

Datos preliminares:

- Presión de trabajo = 90 lbs/plg<sup>2</sup> = 7 Kgs/cm<sup>2</sup>
- N° de cilindros por pateador = 2
- Carga total = 800 kilos
- Carga por cilindro = 400 kilos

Dimensionamiento del Cilindro:

$$P = \frac{F}{A}$$

DONDE:

P: Presión Kg/cm<sup>2</sup>

F: Carga en Kg.

A: Área en cm<sup>2</sup>

$$A = \frac{F}{P}$$

$$A = \frac{400 \text{ kgs}}{7 \text{ kgs/cm}^2}$$

$$A = 57 \text{ cm}^2$$

Pero  $A = \frac{\pi \cdot R^2}{2} = \frac{\pi \cdot D_c^2}{4}$

Donde  $D_c = \text{Ø cilindro}$

Despejando  $D_c$  resulta;  $D_c^2 = \frac{4xA}{\pi}$  reemplazando

tenemos:

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \times 57}{\pi} \text{ cm}^2} \implies \text{Ø cilindro} = 8.5 \text{ cm.}$$

Resulta el siguiente tipo de cilindro: (Ref. N° 10)

Modelo	=	CN 100/200 AC
Diámetro	=	10 mm
Carga máxima	=	550 kilos
Presión	=	7 bar
Carrera	=	200 mm
Ø Vástago	=	30 mm

### 3.2.2. Diseño de Redes de Servicio.

#### ESTUDIO DE DISPONIBILIDAD DE AIRE COMPRIMIDO

Se dispone de un compresor Atlas Copco de 40 Hp modelo GA30, para abastecer de aire comprimido el requerimiento necesario para el descortezador, surgió la siguiente incógnita:

¿Será capaz el compresor existente de abastecer la Planta Industrial agregando un nuevo consumo?

#### **¿Será necesario comprar otro compresor?**

La respuesta se resolverá a través del siguiente análisis. Como no sabemos el consumo de acuerdo al factor de servicio que tendrá el equipo descortezador, como tampoco conocemos el consumo que tiene la Planta Industrial a pleno servicio, utilizaremos un método muy simple y objetivo para responder esta incógnita.

Datos del compresor existente:

Procedencia	=	Bélgica
Marca	=	Atlas Copco
Modelo	=	GA 30-7,5 PACK ELECTRONIKON
Potencia	=	40 Hp
Caudal	=	84 l/seg. (máximo)
Tipo	=	Tornillos rotativos
Presión de trabajo	=	de 58 a 109 PSI
Partidor estrella triángulo	=	Si

Filtro	=	Atlas Copco Mod. DD170
Peso	=	840kg.
Dimensiones	=	1680x850x1550 mm
Refrigeración	=	por aire

Determinaremos el factor de servicio del compresor utilizando el tablero electrónico que proporciona gran cantidad de información respecto del compresor.

$$\text{Factor de servicio} \quad FS = \frac{\text{Horas de Carga} \quad (H_C)}{\text{Horas funcionamiento} \quad (H_F)}$$

Las horas de funcionamiento ( $H_F$ ) controlados fueron;

<b><math>H_F = 8967 \text{ hrs.}</math></b>
---

Estas horas corresponden al tiempo desde que el compresor se coloca en marcha independientemente si el motor está trabajando o no.

Las horas de carga  $H_C$ , corresponden solo el tiempo en que el motor está trabajando.

La hora de carga medida según el tablero ascienden a;

$$H_C = 3979 \text{ hrs.}$$

Por lo tanto;

$$FS = \frac{3979}{8967}$$

<b>F.S. = 44,3%</b>
---------------------

Esto significa que el compresor adquirido previamente esta siendo sobredimensionado con respecto al consumo de la Planta Industrial, excepto que los inversionistas tengan considerado, una expansión en otros equipos neumáticos, permitiendo un crecimiento de capacidad instalada sin depender de la capacidad del compresor.

Se concluye que el compresor existente solo esta entregando un caudal de 37,27 lts/seg. teniendo una capacidad máx. de 84 lts/seg., esto significa que el compresor es mas que suficiente.

Los resultados posteriores a la puesta en marcha, ya en plena carga de la Planta y el Descortezador se midieron las horas de carga y horas de funcionamiento, durante un turno completo de trabajo en condiciones normales, los datos obtenidos fueron:

Horas turno	=	10,60 horas.	(10 hrs. 36 minutos)
Horas funcionamiento	=	10,75 horas	(10 hrs. 45 minutos)
Horas de carga	=	5,22 horas	

$$FS = \frac{5,22}{10,75}$$

<b>FS = 48,58%</b>
--------------------

Consumos de aire total (Q)

$$Q = 48,58\% \times 84 \text{ l./seg.}$$

<b>Q = 40,18 l. /seg.</b>
---------------------------

Consumo de aire equipo descortezador; corresponde a la diferencia del consumo actual con el equipo nuevo con el consumo de aire sin el equipo, es decir:

$$\text{Consumo aire descortezador (l./seg.)} = Q_D$$

$$Q_D = 40,81 - 37,27$$

$$Q_D = 3,54 \text{ l./seg.}$$

Este consumo corresponde al pateador de trozos, equipo unitizador y el cabezal de la fresa.

## DISEÑO SISTEMA HIDRAULICO EQUIPO DESCORTEZADOR

El objetivo de esta etapa es diseñar la central hidráulica del equipo descortezador, debido a su incidencia en el costo total del equipo, se calculará de tal manera de no sobredimensionar la central logrando así, un ahorro que garantice simultáneamente la operatividad total del descortezador.

Base de Datos:

- Huinche con un diámetro de tambor de 450mm.
- Recorrido del trozo en el descortezador; 16.000mm
- Carga máxima, 800 kilos.
- Velocidad máxima; 25m./min.

Cálculo del Motor Oleohidráulico:

$$T_z = \frac{KxD / 2}{\text{efic.}}$$

Donde:

$T_z$	=	Torque teórico
$K$	=	Carga en libras
$D$	=	Diámetro tambor en pulgadas
Efic.	=	0,85

$$T_z = \frac{1.777\text{lbs} \times 8,85\text{pulg.}}{0,85}$$

$T_z = 18.519 \text{ lbs / pulg.}$

Como resultó un valor demasiado elevado para un motor hidráulico, se requerirá que el acoplamiento motor hidráulico y huinche (tambor), se realice por medio de una caja reductora, lo cual actuaría como multiplicador de torque, y disminuirá los costos en el dimensionamiento de los elementos hidráulicos.

Relación de transmisión : 3:1  
 Torque teórico : 6.173 lbs/pulg.  
 R.p.m. : 3xN° Rev. Nominales

$$\text{Rev. Totales} = \frac{\text{Recorrido trozo} \times 3}{3,1416 \times D}$$

$$\text{Rev. Total} = \frac{16 \times 3}{3,1416 \times 0,45} = \text{Rev.Total} = 34 \text{ rev/min.}$$

Con estos valores, definimos el motor hidráulico de acuerdo a las tablas de fabricante (**Ref. 11**), resultando:

- Torque = 7.470 (lb-in)
- Revoluciones = 37 R.p.m.
- Presión = 1.750 P.S.I. ⇒ 120 BAR
- V. Geométrica = 490 c.c./rev.

De la (**Ref. 11**), pág.27, obtenemos:

- Denominación = 104-1.420
- Diámetro eje = 1 ¼ pulg.
- Conexiones = 7/8 - 14 oring.
- Montaje = Flange SAE a 2 pernos.

Verificando el cálculo teórico anterior, con los datos del motor seleccionado, se tiene:

$$\text{Torque} = \frac{V_g \times P \times \eta}{20 \times 3,1416} [N - mt]$$

Donde:  $V_g$  = Volumen geométrico en c.c.  
 $P$  = Presión Bar  
 $\eta$  = 0,85 (rendimiento)

$$\text{Torque} = \frac{490 \times 120 \times 0,85}{62,8} (N - mt)$$

$$\text{Torque} = 796 \text{ [N - M]} = 6132 \text{ (lb - plg)}$$

NOTA: 1(N-m)=7,704 (lb-in)

Cálculo de consumo:  $Q$  donde  $Q = \frac{V \times n}{1.000 \times \eta}$

$V$ : Consumo geométrico motor en c.c.  
 $n$ : N° de revoluciones  
 $\eta$ : Rendimiento 0,95

$$Q = \frac{490 \times 37}{1.000 \times 0,95} \Rightarrow Q = 19 \text{ lt / min.}$$

Revisando el cuadro de la pág. 16 (Ref. 11), el motor seleccionado tiene el flujo de hasta 23 LPM, por lo tanto, los cálculos quedan comprobados.

## CÁLCULO BOMBA HIDRÁULICA

Con los datos obtenidos anteriormente, tenemos:

- Caudal mínimo = 19 LPM
- Presión mínima = 1.750 P.S.I.

La bomba adecuada para estas variables seleccionada es:

- Modelo = 1 PF2 G2-23/016 RA 01 MS
- Cilindrada = 16,2 cm<sup>3</sup>
- Caudal a 1450 = 22,60 LPM (caudal efectivo) a 250 bar
- Presión trabajo = 250 bar máx.
- Potencia = 10 Kw
- Torque = 67,1 N-m

**\*\* Datos obtenidos a 1450 rpm a 50°C \*\*** Pág. 61-62 (Ref. 12)

Verificación caudal real de la bomba (Q):

$$Q = \frac{Vg \times n \times \eta}{1000} [LPM]$$

Donde:

- Vg = Volumen geométrico
- N = N° de Revoluciones
- $\eta$  = Rendimiento (0,95)

$$Q = \frac{16,2 \times 1450 \times 0,95}{1000}$$

**Q = 22,32 [LPM]**

Con esto se comprueba que la bomba seleccionada, será capaz de suministrar el caudal necesario para el motor hidráulico ya determinado.

### **DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULA RELIEF O SEGURIDAD**

Se obtiene solo a partir de los datos de la bomba hidráulica tanto de caudal como de presión de trabajo, seleccionándose una válvula disponible en el mercado local:

-	Marca	=	Oleodinámica
-	Procedencia	=	Italia
-	Rango regulación	=	20-300 bar
-	Capacidad	=	Hasta 70 LPM
-	Conexión	=	½" NPT

### **SELECCIÓN DE VÁLVULA DIRECCIONAL, VÁLVULA PROTECTORA DE MOTOR HIDRÁULICO.**

De acuerdo a la condición del proyecto, se debe considerar una válvula direccional de accionamiento manual, que cumpla las condiciones de proporcionalidad de caudal, es decir, modificará la velocidad del motor de acuerdo al desplazamiento radial de la palanca de accionamiento. Con respecto a la válvula protectora de motor hidráulico, se consideran los parámetros técnicos de la bomba, resultando;

## VÁLVULA DIRECCIONAL

Denominación :FC 51 – ½  
Procedencia :USA  
Caudal Máx :16 GPM = 60 LPM  
Conexión :½" NPT

## VÁLVULA PROTECTORA

Denominación :RC 12 DD  
Procedencia :USA  
Rango regulación :1500-3000PSI  
Capacidad :30 GPM  
Conexión :¾" NPT

### OTROS ELEMENTOS: Filtros, manómetros, estanque, flexibles.

Estos elementos menores son definidos básicamente por las condiciones de trabajo, rango de presión, caudal de la bomba, etc.

En el estanque, su capacidad debe ser igual o mayor triple del caudal de la bomba, del tipo rectangular en Acero DIN 24339, con capacidad de 97,5 litros.

Los flexibles que llegan al motor hidráulico serán de acuerdo a la norma SAE 100 R2 y de un diámetro no inferior a ½" pulgada. (Ref. 13).

### **3.2.3 Plano y especificaciones.**

Se adjuntan las siguientes láminas de acuerdo al siguiente detalle:

Lámina N° 3.1 emisión 01

Lay-out aserradero.

Lámina N° 3.2 emisión 01

Descortezador.

CUADRO 3.1. Costo Inversión proyecto descortezador

3.2.4. Inversiones y calendario de inversiones.

Las inversiones consideradas en este proyecto se desglosan por tipo de concepto, así, poder tener cuantificado el alcance de cada una de las distintas partidas. Se consideraron 5 ítems para valorizar separadamente el valor total de la inversión. Los ítems son los siguientes;

- Inversión Máquinas y Equipos + Fletes.

- Obras Civiles, Materiales y Otros.

- Montaje Eléctrico, Materiales y Otros.

- Montaje Mecánico, Materiales y Otros.

- Gastos de Personal y Administración.

Concepto	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
<b>Inversión Máquinas y Equipos + Fletes.</b>				
Descortezador	1	un	8.539.215	8.539.215
Sub-TOTAL				8.539.215
<b>Obras Civiles, Materiales y Otros.</b>				
Obra Civil	1	un	190.000	190.000
Materiales				
Cemento	70.12	kg	13.444	942.552
Alambre negro	1	kg	190.000	190.000
Fe. const. 12 mm (1 kg/m)	1	kg	3.580.000	3.580.000
Sub-TOTAL				44.792.557
<b>Montaje Eléctrico, Materiales y Otros.</b>				
Obra Civil	1	un	2.145.000	2.145.000
Materiales				
Cemento	12	kg	12.000	144.000
Alambre negro	13	kg	2.019	26.247
Fe. const. 12 mm (1 kg/m)	184	kg	498	91.632
Cables	10	kg	307	3.070
Madera 2-5 pulgadas	20	m <sup>3</sup>	1.440	28.800
Cables 2-12	10	kg	4.190	41.900
Cables 4	10	kg	100	1.000
Sub-TOTAL				276.749
<b>Montaje Mecánico, Materiales y Otros.</b>				
Obra Civil	1	un	10.000	10.000
Materiales				
Cemento	47	kg	2.819	132.483
Alambre + Flete Rusafin (50mm)	0510	kg	275	1.402.500
Alambre negro	12	kg	408	4.896
Fe. const. 12 mm (1 kg/m)	95	kg	307	29.165
Cables	14	kg	320	4.480
Fe	20	kg	1.440	28.800
C. frontal (extern. + mov. armad)	3,5	m <sup>2</sup>	10.000	35.750
Sub-TOTAL				8.413.124
<b>Gastos de Personal y Administración.</b>				
Personal				
Administración				
Sub-TOTAL				30.000
<b>TOTAL</b>				<b>134.925.106</b>

El cuadro 3.1., detalla cada una de las partidas con sus cantidades según unidad de medida, valores unitarios y valores totales según detalle.

### CUADRO 3.1. Costo Inversión proyecto descortezador.

forestal Russfin  
Administración Russfin

#### COSTO DESCORTEZADOR

Item	Concepto	Detalle	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Total
1	<b>Inversión + Fletes</b>					
		Descortezador	1	c/u	14.538.000	14.538.000
		Transporte	1	c/u	800.000	800.000
		Mesa alimentación (puesta P.A.)	1	c/u	11.764.213	11.764.213
		Mesa singularizadora (puesta P.A.)	1	c/u	6.939.215	6.939.215
		Mesa horizontal (puesta P.A.)	1	c/u	2.075.000	2.075.000
		Cinta corteza a quemador + flete	1	c/u	4.013.816	4.013.816
		Quemador 6 x 2,4 x 5 h (M/O )	70,12	m2	13.444	942.693
		Flete P.A. Russfin	1	gl.	190.000	190.000
		Imprevistos (10% inversión)	1	gl.	3.500.000	3.500.000
		<b>SUB-TOTAL</b>				<b>44.762.937</b>

2	<b>Obras civiles</b>	<b>Descortezador</b>				
	<b>Materiales</b>	Mano de Obra	1	gl	2.145.000	2.145.000
	<b>Otros</b>	C. Frontal excavación	8	hrs	12.500	100.000
		Cemento	62	sco.	2.819	174.778
		Alambre negro	15	kg.	468	7.020
		Fe. const. 12 mm(1kg=1mt)	194	kg.	307	59.558
		Fe. const. 6 mm(1kg=4mt)	80	kg.	307	24.560
		Sika	20	lts.	1.440	28.800
		Madera L-5 (tableros)	1	m3	44.068	44.068
		Clavos 2 1/2	40	kg.	520	20.800
		Clavos 4	30	kg.	520	15.600
		<b>Mesas de alimentación</b>				
		Cemento fundaciones (13,7 m3)	82	sco.	2.819	231.158
		Madera tableros	1	gl.	30.000	30.000
		Mano de obra fundaciones	1	gl	678.739	678.739
		<b>Quemador</b>				
		Madera moldajes	1	gl.	10.000	10.000
		Cemento	47	sco.	2.819	132.493
		Ladrillo + Flete Russfin (83/m2)	5820	c/u	275	1.600.500
		Alambre negro	12	kg.	468	5.616
		Fe. const. 12 mm (1 kg=1mt)	98	kg.	307	30.086
		Clavos	15	kg.	520	7.800
		Sika	20	lts.	1.440	28.800
		C. frontal (excav. + mov arena)	3,5	hrs.	10.500	36.750
		<b>SUB-TOTAL</b>				<b>5.412.126</b>

3	<b>Montaje Eléctrico</b> <b>Materiales</b>	Mano de Obra inst. eléctrica	80	hrs.	6.500	520.000
		Cable THW #6	200	mts.	490	98.000
		Breaker 3x60	1	c/u	29.793	29.793
		Breaker 3x40	1	c/u	28.220	28.220
		Halógenos 500 w	3	c/u	10.975	32.925
		Cable 1,5 mm	50	mts.	36	1.800
		Caja rectang. PVC	4	c/u	1.813	7.252
		Conduit 3/4	4	tiras	1.636	6.544
		Curvas 90°	8	c/u	70	560
		Coplas 3/4	8	c/u	50	400
		Caja Atlantic 55	1	c/u	79.872	79.872
		Barra distrib. tetrapolar	1	jgo.	34.600	34.600
		Placa 500x400	1	c/u	40.900	40.900
		Conduit 2 1/2 PVC	8	tiras	3.560	28.480
		Codos 90° 2 1/2	3	c/u	875	2.625
		Coplas 2 1/2	3	c/u	875	2.625
		Const. cuneta	1	gl.	30.000	30.000
		<b>SUB-TOTAL</b>				<b>944.596</b>

4	<b>Montaje Mecánico</b> <b>Materiales</b> <b>Otros</b>	M/O Montaje descortezador	55	h.h.	6.500	357.500
		Tolva corteza (Planchas)	3	c/u	23.500	70.500
		Estructura cinta a quemador	1	gl.	115.000	115.000
		Soldadura	25	kg.	950	23.750
		Tirafondos 5"	32	c/u	500	16.000
		Basas bases (carro, fresa, control)	2,7	m3	44.068	118.984
		Caseta operador	1	c/u	300.000	300.000
		Madera caseta L-3	0,54	m3	105.558	57.001
		Vidrios ventanas	4	c/u	3.520	14.080
		Puerta simple 0,8x2,0 mt.	1	c/u	13.281	13.281
		Zinc techo	6	planchas	4.498	26.988
		Pintura (barniz)	1	gl.	6.500	6.500
		Clavos 4"	7	kg.	490	3.430
		Clavos 2 1/2 y 2"	24	kg.	490	11.760
		Pernos+ tuercas	1	gl	25.000	25.000
		Internit	5	planchas	8.490	42.450
		Otros	1	gl	55.000	55.000
		<b>SUB-TOTAL</b>				<b>1.257.224</b>

5	<b>Gastos Personal</b>	Pasajes técnicos	2	c/u	109.800	219.600
		Pasaje Tco. (revisión)	1	c/u	109.800	109.800
		Pasaje Stgo. (revisión)	1	c/u	250.000	250.000
		Aliment.-Camp.	1	gl.	66.000	66.000
		Pasajes Russfin	2	c/u	65.000	130.000
		Hoteles	1	c/u	45.000	45.000
		Arriendo auto	1	c/u	36.000	36.000
		Horas Supervisión Ing. Civil	50	h.h.	16.800	840.000
		Mec.				
		<b>SUB-TOTAL</b>				<b>1.696.400</b>

**TOTAL INVERSION INST. DESCORT.**

**54.073.283**

## CALENDARIO DE INVERSIONES.

El calendario de inversiones tiene directa relación con la fecha de ejecución del proyecto y la Carta Gantt que indica los plazos utilizados para la ejecución del proyecto.

El cuadro N° 3.2 "Carta - Gantt" del proyecto indica los plazos de la ejecución del proyecto. Con estas fechas se generarán los pagos de acuerdo a los contratos establecidos con los distintos proveedores.

El cuadro N° 3.2. resume el calendario de pago de las inversiones.



CAPITULO IV : EVALUACION TECNICO ECONOMICA

Cada una de estas partidas fueron convenidas en distinta forma tal como se indica en el cuadro 3.3

**CUADRO 3.3 Calendario de flujo de caja para la Inversión.**

Partidas	Valor (\$)	Periodos de Pago				Total (\$)
		Mes 1 Dic-96	Mes 2 Ene-97	Mes 3 Feb-97	Mes 4 Mar-97	
Descortezador	14.538.000	4.361.400	5.815.200	4.361.400		14.538.000
Mesas Alimentación	13.839.213			6.919.607	6.919.607	13.839.213
Mesa Singularizadora	6.939.215			3.469.608	3.469.608	6.939.215
Cinta Evacuadora Corteza	4.013.816	1.204.145	1.605.526	1.204.145		4.013.816
Quemador Residuos	942.693		942.693			942.693
Materiales	4.591.446		1.530.482	1.530.482	1.530.482	4.591.446
Transportes, Fletes	990.000		990.000			990.000
Imprevistos/Gtos. Generales	5.196.400	1.299.100	2.598.200		1.299.100	5.196.400
Mano de Obra	3.022.500	2.115.750	906.750			3.022.500
<b>TOTAL (\$)</b>	<b>54.073.283</b>	<b>8.980.395</b>	<b>14.388.851</b>	<b>17.485.241</b>	<b>13.218.796</b>	<b>54.073.283</b>

El cuadro anterior presenta un mayor flujo de caja en los meses de enero y febrero de 1997, en la mayoría de los casos los pagos son proporcionales pagados en forma trimestral.

## CAPITULO IV : EVALUACION TECNICO ECONOMICA

### 4.1 Metodología de Evaluación.

La metodología de evaluación se objetiviza gracias a cuadros históricos obtenidos diariamente, donde se controlan gran cantidad de parámetros operacionales e índices productivos, tales como; horas trabajadas al mes, volumen de producción mensual (m<sup>3</sup>), m<sup>3</sup>/hr., N° de trozos/mes, N° de trozos/hr., rendimiento, m<sup>3</sup>/trozo, etc..

Obtendremos cuadros que permitirán conocer los rendimientos de los procesos de la operación anterior, es decir sin la utilización del equipo descortezador, así, poder evaluar posteriormente con la operación actual.

Los datos utilizados son coherentes y compatibles ya que se considerarán desde oct-95 hasta dic-96, período en que la Planta de Aserrío no presenta cambios en sus unidades de operación, luego utilizaremos datos posteriores a la instalación del equipos descortezador, o sea, desde ene-97 hasta may-97.

#### 4.1.1 Rendimiento de los Procesos y Rendimiento Global.

Los rendimientos que se obtendrán corresponden al proceso de descortezado como operación independiente, y como rendimiento global se utilizará los índices que resultan de la operación total en el proceso de aserrío.

El **cuadro 4.1** presenta un detalle mensual del control del equipo descortezador desde Enero-97 a Mayo-97. Se incluyen índices operacionales y de producción.

**CUADRO 4.1 Índices operacionales y productivos Descortezador de Fresa Forestal Russfin Ltda.**

Meses	Días Trabaj.	Nº de Turnos	Hr./Mes	Nº Trozos Descort.	Diámetro Promedio (cm)	Largo Prom. (m)	Volumen m3/trozo
Ene-97	21,0	2	403	10.279	37,7	3,150	0,35
Feb-97	20,0	2	384	9.531	41,7	3,190	0,44
Mar-97	23,0	2	442	14.362	39,3	3,160	0,38
Abr-97	22,0	2	422	13.168	41,6	3,190	0,43
May-97	20,5	2	394	12.253	41,9	3,160	0,44

Meses	Volumen Total	Rend. Trozos/Hr.	Rend. m3/hr.
Ene-97	3.614	25	<b>8,96</b>
Feb-97	4.152	25	<b>10,81</b>
Mar-97	5.505	33	<b>12,47</b>
Abr-97	5.709	31	<b>13,52</b>
May-97	5.339	31	<b>13,56</b>

Es importante destacar que la columna de mayor interés es el rendimiento volumétrico del equipo descortezador y no es tan relevante la cantidad de trozos descortezados por unidad de tiempo (trozos/hr.).

La tendencia creciente del rendimiento, se debe principalmente al período de entrenamiento de los operadores, sin embargo las últimas estadísticas demuestran que el equipo está trabajando a régimen en un promedio de 13.5 m3/hr. esto significa que el equipo puede abastecer el consumo requerido por el aserradero, sabiendo que la capacidad de la

máquina principal permite pasar 40 trozos/hora => 8.000 a 9.000 trozos por mes, cantidad que el descortezador satisface plenamente.

Esta condición de holgura del equipo descortezado se basa fundamentalmente en que los períodos de invierno deberá mantenerse en stock trozos sin corteza, producto del menor rendimiento del equipo por congelamiento de la corteza en los trozos.

### Rendimiento Global

Para evaluar el rendimiento global utilizaremos los índices operacionales y productivos del proceso completo (aserrío), además determinaremos los rendimientos de la operación en forma global. El **cuadro 4.2** resume los datos históricos desde octubre de 1995 a mayo de 1997, y el **cuadro 4.3** muestra los rendimientos volumétricos y productividad del Aserradero.

CUADRO 4.2

Indices operacionales y productivos Aserradero Forestal Russfin Ltda.

Meses	Días Trabaj.	Nº de Turnos	Hr./Mes	Trozos Ingreso c/u	Volumen m3/trozo promedio	Volumen entrada m3	Volumen salida m3
Oct-95	21,0	1	202	4.055	0,31	1.257	552
Nov-95	21,0	2	403	10.362	0,28	2.901	1.166
Dic-95	17,0	2	326	8.191	0,31	2.539	1.055
Ene-96	18,5	2	355	8.311	0,35	2.909	1.291
Feb-96	21,0	1	202	4.752	0,42	1.996	924
Mar-96	24,0	1	230	6.384	0,37	2.362	919
Abr-96	18,0	1	173	4.302	0,41	1.764	736
May-96	19,5	1	187	3.365	0,32	1.077	478
Jun-96	23,0	1	221	3.166	0,44	1.393	607
Jul-96	23,0	1	221	4.325	0,42	1.817	834
Ago-96	25,0	1	240	4.961	0,41	2.034	828
Sep-96	21,0	2	403	10.000	0,33	3.300	1.356
Oct-96	22,0	2	422	10.508	0,35	3.678	1.368
Nov-96	20,0	2	384	8.884	0,32	2.843	1.046
Dic-96	21,0	2	403	9.368	0,41	3.841	1.690
Ene-97	21,0	2	403	9.751	0,35	3.413	1.229
Feb-97	20,0	2	384	8.578	0,44	3.774	1.619
Mar-97	23,0	2	442	12.766	0,38	4.851	1.942
Abr-97	22,0	2	422	10.611	0,43	4.563	1.879
May-97	20,5	2	394	9.887	0,44	4.350	1.764

**CUADRO 4.3 Rendimiento Volumétrico y Productividad**

Meses	Rend. m3/m3	Rend. m3/hr
Oct-95	0,44	2,74
Nov-95	0,40	2,89
Dic-95	0,42	3,23
Ene-96	0,44	3,63
Feb-96	0,46	4,58
Mar-96	0,39	3,99
Abr-96	0,42	4,26
May-96	0,44	2,55
Jun-96	0,44	2,75
Jul-96	0,46	3,78
Ago-96	0,41	3,45
Sep-96	0,41	3,36
Oct-96	0,37	3,24
Nov-96	0,37	2,72
Dic-96	0,44	4,19
Ene-97	0,36	3,05
Feb-97	0,43	4,22
Mar-97	0,40	4,40
Abr-97	0,41	4,45
May-97	0,41	4,48

En el cuadro anterior es muy importante tener presente, como interpretar cada una de las columnas. La columna de rendimiento volumétrico (volumen de salida / volumen de entrada) no se afecta con la incorporación del equipo descortezador, su dispersión depende de las características del bosque que se está cosechando, para la obtención de la

materia prima (trozos), vale decir, calidad, forma, diámetro, largo, etc. y de la escuadría que este produciendo en el Aserradero, cuya influencia sobre el aprovechamiento del trozo es directa.

Respecto del rendimiento volumétrico no se harán mas interpretaciones debido a no estar directamente involucrado a la incorporación del descortezador.

En cuanto a la columna de los metros cúbicos producidos por unidad de tiempo (productividad), existe una clara tendencia del efecto del descortezador en la productividad del aserradero, su principal efecto es aumentar la duración de las sierras, lo que en definitiva se traduce en disminuir la frecuencia de cambios de los elementos de corte, en otras palabras no está presente la corteza, material altamente abrasivo que provoca un mayor desgaste en el afilado de los dientes de corte.

Paralelamente, el sistema recolector de residuos, libre de trozos de corteza, permite que la extracción neumática de estas partículas, sea mas eficiente al no producirse atochamientos en los ductos de extracción.

Finalmente, los ventiladores no presentan deformaciones apreciables en sus aspas, gracias a la carencia de partículas mayores como es el caso de los trozos de corteza, que previo a la instalación del descortezador, normalmente estaban provocando problemas en la línea de extracción.

#### 4.1.2 Consumo de Energía y Eficiencia.

Los consumos de energía mensual (kilowatt) de la Planta de Energía Eléctrica (Generadores Diesel) se indican el **cuadro 4.4** desde octubre de 1995 a marzo de 1997, también se detalla los consumos de petróleo diesel, el costo del combustible, otros costos distribuibles y el costo total.

El **cuadro 4.5** resume por períodos trimestrales las variables que permiten obtener la eficiencia dada por el Kw utilizado por m<sup>3</sup> producido y el costo en pesos por m<sup>3</sup> producido.

Los resultados reflejan una situación atractiva con la incorporación del equipo descortezador, hay una tendencia de usar menos potencia en la producción de 1 m<sup>3</sup>, esto puede explicarse debido a que las máquinas de aserrío están cortando la madera limpia, libre de corteza, además el sistema de extracción neumática carece de partículas pesadas y de gran tamaño, esto también contribuye con la eficiencia en el consumo de energía.

La mayor eficiencia también se puede apreciar en la columna del costo unitario, que presenta una disminución llegando a niveles del orden de 4.700 \$/m<sup>3</sup>, es decir existe una diferencia porcentual de un 4,5% comparando el período oct-nov-dic. 95 v/s ene-feb-mar. 97.

Período	Consumo x período kw	Producción Madera m <sup>3</sup>	Consumo Petróleo litros	Costo Energía \$	Costo Unitario \$/m <sup>3</sup>
Oct-Nov-Dic-95	100.203	2.773	23.982	17.000.000	6130
Ene-Feb-Mar-96	115.840	3.134	24.895	18.000.000	5744
Abr-May-Jun-96	69.060	1.821	17.374	12.000.000	6642
Jul-Ago-Sep-96	112.331	3.016	27.228	18.000.000	5968
Oct-Nov-Dic-96	148.144	4.104	36.887	24.000.000	5853
Ene-Feb-Mar-97	174.482	4.790	38.428	22.000.000	4707

**CUADRO 4. 4 Costos Directos Distribuibles Generación de Energía Eléctric Forestal Russfin Ltda.**

Meses	Consumo Kw	Consumo Combustible Litros	Rendim. Kw/l.	Costo Combust. \$	Costo Otros conceptos	Costo Total \$
Oct-95	20521,0	16.918	1,213	1.793.276	512.000	2.305.276
Nov-95	48729,0	39.457	1,235	4.182.442	1.000.000	5.182.442
Dic-95	39043,0	32.645	1,196	3.460.370	1.030.000	4.490.370
Ene-96	47340,0	39.949	1,185	4.594.135	1.460.000	6.054.135
Feb-96	33939,0	28.592	1,187	3.288.080	730.000	4.018.080
Mar-96	34267,0	28.437	1,205	3.270.255	523.000	3.793.255
Abr-96	27512,0	22.775	1,208	2.619.125	748.000	3.367.125
May-96	18089,0	14.791	1,223	1.700.965	531.000	2.231.965
Jun-96	22465,0	18.783	1,196	2.160.045	549.000	2.709.045
Jul-96	31252,0	25.807	1,211	2.967.805	515.000	3.482.805
Ago-96	31105,0	25.622	1,214	2.946.530	542.000	3.488.530
Sep-96	49974,0	41.960	1,191	4.825.400	1.558.000	6.383.400
Oct-96	49318,0	42.331	1,165	4.868.065	1.146.000	6.014.065
Nov-96	39811,0	32.367	1,230	3.722.205	1.128.000	4.850.205
Dic-96	59015,0	52.295	1,129	6.013.925	1.521.000	7.534.925
Ene-97	45588,0	38.030	1,199	4.753.750	1.326.000	6.079.750
Feb-97	59940,0	50.098	1,196	6.262.250	1.298.000	7.560.250
Mar-97	68954,0	59.536	1,158	7.442.000	1.465.000	8.907.000

**CUADRO 4.5 Eficiencia Planta de Energía Eléctrica**

Período Trimestre	Consumo x período kw	Producc. Madera m3	Eficiencia kw/m3	Costo Energía \$	Costo unitario \$/m3
Oct-Nov-Dic./95	108.293	2.773	<b>39,053</b>	11.978.088	4320
Ene-Feb-Mar./96	115.546	3.134	<b>36,869</b>	13.865.470	4424
Abr-May-Jun./96	68.066	1.821	<b>37,378</b>	8.308.135	4562
Jul-Ago-Sep./96	112.331	3.018	<b>37,220</b>	13.354.735	4425
Oct-Nov-Dic./96	148.144	4.104	<b>36,097</b>	18.399.195	4483
Ene-Feb-Mar./97	174.482	4.790	<b>36,426</b>	22.547.000	4707

### 4.1.3 Productividad

Los cuadros 4.1 y 4.2 han anticipado el resultado de los índices de productividad de la Planta de Aserrío, el cuadro 4.6 a resumirá los índices de productividad en un período mayor, destacando los últimos 5 meses de 1997 para compararlo con el período previo al proceso de descortezado.

Jul-96	21.0	1	282	552	2.73
Nov-96	21.0	2	403	708	3.38
Dic-96	17.0	2	325	1.055	3.24
Ene-97	18.5	2	355	1.281	3.64
Feb-97	21.0	1	202	304	4.97
Mar-97	24.0	1	235	519	4.98
Abr-97	18.0	1	173	726	4.25
May-97	18.5	1	187	479	2.58
Jun-97	23.0	1	221	807	3.78
Jul-97	23.0	1	221	854	3.77
Ago-97	25.0	1	240	828	3.45
Sep-97	21.0	2	403	1.358	3.38
Oct-97	22.0	2	422	1.366	3.24
Nov-97	20.0	2	384	1.048	2.72
Dic-97	21.0	2	403	1.885	4.18
Ene-97	21.0	2	403	1.229	3.09
Feb-97	20.0	2	384	1.078	4.23
Mar-97	23.0	2	442	1.842	4.25
Abr-97	22.0	2	422	1.074	3.48
May-97	20.5	2	394	1.284	4.28

## CUADRO 4.6

### Productividad Planta de Aserrió Forestal Russfin Ltda.

Meses	Días trabaj.	Nº de Turnos	Horas al mes	Volumen Producido m3	Productividad m3/hora
Oct-95	21,0	1	202	552	<b>2,73</b>
Nov-95	21,0	2	403	1.166	<b>2,89</b>
Dic-95	17,0	2	326	1.055	<b>3,24</b>
Ene-96	18,5	2	355	1.291	<b>3,64</b>
Feb-96	21,0	1	202	924	<b>4,57</b>
Mar-96	24,0	1	230	919	<b>4,00</b>
Abr-96	18,0	1	173	736	<b>4,25</b>
May-96	19,5	1	187	478	<b>2,56</b>
Jun-96	23,0	1	221	607	<b>2,75</b>
Jul-96	23,0	1	221	834	<b>3,77</b>
Ago-96	25,0	1	240	828	<b>3,45</b>
Sep-96	21,0	2	403	1.356	<b>3,36</b>
Oct-96	22,0	2	422	1.368	<b>3,24</b>
Nov-96	20,0	2	384	1.046	<b>2,72</b>
Dic-96	21,0	2	403	1.690	<b>4,19</b>
Ene-97	21,0	2	403	1.229	<b>3,05</b>
Feb-97	20,0	2	384	1.619	<b>4,22</b>
Mar-97	23,0	2	442	1.942	<b>4,39</b>
Abr-97	22,0	2	422	1.879	<b>4,45</b>
May-97	20,5	2	394	1.764	<b>4,48</b>

El resultado inferior en el mes de enero/97 es producto de la puesta en marcha del equipo combinando madera con corteza y madera sin corteza, durante este mes se dio prioridad al nuevo equipo para poder utilizarlo sin mayores interrupciones, sin embargo analizando los resultados de los primeros 5 meses con la incorporación del descortezador, la productividad mejora y su desviación estándar respecto del promedio es menor (**cuadro 4.7**), esto permite hacer pronósticos más certeros con los futuros clientes, comprometiendo y garantizando que habrá un cumplimiento serio con los pedidos.

**Cuadro 4.7 Productividad con y sin equipo Descortezador**

Período	Condición	Product. promedio m3/hr	Desviación Estándar
1	Sin Descortezador	3,41	0,73
2	Sin Descortezador	3,47	0,76
3	Sin Descortezador	3,39	0,53
4	Con Descortezador	4,12	0,61

La situación mas real corresponde a los 4 últimos meses, donde el efecto de el entrenamiento de los operadores no es incidente. Los resultados bajo esta perspectiva son los siguientes:

Período : Febrero a Mayo de 1997

Condición : Con descortezador con operadores entrenados.

Productividad : 4,39 m3/hr. (promedio).

Desv. estándar : 0.12

Esta condición de productividad y desviación estándar es el resultado más importante de este **Proyecto de Título**, donde podrán realizarse proyecciones en el largo plazo.

## **4.2 Evaluaciones del Costo Operacional**

El **cuadro 4.8 a y 4.8 b** indica el costo operacional mensual en miles de \$ de los distintos conceptos, como; remuneraciones, gastos de personal, insumos, suministros, gastos de mantención, comunicaciones, servicio de terceros y otros generales. El cuadro considera un solo operador trabajando un turno bisemanal de 96 horas (turno utilizado en la Planta Industrial).

El costo operacional promedio del proceso de descortezado, es de 420.000 \$/mes sobre la base de un turno de trabajo, en el caso de los dos turnos, el costo es aproximadamente el doble, su proporcionalidad se debe prácticamente al costo de remuneraciones, gastos de personal e insumos. **El cuadro 4.9** ilustra una forma sencilla y objetiva para respaldar los costos indicados en los ítems de elementos de seguridad e insumos de operación.

Cuadro N° 4.8. a; Costos Operacional Mensual Descortezado

CONCEPTOS	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	octubre	noviem.	diciem.	total
remuneraciones	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	2.562
sueldo base y gratificación	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	1.653
bonos	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	851
horas extras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
beneficios	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
otras remuneraciones	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33
gastos de personal	156	124	131	127	121	117	143	127	118	127	121	124	1.537
aporte patronal (3,45%)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	92
aliment.-camp.-otros gastos	86	86	93	90	83	80	90	80	80	90	83	83	1.034
movilización personal	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	227
elementos seguridad	38	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	122
capacitación	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	53
otros gastos de personal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
insumos	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	232
artículos de escritorio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
formularios de imprenta	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	48
insumos de operación	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	160
productos químicos													0
lubricantes													0
neumáticos													0
herramientas de corte													0
lijes y abrasivos													0
materiales de ferretería													0
materiales de empaque													0
otros insumos													0
suministros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
petróleo diesel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gasolinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gas licuado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
energía eléctrica externa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mantención	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	608
repuestos	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	608
servicios mantención tercerc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
comunicaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
telefono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
correspondencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
viajes y viáticos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pasajes nacionales y kms	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pasajes extranjero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
viáticos, hoteles y gastos rer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
servicios de terceros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
asesorías técnicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abogados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
notas y conservador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
arrendos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
vigilancia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
aseo industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
servicios computación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
procesos de terceros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jardines	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
otros servicios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
otros generales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
patentes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
seguros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
contribuciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
donaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
suscripciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
relaciones públicas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gastos directorio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
varios generales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>442</b>	<b>410</b>	<b>417</b>	<b>413</b>	<b>407</b>	<b>403</b>	<b>429</b>	<b>413</b>	<b>418</b>	<b>413</b>	<b>407</b>	<b>466</b>	<b>5.039</b>

Cuadro N° 4.8.b ; Base de Datos Costos Operación Mensual descortezador

DESCORTEZADO  
BASE DE DATOS

CONCEPTOS	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	octubre	noviem.	diciem.	total
DOTACION AREA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
dotación supervisores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dotación administrativos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dotación operarios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Operador descortezador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ayudantes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SUELDOS BASES</b>	<b>114443</b>	<b>114.443</b>											
supervisores	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
administrativos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
operadores	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	1.373.316
Operador Descortezador	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	114443	1.373.316
Ayudantes	68824	68824	68824	68824	68824	68824	68824	68824	68824	68824	68824	68824	825.888
<b>GRATIFICACION</b>	<b>23315</b>												
<b>BONOS</b>													
bono supervisores	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
bono resultados	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
bono administrativos	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0
bono resultados	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
bono aislamiento	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
bono desempeño	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
bono operarios	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0
bono resultados	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
bono aislamiento	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
bono desempeño	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
<b>HORAS EXTRAS</b>													
total horas extras (Hrs./dia)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>DIAS DE TRABAJO</b>													
dias al mes (dias/mes)	21,00	21,00	23,00	22,00	20,00	19,00	22,00	22,00	19,00	22,00	20,00	20,00	261,00
<b>ALIM.-CAMPAM. (\$/dia)</b>													
supervisores	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	39.600
administrativos	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	39.600
operarios	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	3300	39.600
<b>MOVILIZACION PERSONAL</b>													
supervisores	117.287	117287	117287	117287	117287	117287	117287	117287	117287	117287	117287	117287	1.407.444
administrativos	101142	101142	101142	101142	101142	101142	101142	101142	101142	101142	101142	101142	1.213.704
operarios	18903	18903	18903	18903	18903	18903	18903	18903	18903	18903	18903	18903	226.836

## Cuadro N° 4.9. Costos Elementos de Seguridad.

ELEMENTOS SEGURIDAD	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	octubre	noviem.	diciem.	total
ZAPATOS	1												2
GUANTES	3	3	3	3	3	3	1						2
BUZOS	1						3	3	3	3	3	3	36
PECHERAS							1						2
ANTIPARRAS	1												0
CASCOS	1						1						2
TENIDA AGUA	1												1
CUBRECALZADO	1												1

COSTO ELEMENT. SEG.	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	octubre	noviem.	diciem.	total
ZAPATOS	7543	7543	7543	7543	7543	7543	7543	7543	7543	7543	7543	7543	
GUANTES	2076	2076	2076	2076	2076	2076	2076	2076	2076	2076	2076	2076	
BUZOS	7050	7050	7050	7050	7050	7050	7050	7050	7050	7050	7050	7050	
PECHERAS													
ANTIPARRAS	1215	1215	1215	1215	1215	1215	1215	1215	1215	1215	1215	1215	
CASCOS	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	
TENIDA AGUA	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	3900	
CUBRECALZADO	10161	10161	10161	10161	10161	10161	10161	10161	10161	10161	10161	10161	

COSTO UNIT. MENSUAL	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept.	octubre	noviem.	diciem.	total
ZAPATOS	7543	0	0	0	0	0	7543	0	0	0	0	0	15086
GUANTES	6228	6228	6228	6228	6228	6228	6228	6228	6228	6228	6228	6228	74736
BUZOS	7050	0	0	0	0	0	7050	0	0	0	0	0	14100
PECHERAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANTIPARRAS	1215	0	0	0	0	0	1215	0	0	0	0	0	2430
CASCOS	1900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1900
TENIDA AGUA	3900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3900
CUBRECALZADO	10161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10161
TOTAL/PERSONA MES	37,997	6,228	6,228	6,228	6,228	6,228	22,036	6,228	6,228	6,228	6,228	6,228	

### 4.3 Comparación con la operación anterior.

En este sub-capítulo nos referiremos a otros efectos que han beneficiado y optimizado el Aserradero de Forestal Russfin Ltda., tanto productivamente como económicamente. En cuanto a los índices productivos ya han participado en los capítulos anteriores y no redundaremos en las interpretaciones vertidas y expuestas previamente. Destacaremos en esta oportunidad algunos cambios que generaron una disminución de los costos unitarios en la producción de 1 m<sup>3</sup> de madera aserrada, además de otras ventajas a favor de la operación.

- Cambios en el Taller de Afilado: Disminución de un ayudante gracias al menor recambio de sierras. La operación anterior requería de 4 personas para la mantención de las herramientas de corte, actualmente se trabaja con 3 personas, quienes satisfacen las condiciones de producción de la Planta. Esto significa un ahorro de 265.000 \$/mes o equivalente a 3.180.000 \$/año, cifra no despreciable en los costos de este departamento.
- Menor consumo de Sierras Huinchas: Efectivamente la mayor duración de las hojas, permite una vida útil de un 17 % más, solo por trabajar con trozas descortezadas. Esto significa si en la operación anterior el costo anual por elementos de corte era de 887.640 \$/año actualmente es de 758.667 \$/año.

$$(887.640 / (12 \times 1.17)) \times 12 = 758.667 \text{ \$/año.}$$

$$\text{Ahorro} = 128.973 \text{ \$/año.}$$

Claramente no se compara con el efecto de la productividad pero es importante destacarlo.

- Apertura de un nuevo mercado para la Empresa: A pesar que el proyecto inicial no concebía la ventas de astillas, actualmente se venden del orden de 7 camiones mensuales de Chips a la Empresa MICSA. La mayor ventaja de la apertura de este negocio, no era el económico, sino la disminución de residuos en cancha, que se estaba transformando en crítico.
- Ventajas en la Planta de Generación de Vapor: La combustión en la utilización de combustible mas limpio para la Caldera también produjo un efecto importante, la limpieza del hogar no era tan frecuente y lo más importante, el deterioro de las grillas era menor, según los comentarios de los operadores (Caldereros).
- Contaminación ambiental en el interior de la Planta de Aserrío: Los niveles de polvo en suspensión en el interior del galpón eran inferiores, con la operación anterior existía una mezcla entre polvo de tierra incrustada en la corteza y polvo de aserrín, actualmente se mantiene la presencia del polvo de aserrín pero mucho menor el polvo de tierra. Esta ventaja favorece tanto a los trabajadores como al estado de las máquinas (rodamientos, cadenas, cilindros neumáticos, motores eléctricos, reductores, tableros de control, partidores electrónicos, etc.).
- Mejor clasificación de los trozos previo al aserrío: El rechazo de trozos de mala calidad (sanidad) era mas objetivo al ver el tronco descortezado, sin embargo en la operación previa, muchos trozos escondían su calidad bajo la corteza provocando ineficiencia en el aserrío cuando el trozo estaba podrido o rechazado por sanidad.

## CAPITULO V Discusión y Conclusiones

Los resultados obtenidos con la incorporación de un nuevo equipo, permite establecer distintos análisis, uno a nivel de productividad y eficiencia del Aserradero Industrial y otro a nivel de la ejecución en que se revisó y llevo a cabo el proyecto, permitiendo un enriquecimiento del manejo de nuestros alcances que nuestra formación profesional nos ofrece.

Con relación a la productividad es posible apreciar que con la incorporación de algunos equipos y/o nuevos elementos, permite una mejora destacable en los resultados operacionales del Aserradero Industrial, los efectos casi inmediatos eran de esperarse, a pesar de los resultados del primer mes de operación, donde hubo un descuido a nivel del resultado final, producto del entusiasmo por la puesta en marcha del equipo, cuyo objetivo era trabajar con un sistema continuo y versátil. En general muchas de las comparaciones con la operación anterior se respaldarán al mediano plazo con una mayor cantidad de información, y garantizar objetivamente las innumerables ventajas del desarrollo e incorporación de la máquina peladora de troncos.

Las ventajas se conjugaron en diversas áreas pudiendo destacar efectos secundarios que indirectamente favorecen la operación total de la Planta, pudiendo hoy, dedicar nuestro tiempo de atención y análisis a otras operaciones, involucradas en la transformación de la madera, como también en revisar las áreas de relaciones humanas, gestión comercial, transporte, reingeniería, control de calidad, impacto ambiental, capacitación, etc.

La interrogante más válida bajo la perspectiva de las ventajas de esta máquina descortezadora, es; **¿si los efectos de la corteza provocaba inconvenientes en el proceso, porque no se analizó previamente?**. Debido a las características de los bosques australes en cuanto a su dispersión diamétrica, se necesitó bastante tiempo para resolver satisfactoriamente el problema, aplicando la experiencia y conceptos técnicos en la búsqueda de la solución.

Por otra parte otra ventaja de la operación actual del Aserradero Industrial, es la posibilidad de evaluarlo sin las repetidas justificaciones subjetivas que los Supervisores planteaban frente a los problemas de continuidad de la operación, debido a los reiterados cambios de sierras y del colapso del sistema de extracción de residuos, lo que generaba un tiempo muerto en períodos de producción, que en muchas ocasiones se prestaba para defender bajos índices de operación y producción, que se presupuestaba y proyectaba para el resto del año.

Con respecto al desarrollo profesional, es importante destacar el efecto en el crecimiento personal que se desarrolla en estos proyectos de envergadura. Debo reconocer que la experiencia de haber administrado la Planta Industrial en Tierra del Fuego, permitió introducir en este proyecto toda una ciencia tan importante como la Silvicultura y las Ciencias Forestales, donde sus principios básicos se encuentran presentes en algunas operaciones involucradas en la gestión total de la Empresa.

El conocimiento del mercado en la comercialización del producto Lengua, como madera aserrada, también contribuyó en el desarrollo e implementación de este equipo, en otras palabras, la intercomunicación y relación existente entre las distintas áreas, permite desarrollar un proyecto no bajo el punto de vista técnico, sino bajo una perspectiva donde está involucrada la obtención de la materia prima, el procesamiento de la madera, y su distribución, donde cada una de ellas tiene un rol fundamental en la participación de la ejecución del proyecto.

Paralelamente, la competitividad que demanda el mercado mundial, ha provocado grandes cambios en las personas, el más destacable es el nivel de tecnología con que los proveedores y fabricantes de equipos ofrecen, como en el diseño o en la selección de elementos y maquinarias. Existe la gran oportunidad de disponer de gran cantidad de técnicas, para diseñar los distintos equipos y elementos que están involucrados en este estudio, igualmente para comprobar cálculos, como para chequear algunas características principales en la adquisición segura y confiable de los componentes, tanto mecánicos, neumáticos, hidráulicos, y eléctricos entre otros.

El apoyo incondicional de los dueños de la Empresa, cuyos conceptos de estar "vigente" con las últimas técnicas, realizando mejoras en sistemas de procesos como en sistemas de información y administración, constituye un gran incentivo que permite asegurar que estos cambios tendrán el respaldo correspondiente, tanto económico como técnico.

Finalmente el aspecto más relevante que no puedo dejar de mencionar, es el mayor de mis agradecimientos a todo el cuerpo docente del Departamento de Ingeniería Mecánica, quienes han formado un sin número de profesionales, capaces de resolver los más variados problemas que enfrenta la sociedad actual, abriendo todo tipo de fronteras, sin importar la naturaleza del problema, adaptándolo a situaciones reales utilizando las distintas herramientas y técnicas que han proporcionado, permitiendo un espectro tan amplio que solo puede visualizarse gracias al extenso campo de nuestra especialidad, abarcando y insertándose cada vez más fuerte en cargos de mucha responsabilidad, transmitiendo y enseñando día a día los distintos criterios que permiten tomar las decisiones en forma objetiva y confiable, demostrando una calidad profesional y personal que resulta de la preparación integral que, Ustedes estimados y distinguidos Académicos han entregado.

Confío en la gran tarea de preparación y formación de futuros Ingenieros, es y será vuestro mayor objetivo, cuya satisfacción es poder recibir nuestro más sincero agradecimiento por el grado académico que entregan por siempre.

## INDICES DE REFERENCIAS

### Ref. 1

- R. Poblete M. Diseño de una Planta Productora de Astillas, memoria de Ingeniero Civil Mecánico, Universidad de Chile, 1993.

### Ref. 2

- J. Daroch G. Diseño de una Planta para la Fabricación de Embalajes de Madera para la Exportación de Fruta, memoria de Ingeniero Civil Mecánico, Universidad de Chile, 1994.

### Ref. 3

- R. D. Marcus, L. S. Leung, G. E. Klinzing and F. Rizk, Pneumatic Conveying of solids, Chapman and Hall, 1990, Great Britain, pp. 339-359.

### Ref. N° 4

- Revista Lignum, Febrero 1997, pp. 15

### Ref. N° 5

- Logscan Tecnología Integral S.A. Alfredo Lecannelier 1952 Providencia Stgo. Chile.

### Ref N° 6

- MLSF Forezienne

**Ref. N°7:**

- LINK-BELT CHAINS AND SPROCKETS FOR DRIVES, CONVEYORS AND ELEVATORS  
REXNORD CORPORATION 1993.

**Ref. 8**

- Máquinas N. Larburú, sexta edición 1994 pág. 143

**Ref. 9**

- Ingeniería Dodge Vol. 1.1R, páginas CC-44 a CC-47



**Referencia 10**

INABI (Neumática N-111)  
Cilindros Bonesi (Italia)  
Ingeniería y Abastecimientos Industriales Ltda.  
Los Carrera 148, Concepción, CHILE.

**Ref. 11**

- Catálogo motores hidráulicos EATON, pág. 16 datos de diseño serie 2000

**Ref. 12**

- Mannesmann Rexroth "componentes hidráulicos" RS 00 101/9.92 Pág.:  
61-62.

**Ref. 13**

TECN-HID Tecnología Hidráulica  
Proveedores Industriales  
Fono/Fax 37 01 15 (Concepción)  
Gerente Técnico: Raúl Puchi C.

# PLANOS

Lámina 3.1

Lámina 3.2

*2 planos*

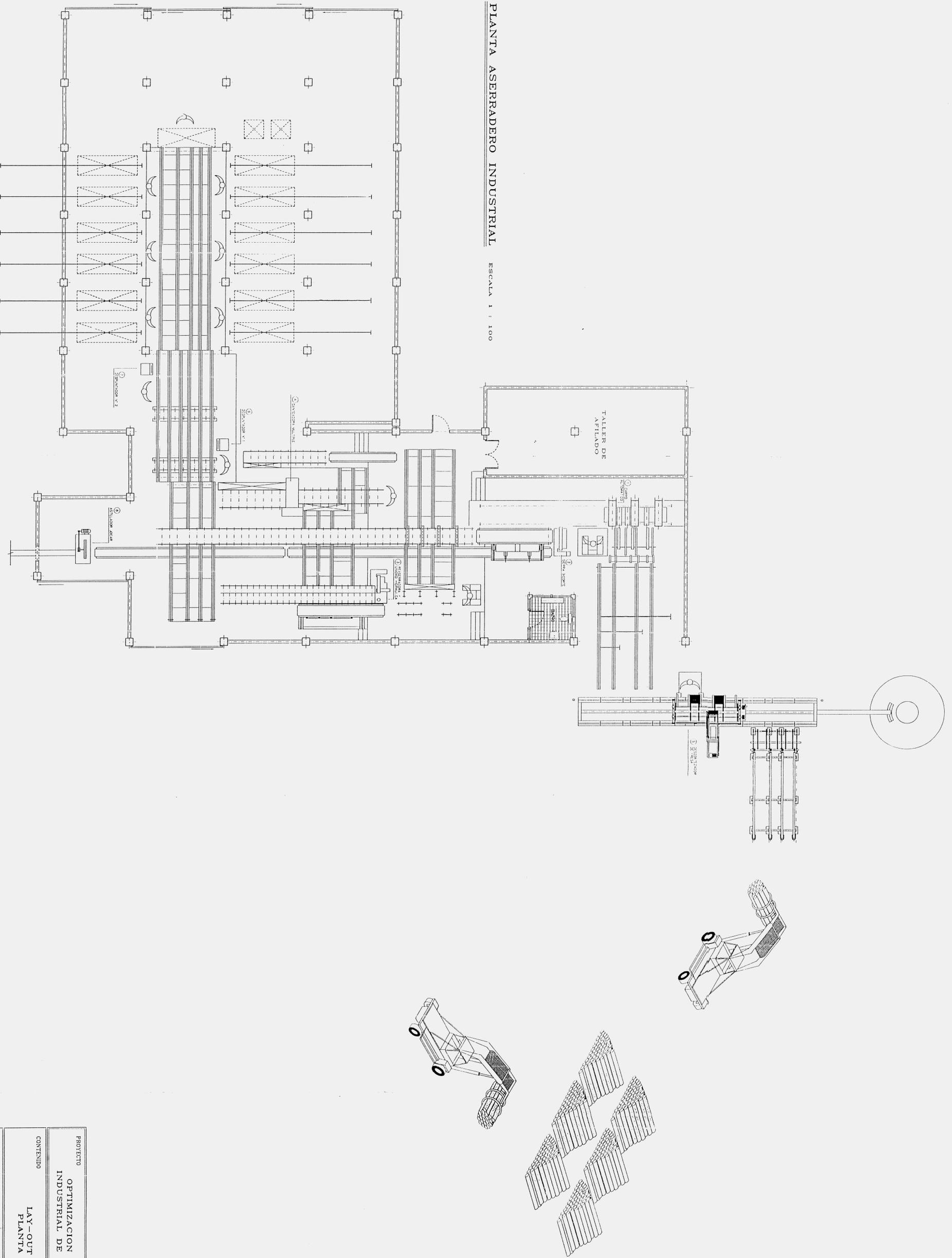


*T  
1998  
IM1  
C.2*

*604-5649*

PLANTA ASERRADERO INDUSTRIAL

ESCALA 1 : 100

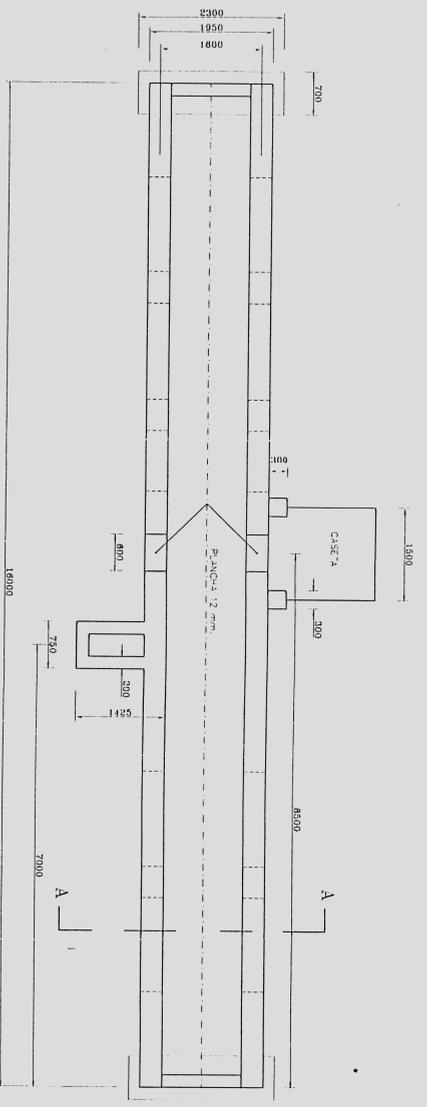


604-5649

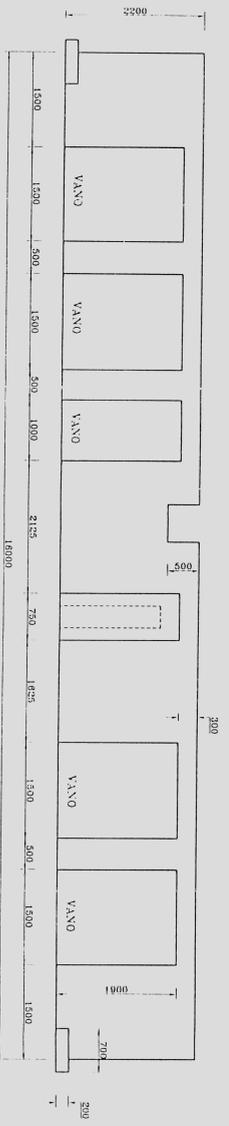
PROYECTO  
OPTIMIZACION DEL ASERRADERO  
INDUSTRIAL DE FORESTAL RUSSTIN

CONTENIDO  
LAY-OUT ASERRADERO  
PLANTA INDUSTRIAL

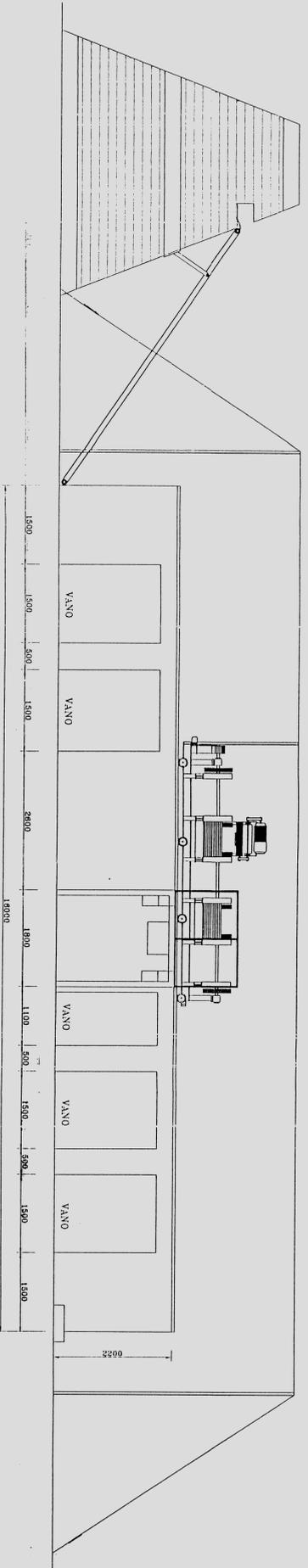
PROYECTO	BOIS INVERSO B.	FECHA	LAMINA N°
DIBUJO	JOSÉ ABAS D.	NOVIEMBRE 1997	3.1.
CALCULO	BOIS INVERSO B.	ESCALA	INDICADAS
APROBADO	BOIS INVERSO B.	INDICADAS	EMISION 01



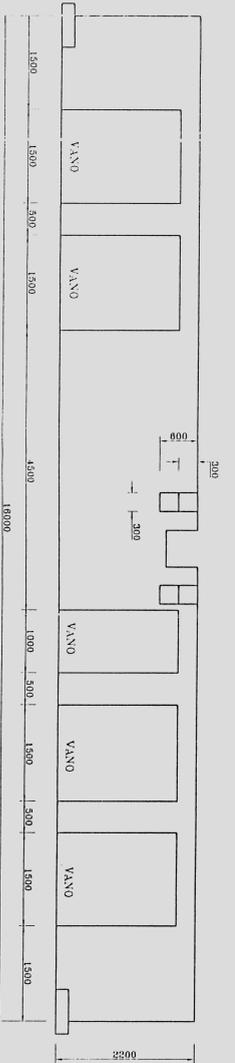
PLANTA ESTRUCTURA DE HORMIGON ESCALA 1 : 50



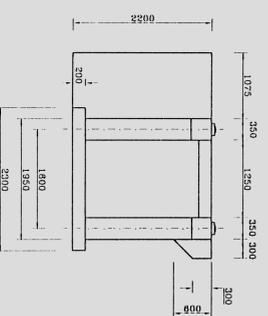
ELEVACION PARED SUR ESCALA 1 : 50



ELEVACION EQUIPO DESCORTEZADOR DE FRESA ESCALA 1 : 50



ELEVACION PARED NORTE ESCALA 1 : 50



CORTE A-A ESCALA 1 : 50 604-5649

PROYECTO  
OPTIMIZACION DEL ASERRADERO  
INDUSTRIAL DE FORESTAL RUSSPIN

CONTENIDO  
PLANTA Y ELEVACIONES  
EQUIPO DESCORTEZADOR DE FRESA

PROYECTO	BOBIS INAREJO B.	FECHA	LAMINA N°
PROYECTO	BOBIS INAREJO B.	AB	
DIBUJO	JOSGE ARBAS D.	7/15	
CALCULO	BOBIS INAREJO B.	AB	3.2.
APROBADO	BOBIS INAREJO B.	AB	EMISION 01