

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA MADERA

**FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO DE PRODUCCIÓN
DE ASTILLAS PULPABLES EN ASERRADEROS CORZA S.A.**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero de la Madera

ESTEBAN ANDRÉS VALENTIN MORALES

Profesor Guía: Ing. Forestal Sr. Ricardo Silva Soto, Ph.D.

Santiago, Chile

2008

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA MADERA

**FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO DE PRODUCCIÓN
DE ASTILLAS PULPABLES EN ASERRADEROS CORZA S.A.**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero de la Madera

ESTEBAN ANDRÉS VALENTIN MORALES

Calificaciones:

Nota:

Firma:

Prof. Guía: Sr. Ricardo Silva Soto

.....6,9.....

Prof. Consejero: Sra. Rose Marie Garay Moena

.....6,0.....

Prof. Consejero: Sr. Manuel Rodríguez Rojas

.....6,5.....

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. PROCESO DE ASERRADO.....	3
2.1.1. PROCESOS PRODUCTIVOS EN EL ÁREA DE ASERRADO EN ASERRADEROS CORZA S.A.....	5
2.2. PROGRAMAS DE CORTE	7
2.3. CUBICACIÓN DE LA MADERA.....	8
2.4. RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO.....	9
2.5. SUBPRODUCTOS GENERADOS EN EL PROCESO DE ASERRADO.....	9
2.6. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ASTILLAS PULPABLES.....	11
2.6.1. ASTILLADOR DE DISCO.....	12
2.6.2. HARNERO CLASIFICADOR.....	13
2.7. EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....	13
2.7.1. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD	14
2.7.2. ESTUDIO DE MERCADO.....	14
2.7.3. HORIZONTE DE EVALUACIÓN.....	15
2.7.4. TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE.....	15
2.7.5. FLUJOS DE FONDOS.....	16
2.7.6. TASA DE DESCUENTO.....	18
2.7.7. VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	18
2.7.8. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	19
2.7.9. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).....	19
2.7.10. PUNTO DE EQUILIBRIO.....	20
3. MATERIALES Y MÉTODO	21
3.1. MATERIALES	21
3.1.1. MADERA.....	21
3.1.2. MAQUINARIA, EQUIPOS Y ACCESORIOS	21
3.1.3. INFORMACIÓN.....	21
3.2. MÉTODO	22
3.2.1. ACTIVIDAD 1: CONDICIONES ACTUALES Y PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	22

3.2.2.	ACTIVIDAD 2: DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES DE MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE ASTILLAS PULPABLES.....	22
3.2.3.	ACTIVIDAD 3: TRANSFORMACIÓN DE VOLUMEN ESTÉREO DE SUBPRODUCTOS A VOLUMEN SÓLIDO	22
3.2.4.	ACTIVIDAD 4: TRANSFORMACIÓN DE VOLUMENES DE SUBPRODUCTOS A TONELADAS DE ASTILLAS	25
3.2.5.	ACTIVIDAD 5: EXIGENCIAS DE CALIDAD PARA ASTILLAS PULPABLES.....	26
3.2.6.	ACTIVIDAD 6: CONFECCIÓN DE <i>LAY-OUT</i> Y FLUJO DE PRODUCCIÓN	28
3.2.7.	ACTIVIDAD 7: ESTUDIO ECONÓMICO	29
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 1	33
4.1.1.	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD	33
4.1.2.	ESTUDIO DE MERCADO.....	35
4.2.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 2	39
4.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 3	42
4.3.1.	FACTOR DE CONVERSIÓN DE LAMPAZOS POR INFORMACIÓN DE VENTA.....	42
4.3.2.	FACTOR DE CONVERSIÓN APLICANDO EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES.....	44
4.3.3.	FACTOR DE CONVERSIÓN POR SIMULACIÓN EN AUTOCAD.	44
4.3.4.	FACTOR PROMEDIO DE CONVERSIÓN.	46
4.3.5.	ESTIMACIÓN DE TONELADAS DE ASTILLAS PULPABLES	46
4.4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 4	47
4.5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 5	48
4.5.1.	FACTORES DE CASTIGO	49
4.5.2.	FACTORES DE RECHAZO	51
4.6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 6	51
4.7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 7	54
4.7.1.	TRATAMIENTO A LA INCERTIDUMBRE	54
4.7.2.	VALOR DE TASA DE CAMBIO DEL DÓLAR.....	57

4.7.3.	CREACIÓN DEL FLUJO DE FONDOS.....	58
4.7.4.	PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	66
4.7.5.	PUNTO DE EQUILIBRIO.....	66
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1.	CONCLUSIONES	68
5.2.	RECOMENDACIONES.....	68
6.	BIBLIOGRAFÍA	70
7.	APÉNDICES.....	74
8.	ANEXO.....	89

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Rendimiento promedio de trozas.....	10
Cuadro 2:	Valores de mercado de subproductos madereros.....	10
Cuadro 3:	Factores de conversión	11
Cuadro 4:	Estructura de un flujo de fondos.....	16
Cuadro 5:	Metodología de cálculo del PRI	19
Cuadro 6:	Rango de densidad.....	27
Cuadro 7:	Factor de humedad en base a peso verde.....	27
Cuadro 8:	Factor de aceptación por tamaño	28
Cuadro 9:	Factor por porcentaje de fino y <i>pin-chips</i>	28
Cuadro 10:	Ingresos por venta de subproductos generados en base a 1 m ³ ssc.	33
Cuadro 11:	Ingreso promedio mensual de la situación actual y astillas pulpables.....	34
Cuadro 12:	Costos de producción mensual comparando la situación actual y producción de astillas pulpables.....	34
Cuadro 13:	Estimación de los costos de inversión, comparando la situación actual y producción de astillas pulpables.....	35
Cuadro 14:	Índices de producción de Aserraderos CORZA S.A.	39
Cuadro 15:	Volumen estéreo de venta de astillas verdes.	40
Cuadro 16:	Volumen de venta de lampazos y chicotes.....	41
Cuadro 17:	Ingresos mensuales por concepto de venta de astillas verdes.....	42
Cuadro 18:	Ingresos mensuales por concepto de venta de lampazos y chicotes.....	42
Cuadro 19:	Estimación de volumen sólido correspondiente a astillas verdes.....	43

Cuadro 20: Porcentaje de madera sólida en volumen estéreo de lampazos y chicotes.	43
Cuadro 21: Determinación del factor de conversión por el método de desplazamiento de agua de lampazos y chicotes.	44
Cuadro 22: Determinación del factor de conversión por simulación <i>Autocad</i>	45
Cuadro 23: Comparación de rendimientos de madera aserrada y subproductos.	45
Cuadro 24: Determinación del factor promedio de conversión de lampazos y chicotes.	46
Cuadro 25: Transformación teórica de volumen de astillas.	47
Cuadro 26: Transformación teórica de volumen de lampazos y chicotes.	47
Cuadro 27: Estimación del tonelaje promedio mensual a producir.	48
Cuadro 28: Porcentaje final de participación por tamaño y corteza.	49
Cuadro 29: Resumen de los valores de las componentes para determinar el ingreso promedio mensual.	58
Cuadro 30: Tabla resumen de costos de inversión.	61
Cuadro 31: Resumen de los costos operacionales mensuales realizando el proyecto.	64
Cuadro 32: Flujo de fondos determinado para la realización del proyecto.	65
Cuadro 33: Periodo de recuperación de inversión (PRI).	66
Cuadro 34: Desglose de costos fijos y variables mensuales.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lay out centro de aserrado de la planta Aserraderos CORZA S.A.	4
Figura 2: Programa de corte prismático.	8
Figura 3: Astillador de disco.	12
Figura 4: Harnero de clasificación de astillas pulpables.	13
Figura 5: Agentes del estudio de mercado.	15
Figura 6: Punto de equilibrio.	20
Figura 7: Lampazos y chicotes en camión de despacho.	23
Figura 8: Exportaciones industria del papel.	36
Figura 9: Precio de la tonelada de celulosa NBSK.	37
Figura 10: Porcentaje de participación por tamaño y participación de corteza en la muestra de astillas en estado anhidro.	48
Figura 11: <i>Lay-out</i> del aserradero con el centro de producción de astillas pulpables.	52

Figura 12: Diagrama del proceso de Aserradero CORZA S.A. considerando el centro de astillado.....	53
Figura 13: Valor del dólar en el periodo junio a diciembre de 2006.....	57
Figura 14: Punto de equilibrio.....	67

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciendo a mi familia por el esfuerzo que ha significado para ellos el darme la oportunidad de estudiar, y por el apoyo en este largo proceso que ya está llegando a su fin.

Agradezco también la disposición de mi profesor guía, el señor Ricardo Silva, quien en todo momento tuvo la paciencia y el tiempo para atender mis dudas y guiarme en la realización de este trabajo de titulación, y un especial agradecimiento al Señor Luís Frías, (Q.E.P.D), por el constante apoyo durante estos años de estudio. A mis profesores consejeros Señora Rose Marie Garay y Señor Manuel Rodríguez, por el tiempo dedicado a que la Memoria de Título fuera por buen camino.

A los amigos de la vida gracias por haberme soportado todos estos años, sé que no es fácil, por eso les agradezco de manera especial.

Finalmente agradezco a todas las personas que he conocido en estos años de universidad, quienes de una u otra forma han aportado a formarme como persona y me han motivado a cambiar ciertas cosas de mi personalidad.

Este trabajo de titulación se lo dedico a mi abuelo José Morales, quien desde donde está me ha apoyado, y estoy seguro de que si estuviera acá estaría tan contento y orgulloso como yo en este momento.

RESUMEN

El presente estudio propone y aplica un método de evaluación técnico-económica para la implementación de un centro de producción de astillas pulpables en Aserraderos CORZA S.A., considerando las condiciones actuales, volúmenes de producción y retorno económico sobre sus ventas. El estudio se basó en la estimación proyectada de producción de la materia prima que se utilizará, correspondiente a astillas verdes, lampazos y chicotes, en el periodo junio a diciembre del año 2006, con un horizonte de evaluación de ocho años.

El estudio técnico-económico para la implementación del centro de producción de astillas pulpables, se llevó a cabo a través de la ejecución de las siguientes siete actividades. En primer lugar, se determinaron las condiciones actuales que presenta Aserraderos CORZA S.A., en relación a la implementación de este nuevo centro de producción, seguido de la determinación de volúmenes de materia prima para la producción de astillas pulpables. Luego se determinaron factores apropiados para la conversión de la materia prima a utilizar (astillas verdes, lampazos y chicotes) a metros cúbicos sólidos, con el fin de homogeneizar los parámetros de medición. La siguiente actividad fue la transformación del volumen sólido de materia prima a toneladas de astillas pulpables, en la unidad de comercialización BDMT. Determinado el tonelaje proyectado de astillas a producir, se evaluó la calidad de éstas, según los parámetros exigidos por los principales compradores de este *commodity*. A continuación, considerando las condiciones actuales de Aserraderos CORZA S.A. y las exigencias asociadas a la creación del nuevo centro de proceso, se confeccionó un diagrama de flujo y un *lay-out*, incluyendo la nueva área de producción. El estudio finalizó con la determinación de la factibilidad económica del proyecto, basada en estudios de mercado, análisis de incertidumbre y flujo de fondos, determinándose el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), obteniéndose también el punto de equilibrio y el periodo de recuperación de la inversión (PRI).

Los principales resultados obtenidos pueden ser resumidos en las siguientes ideas:

- En la actualidad existen las condiciones necesarias para la implementación de este nuevo centro de producción en Aserraderos CORZA S.A.

- La elaboración de astillas pulpables genera un mayor valor de venta comparado con la venta de astillas verdes, lampazos y chicotes.
- Las astillas generadas en el *chipper-canter* cuentan con las características de calidad exigidas por los principales compradores de estas, salvo la alta presencia de corteza.
- Según los parámetros propuestos en el estudio, principalmente valores de venta y volúmenes de producción, y considerando los valores obtenidos en los indicadores de rentabilidad VAN y TIR, además del PRI, la creación de este centro de producción es económicamente factible.

Finalmente, y asumiendo criterios como valor de tasa de cambio del dólar, rendimientos de producción y contracción volumétrica, entre otros, la implementación de este centro de producción es rentable a un plazo de evaluación de ocho años, siempre y cuando se mejoren las condiciones de calidad de las astillas, principalmente la alta presencia de corteza en ellas.

Palabras claves: Factibilidad técnica-económica, Astillas pulpables, Astillador, Flujo de fondos.

SUMMARY

This work presents the proposal and application of a technical–economical method for the implementation of a chips production center in Aserraderos CORZA S.A., considering the actual conditions, production levels and economical return over sales. The study is based on projected production estimations of required raw materials, such as green chips, slabs and offcuts (in spanish *astillas verdes*, *lampazos* and *chicotes*), between June and December 2006, with an evaluation period of eight years.

The technical–economical study for the chips production center was carried out through the implementation of seven activities. First, the actual conditions in Aserraderos CORZA S.A. related to the implementation of the new production center were determined. Then, the required levels of raw materials for chips production were also determined. After that, the appropriate conversion factors for raw materials (green chips, slabs and offcuts) into solid cubic meters were established, to homogenize the parameter measurement. The next activity was the transformation of raw material into tons of chips of BDMT commercial unit. As the projected tonnage of chips production was determined, their quality was evaluated, according to the parameters required by these commodity principal buyers. After that, and according to the actual conditions of Aserraderos CORZA S.A. and the demands associated to the creation of the new process's center, a flowcharts and a lay-out were designed, including the new production area. The study concluded with the determination of the project's economical viability, based on market studies, risk analysis and cash flow, which led to the net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) calculation, and the break point and investment return period were obtained.

The principal results obtained can be synthesized in the following ideas:

- Nowadays the necessary conditions for this new production center's implementation exist at Aserraderos CORZA S.A.
- Production of chips generates a higher selling value compared to green chips, slabs and offcut sales.
- Chips generated at the chipper-canter have the quality conditions demanded by the principal buyers, except for the high content of bark.

- According to the proposed parameters like sales value, production levels, and considering the NPV, IRR and IRP profitability ratios, the creation of this production center is economically feasible.

Finally, assuming some technical–economical criteria, such as dollar exchange rate, production yield and volumetric shrinkage, among others, it is possible to conclude that the implementation of this production center is profitable in a evaluation period of eight years, as long as the quality conditions of chips are improved, principally the high content of bark.

Key words: Technical–Economical Feasibility, Chips, Chipper, Cash Flow.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la industria de transformación de la madera debe estar en constante desarrollo para que sus productos obtengan la mayor rentabilidad posible. Esto implica maximizar tanto productividad como rendimiento en la fabricación del producto, para poder así competir con economías que presentan costos de producción significativamente menores. Por lo anterior y debido a la constante preocupación por encontrar nuevos nichos de mercado, es que ciertos subproductos generados en el proceso de aserrado, como los lampazos, chicotes, astillas, despuntes y el aserrín, ya no son desechos madereros, sino que constituyen hoy una real alternativa de negocio, siendo utilizables como materia prima en la industria de tableros, energética y papelera, entre otras, permitiendo obtener importantes retornos económicos para la empresa que los genera.

Aserraderos CORZA S.A. se dedica a la elaboración y comercialización de productos madereros, principalmente molduras de *madera clear* de Pino radiata. En esta planta se producen mensualmente alrededor de 950 m³ de madera aserrada. Considerando un rendimiento del proceso de aserrado de 58%, la producción anterior conlleva la generación de 680 m³ sólidos mensuales de subproductos, entre astillas, aserrín, lampazos y chicotes, que son vendidos sin ningún proceso adicional, presentando un retorno económico relativamente bajo en comparación con otras alternativas de negocio.

En esta memoria de título se desarrolla un estudio para determinar la factibilidad técnico-económica de la implementación de un área de producción de astillas pulpables, con el fin de obtener mayores retornos económicos, aprovechando los desechos generados en el proceso de aserrado en la empresa Aserraderos CORZA S.A.

El objetivo general del estudio fue determinar la factibilidad técnico-económica para la implementación de un centro de producción de astillas pulpables en aserraderos CORZA S.A.

Los objetivos específicos asociados a este objetivo general fueron:

- Evaluar la situación actual, tanto desde el punto de vista de volumen de producción, retorno económico y calidad, de los subproductos astillas verdes, lampazos y chicotes.

- Evaluar económicamente la implementación de un área de astillado para la producción de astillas pulpables, utilizando como materia prima los subproductos generados en el área de aserrado.
- Realizar un análisis económico comparativo entre la situación actual y la situación “con proyecto”, para poder tomar la decisión respecto a la realización de éste.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. PROCESO DE ASERRADO

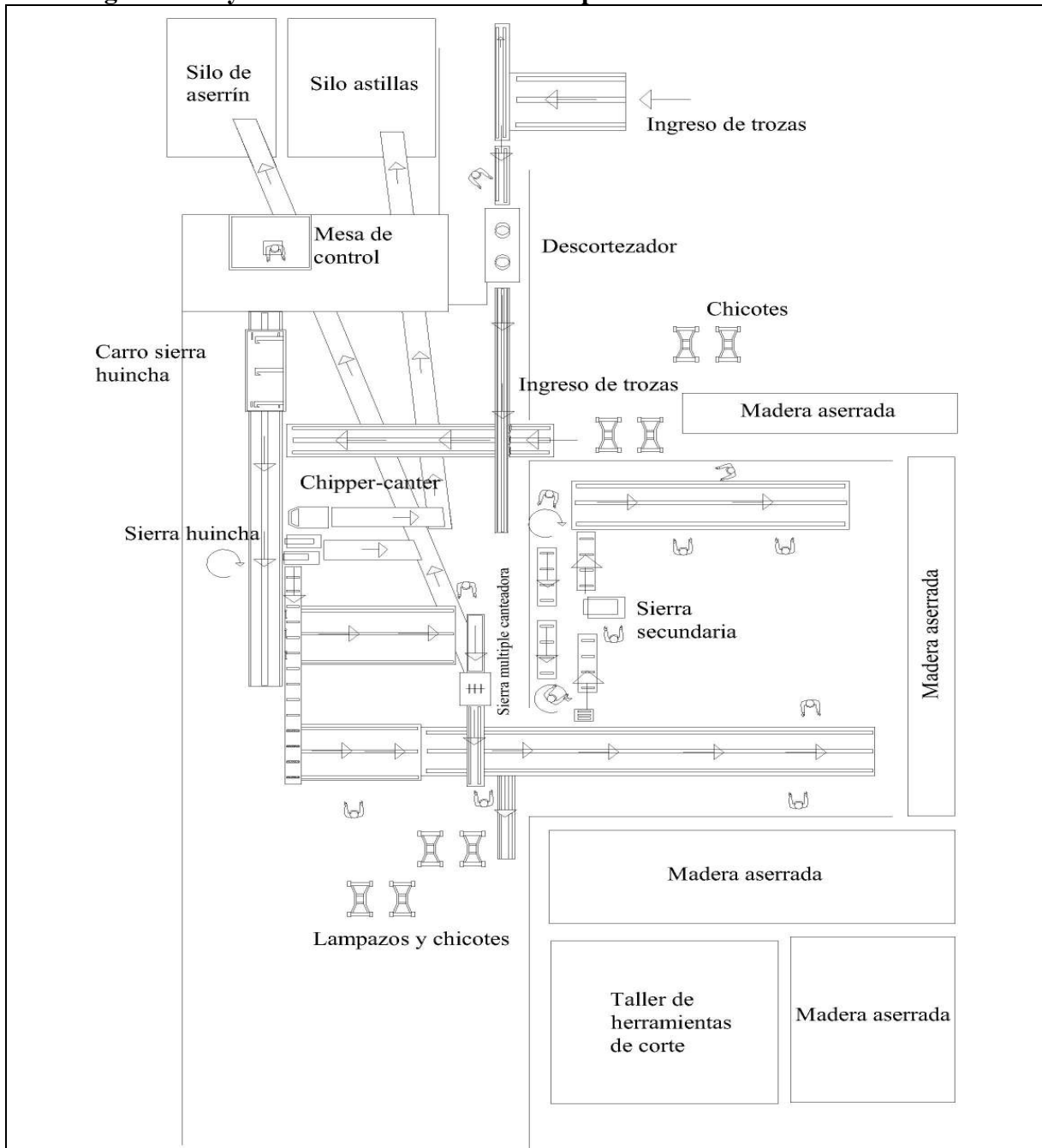
El proceso de aserrado de madera es aquel en donde se transforman las trozas en tablas, tablones y basas como producto principal, generados en pequeños, medianos o grandes aserraderos. Los más pequeños son unidades fijas o portátiles, constituidas por una sierra principal circular, un sencillo carro porta trozas y una canteadora doble, manejadas por uno o dos trabajadores. Los aserraderos medianos y grandes son estructuras permanentes; disponen de equipos especializados y automatizados, generando un número importante de empleo. En Chile los pequeños aserraderos producen entre 5.000 y 12.000 m³ de madera aserrada por año, mientras que los aserraderos medianos producen entre 12.000 y 50.000 m³/año, y los grandes entre 50.000 y 100.000 m³/año. Junto con la productividad, especie y tamaño de las trozas, se determinan las características de los equipos necesarios en un aserradero, los que varían considerablemente en función de la antigüedad y las dimensiones de la instalación, así como del tipo y la calidad de los productos (Davies *et al*, 2001; Vidaurre *et al*, 1989).

Además de clasificar los aserraderos por su nivel de producción de madera aserrada, existen otros tipos de clasificaciones, dependiendo de cómo realizan el trabajo sus componentes, o del tipo y cantidad de sierras en la máquina principal, entre otras. En cuanto a la movilidad de aserraderos en la industria de transformación de la madera, existen los de instalaciones fijas y móviles. Los aserraderos de instalaciones fijas son aquellos que presentan una fundación permanente; sus flujos de producción suelen ser complejos y entregan tablones o tablas ya canteadas y dimensionadas. En cuanto a las características de la máquina principal, estos pueden emplear banco sierra huincha, sierras huincha dobles o cuádruples; banco sierra circular, y sierra circular doble o de tipo alternativa (García *et al*, 2002; Vignote, 2006).

En forma general, en un aserradero existe una serie de procesos complementarios, tal como muestra la Figura 1 para Aserraderos CORZA S.A., como es la selección en la cancha de trozas, en donde estas son clasificadas según diferentes criterios, principalmente diámetro, largo, especie y grado de biodeterioro. El proceso siguiente es el descortezado, donde se realiza la eliminación de corteza de la troza, etapa fundamental que incide en el tiempo de

trabajo de las sierras. Una vez realizado el descortezado las trozas son canteadas en un *chipper-canter* y aserrada en la máquina principal, siguiendo un programa de corte según diámetro y geometría de la troza. Obtenidas las piezas dimensionadas en una primera instancia, estas son llevadas a un proceso de canteado y dimensionado final, en sierras canteadoras y secundarias respectivamente (Vidaurre *et al*, 1989).

Figura 1: Lay out centro de aserrado de la planta Aserraderos CORZA S.A.



2.1.1. PROCESOS PRODUCTIVOS EN EL ÁREA DE ASERRADO EN ASERRADEROS CORZA S.A.

Aserraderos CORZA S.A. realiza los siguientes procesos productivos en el área de aserrado:

2.1.1.1. ALMACENAMIENTO DE TROZAS

Realizado el abastecimiento de la materia prima para el funcionamiento del aserradero, las trozas se seleccionan y almacenan en la cancha de trozas según especie, diámetro, longitud, uso final, etc. Estas son apiladas en cantidades suficientes para asegurar el funcionamiento ininterrumpido del aserradero, especialmente durante las desfavorables condiciones climáticas en invierno, que obstaculizan la extracción de madera en los bosques (FAO, 1991).

La clasificación para el almacenamiento de la madera en Aserraderos CORZA S.A. se realiza según los criterios de dimensiones de las trozas (diámetro, largo), grado de biodeterioro, y fecha de recepción.

2.1.1.2. DESCORTEZADO

Este proceso se realiza en descortezadores, donde es eliminada la corteza de las trozas. Generalmente los utilizados en el proceso de aserrado constan de 4, 5 o 6 cuchillos, dispuestos sobre un rotor basculante de gran potencia. Los cuchillos poseen un sistema de presión neumática variable según la topología de la corteza; las trozas se mantienen fijas respecto al rotor gracias a la presencia de rodillos prensos y motrices, encargándose de la alimentación de este proceso (García *et al*, 2002).

Aserraderos CORZA S.A. cuenta con un descortezador de origen español, con un rotor marca *BARGAR*, para un diámetro máximo de trozas de 50 cm. La mesa alimentadora es de marca *SUMITOMO*, la cual posee una potencia de 5,5 kW, un voltaje de 380 V y alcanza una velocidad de 1.420 rpm. El reductor es marca *SUMITOMO*, modelo *chhm-8-6165-43*, con una potencia de 1.450 HP.

2.1.1.3. ASTILLADO-CANTEADO

Este proceso se realiza en una chipeadora canteadora, o *chipper-canter*, elemento de corte cuya finalidad es evitar la generación de aserrín, cortando las caras opuestas de la troza y

reduciendo este volumen al estado de astillas en vez de tapas o lampazos, de poco valor y complicado manejo dentro de la planta (Vignote, 2006).

En el caso de Aserraderos CORZA S.A. el *chipper-canter* es una máquina marca *SWEKAN*, de procedencia sueca, la que genera cortes máximos de 22". Posee un voltaje de 380 V y una potencia de 55 kW, pudiendo alcanzar una velocidad de 1.472 rpm.

2.1.1.4. ASERRADO EN SIERRA PRINCIPAL

Este proceso se realiza en una unidad llamada propiamente sierra principal, la que por lo general corresponde a una sierra huincha, circular o alternativa; todas utilizan un mecanismo de transporte de carro porta trozas, siendo la primera la de mayor utilización.

La sierra carro huincha se diferencia de las otras dos por una baja producción de desperdicios, rápido cambio de las herramientas de corte y buena calidad superficial, además de un rápido posicionamiento óptimo de las trozas que se aserrarán en el carro porta trozas. Entre las desventajas que presenta están el tiempo muerto en el retorno del carro porta trozas, y la necesidad de personal experto para su operación (García *et al*, 2002).

Aserraderos CORZA S.A. cuenta con una sierra huincha doble como maquina principal, la que está conformada por una sierra fija y una móvil, ambas con las siguientes características: marca *BRENTA*, de procedencia francesa, que posee un diámetro de volantes de 1.400 mm y un ancho de 8". Las dos sierras poseen un rango de voltaje de 220 a 380 V con una potencia de 75 kW, y velocidad máxima de 1.465 rpm. Estas sierras presentan 198 dientes tipo S recalcados, con un paso de 50 mm y una altura de garganta igual a 1/3 del paso, es decir 16,5 mm, largo de huincha de 9,3 m con un ancho de 9". El espesor de la huincha es de 1,47 mm y el espesor de corte es de 2,8 a 3,5 mm; los dientes poseen un ángulo de ataque de 30°.

2.1.1.5. ASERRADO EN SIERRA CIRCULAR MÚLTIPLE-CANTEADORA

En este proceso se utiliza normalmente un equipo conformado básicamente de un eje, sobre el que se disponen dos o más sierras circulares, separadas convenientemente, manteniendo una sierra móvil y el resto fijas, de tal modo que puedan procesarse basas o tablas canteadas. Generalmente las sierras utilizadas no superan los 450 mm de diámetro y delante de ellas existen rodillos de arrastre, variando la velocidad de corte entre los 50 a 80 m/min Por otra

parte, se dispone de sistemas optimizadores de corte, como son los rayos láser, que permiten el posicionamiento óptimo de las piezas a procesar (García *et al*, 2002).

Aserraderos CORZA S.A. cuenta con una sierra múltiple canteadora marca *SCHORCH*, de origen francés, que posee una altura máxima de corte de 150 mm y un ancho máximo 22". El rango de voltaje es de 380 a 660 V, con una potencia de 84 kW y una velocidad máxima de 1.490 rpm. Éste equipo tiene capacidad para 5 sierras de 450 mm de diámetro, con 24 dientes de placa calzada tipo S. Cada diente posee un paso de 30 mm con una altura de garganta igual a 1/3 de paso, es decir 10 mm El espesor de corte es de 5,5 mm y el ángulo de ataque es de 23° a 25°.

2.1.1.6. REASERRADO EN SIERRA HUINCHA SECUNDARIA

Este proceso es optativo y se realiza en sierras huincha o circulares, que dimensionan las piezas luego de ser canteadas. Estas máquinas suelen ser de menor potencia y dimensiones que la sierra principal (García *et al*, 2002).

Aserraderos CORZA S.A. cuenta con una sierra secundaria marca *INDUMET*, de procedencia belga, con diámetro de volante de 1.100 mm. y ancho de 4". Presenta un rango de voltaje de 380 a 660 V y una potencia de 22 kW Gira a una velocidad máxima de 1.470 rpm Esta sierra posee un paso de 35 mm y una altura de corte igual a 1/3 del paso, es decir 11,5 mm El número de dientes es de 190, con un largo de huincha de 5,5 m y un ancho de 6". El espesor de la sierra es de 1,4 mm y el espesor de corte es de 2,8 mm; el ángulo de ataque de los dientes es de 30°.

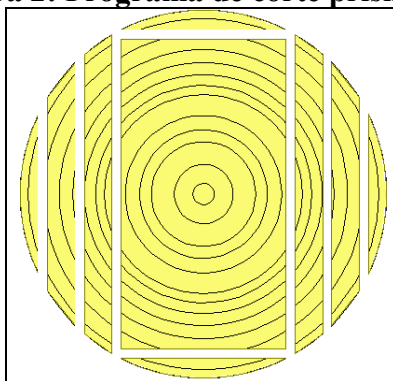
2.2. PROGRAMAS DE CORTE

Para la obtención de piezas aserradas de escuadrías determinadas, existe una serie de formas de corte en la sección transversal de la troza, llamados programas de corte, los cuales tienen una gran importancia para la utilización de las trozas. De ellos depende el porcentaje de las pérdidas de madera aserrada que se producen como tapas, lampazos, chicotes y aserrín. Los programas deben ser estudiados por cada aserradero, para así obtener el mayor rendimiento de las trozas según los objetivos de producción, tomando como referencia la cara transversal del diámetro menor, dependiendo además de los procesos tecnológicos,

maquinarias y defectos que presente la materia prima con que se abastece el aserradero (Vignote, 2006).

Existen dos programas de corte ampliamente difundidos: el programa de corte uniforme y el prismático (Figura 2), siendo el segundo el que utiliza generalmente Aserraderos CORZA S.A. variando según la conveniencia de los diámetros de trozas a procesar.

Figura 2: Programa de corte prismático



2.3. CUBICACIÓN DE LA MADERA

Para poder cuantificar el volumen de madera en trozas a procesar y madera ya aserrada, se utilizan diversos métodos de medida o reglas madereras.

El sistema utilizado por Aserraderos CORZA S.A. para poder determinar el volumen de trozas a procesar está basado en las Normas de cubicación JAS (*Japanese Agricultural Standard*), de acuerdo a la ecuación 2.1, para trozas menores a 6 metros de longitud (Cisterna e Inzunza, 2004).

$$V_{cj<6} = \frac{D^2 \times L}{10.000} \quad (2.1)$$

Donde:

$V_{cj<6}$: Volumen de la troza (m^3), cubicación JAS.

D : Diámetro menor (cm) aproximado al par inferior.

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

El cálculo de volumen sólido de madera aserrada queda expresado por la ecuación 2.2 (Cisterna e Inzunza, 2004).

$$V_{ma} = \left(\frac{E \times A \times L}{1.000.000} \right) \times N \quad (2.2)$$

Donde:

V_{ma} : Volumen de madera aserrada de una misma escuadría (m^3).

E : Espesor de la pieza (mm).

A : Ancho de la pieza (mm).

L : Largo de la pieza (m).

N : Cantidad de piezas.

2.4. RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO

El rendimiento volumétrico es un índice porcentual que indica el aprovechamiento de la madera. Específicamente para este estudio se utilizará el rendimiento de madera aserrada, expuesto en la ecuación 2.3, que cuantifica la relación entre el volumen de madera aserrada y el volumen de las trozas según la cubicación JAS (Vignote, 2006).

$$\eta = \frac{V_{ma}}{V_{ej<6}} \times 100 \quad (2.3)$$

Donde:

η : Rendimiento madera aserrada (%)

2.5. SUBPRODUCTOS GENERADOS EN EL PROCESO DE ASERRADO

Son aquellos residuos generados en el proceso de aserrado que no son madera aserrada, como tapas, lampazos, chicotes, astillas, aserrín y despuntes. En el pasado, las industrias debían pagar para poder deshacerse de estos materiales, considerados desechos, pero hoy en día estos son cada vez más apreciados en el mercado, para abastecer de materia prima los procesos productivos ya sea en la industria de celulosa, tableros o para generar energía, entre otros, presentando retornos económicos importantes para la empresa que genera estos subproductos. Del 100% de la madera en trozas, como lo muestra el Cuadro 1, en promedio se logra un rendimiento de madera aserrada del 56%; el aserrín tiene una participación del 8,5% y los

lampazos, tapas, chicotes y astillas en conjunto el 35,5% restante, con algunas variaciones porcentuales según el proceso productivo realizado (Märsta y Uppsala, 1992).

Cuadro 1: Rendimiento promedio de trozas

Madera aserrada	Aserrín	Astillas lampazos y chicotes
56%	8,5%	35,5%

Fuente: Märsta y Uppsala, 1992.

El presente proyecto se enfoca en los subproductos astillas, lampazos y chicotes. Las astillas en Aserraderos CORZA S.A. son generadas por un *chipper-canter*, cortando 2 de las 4 caras correspondientes a los lampazos de la troza. El lampazo y el chicote corresponden a la porción del canto muerto o bordes de la troza. El lampazo es una pieza con la curvatura del trozo por la cara externa y un corte recto por la cara interna, mientras que a los lados la superficie normalmente es irregular. El chicote es el listón que se obtiene del costado de las tablas y que resulta al ser procesadas por una sierra canteadora (Gutiérrez, 2004).

Las astillas son pequeños trozos de madera, resultantes del proceso de corte y astillado de troncos y ramas de árboles, y cuya utilización principal es la fabricación de celulosa. En la actualidad, Chile se ha convertido en el tercer exportador mundial de astillas. Los principales compradores de este producto son Japón, Taiwán, Estados Unidos y Corea del Sur. Dentro de estos países, Japón compra más del 90% de las astillas exportadas por Chile, con un total de 2.410.060 toneladas al año (RED MADERA Y MUEBLES, 2007).

Los valores de venta de los subproductos mencionados anteriormente para Aserraderos CORZA S.A. se exponen en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Valores de mercado de subproductos madereros

Producto	Valor
Lampazo (m ³ estéreo)	\$ 1.970
Astilla verde (m ³ estéreo)	\$ 2.970
Astilla pulpable (BDMT ^a)	US\$ 49

INFOR, 2006.

^a Bond dry metric ton.

En muchas situaciones se debe trabajar con unidades de medida no homogéneas, debido a esto, los factores deben ser transformados a las mismas magnitudes, para poder así obtener resultados coherentes. Para ello en este estudio se utilizaron los factores de conversión expuestos en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Factores de conversión

1 m ³ estéreo de astillas*	equivale a: 0,4 m ³ ssc ^b
1 BDMT* de astillas	equivale a: 2,17 m ³ ssc
1 m ³ estéreos de lampazos**	equivale a: 0,7 m ³ ssc

*RELACIÓN MADERA-PRODUCTO, 2002; **COORFOR, 2004.

2.6. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ASTILLAS PULPABLES

En el proceso de producción de astillas pulpables es fundamental la calidad con que estas se entregan al cliente, debido a que condiciona el precio de venta y, por lo tanto, la viabilidad del negocio. Las principales características a considerar son el tamaño, forma geométrica de las astillas, y la no presencia de impurezas, tales como corteza, tierra, plástico, etc. También son importantes algunas propiedades físicas de la madera, como la densidad básica ($d_{o,g}$) (ecuación 2.4), el porcentaje de contenido de humedad (CH) (ecuación 2.5) y el ataque biológico de hongos cromógenos y de pudrición (Triviño, 2005).

$$d_{o,g} = \frac{W_o}{V_g} \tag{2.4}$$

Donde:

$d_{o,g}$: Densidad básica (g/cm³).

W_o : Peso anhidro de la madera (g).

V_g : Volumen de la madera a un contenido de humedad sobre el *psf*. (cm³).

$$CH = \frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100 \tag{2.5}$$

Donde:

CH : Porcentaje de contenido de humedad de la madera (%).

W_a : Peso actual de la madera (g).

^b Madera sólida sin corteza.

2.6.1. ASTILLADOR DE DISCO

Debido a que existen numerosas configuraciones de astilladores, sólo se analizará el astillador de discos (Figura 3), que es el tipo más simple y menos costoso. El disco del astillador está armado con cuchillos, suplementos y disco de desgaste, y generalmente no supera los diez cuchillos de corte (Triviño, 2005).

El astillador es una máquina de precisión, que debe estar en perfecta condición mecánica y ajustada para producir un determinado largo, ancho y espesor de las astillas. Si se producen astillas con sobredimensiones, estas deben ser llevadas nuevamente al proceso de astillado, realimentando el flujo ó alimentando un nuevo proceso de astillado por un conducto separado. Para distinguir un astillador en malas condiciones de ajuste o desgaste, basta con observar las astillas en el harnero; si éstas son deformes, con exceso de rechazo del harnero al reastillador, significa que el astillador está con serios problemas de ajuste o desgaste. Un astillador bien ajustado y con elementos sin desgaste produce astillas con un mínimo de rechazos al reastillador, menor al 9% de las astillas producidas (Triviño, 2005).

Figura 3: Astillador de disco



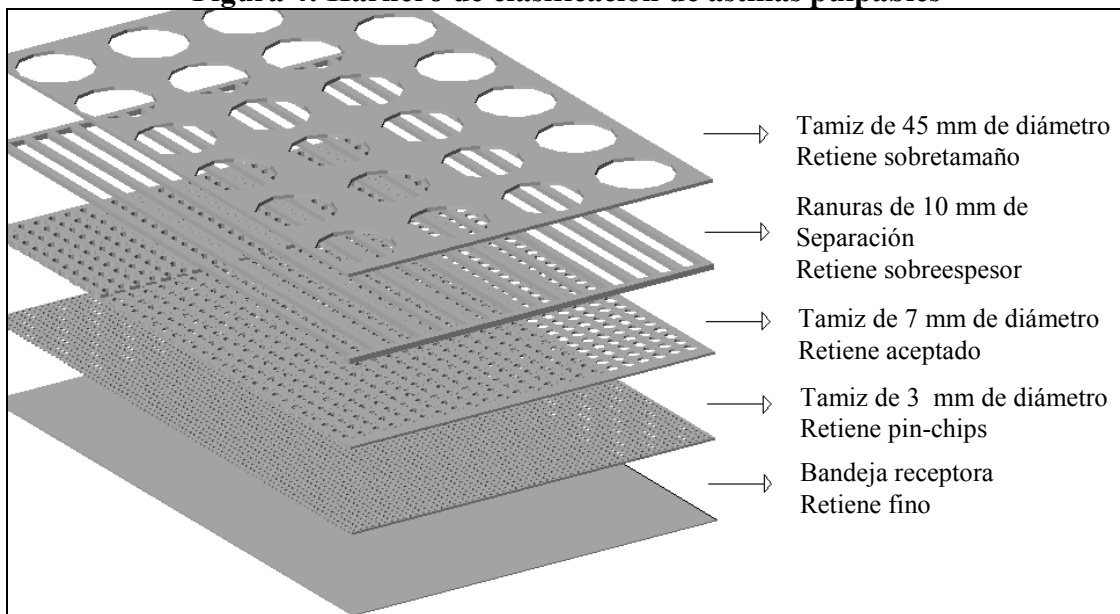
Fuente: ZANELLO FORESTAL, 2008.

2.6.2. HARNERO CLASIFICADOR

Este equipo es un conjunto de tamices que clasifica el tamaño de las astillas, dependiendo de las dimensiones y forma que tengan las perforaciones en cada tamiz. Requiere de muy poco mantenimiento, y el principal problema que se origina es que se tapen las perforaciones finas con resina o con pequeñas astillas (Triviño, 2005).

El conjunto de tamices que se debe utilizar en la clasificación de las astillas para Aserraderos CORZA S.A., es el mismo que se usa en la planta Constitución de Forestal CELCO S.A., en donde se cuenta con cuatro tamices de los siguientes *mesh*: perforaciones circulares de 45 mm de diámetro que retienen el sobretamaño; ranuras de 10 mm que retienen las astillas con sobreespesor, perforaciones circulares de 7 mm de diámetro que retienen las astillas aceptadas, perforaciones de 3 mm de diámetro que retiene los *pin-chips*, para finalizar con una bandeja sin perforaciones que retiene las partículas finas. Estos tamices son mostrados en la Figura 4 (Triviño, 2005).

Figura 4: Harnero de clasificación de astillas pulpables



2.7. EVALUACIÓN DE PROYECTOS

Cualquiera sea la idea de proyecto que se pretenda implementar, la inversión, la metodología o la tecnología por aplicar, esta conlleva necesariamente la búsqueda de proposiciones coherentes destinadas a resolver las necesidades de las personas. El proyecto surge como

respuesta a una “idea” que busca, ya sea la solución de un problema, o la forma para aprovechar una oportunidad de negocio (Muñoz, 2003).

La evaluación de proyectos es una etapa fundamental para decidir la asignación de recursos en alguna área en particular, comenzando con un estudio de prefactibilidad y un análisis de mercado; ambos nos indican de forma preeliminar si la idea de proyecto está bien encaminada. Para poder determinar correctamente y juzgar cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de un proyecto, existen diferentes herramientas de cálculo, como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el punto de equilibrio y el periodo de recuperación de la inversión (PRI), entre otros. Tales indicadores están asociados a cada proyecto, el que puede surgir, entre otras cosas, como la forma de aprovechar una oportunidad de negocio, ampliar las instalaciones de una industria, reemplazo de tecnología, creación de un nuevo producto, aprovechar un nicho de mercado, etc. (Sapag y Sapag, 2000).

Toda toma de decisiones implica un riesgo; algunas presentan un menor grado de incertidumbre y otras son altamente riesgosas. Debido a esto se deben obtener antecedentes básicos y concretos, que permitan que las decisiones se adopten con el mayor conocimiento de las variables que entran en juego, las cuales, una vez valoradas, permitirán adoptar en forma consciente las mejores decisiones posibles (Sapag y Sapag, 2000).

2.7.1. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

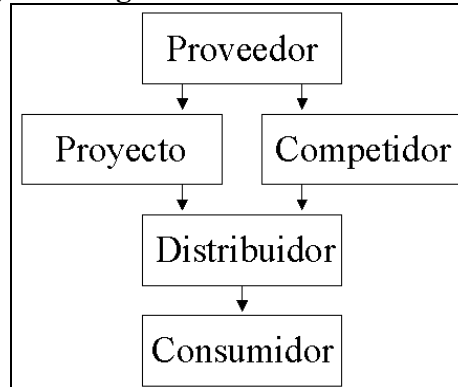
Este estudio profundiza la investigación, y se basa principalmente en información de fuentes secundarias, con cierta aproximación a las principales variables referidas al mercado, las alternativas técnicas de producción y a la capacidad financiera de los inversionistas, entre otras. En términos generales, se estiman las inversiones probables, los costos de operación y los ingresos que demandará y generará el proyecto (Sapag y Sapag, 2000).

2.7.2. ESTUDIO DE MERCADO

Por lo general se identifica con la definición del precio a que los consumidores están dispuestos a comprar y la demanda del producto, ratificar la posibilidad de colocar el producto o servicio en el mercado, conocer los canales de comercialización, y las características y ubicación de los posibles consumidores (Sapag y Sapag, 2000).

Para estudiar el mercado es necesario reconocer todos y cada uno de los agentes, con su actuación y si tendrán algún grado de influencia al definir la estrategia de comercialización. Estos agentes son los submercados: proveedor, competidor, distribuidor, consumidor y externo. Este último puede descartarse y sus variables incluirse, según corresponda, en cada uno de los cuatro anteriores relacionándose según la Figura 5 (Sapag y Sapag, 2000).

Figura 5: Agentes del estudio de mercado



Fuente: Sapag y Sapag, 2000.

2.7.3. HORIZONTE DE EVALUACIÓN

El horizonte de evaluación corresponde al período de tiempo para el cual se hará la evaluación del proyecto. Se recomienda que el horizonte de evaluación no debe superar los 20 años, y se supone que en este periodo no se producirán cambios importantes que afecten los supuestos hechos al momento de evaluar el proyecto (MIDEPLAN, 2002).

2.7.4. TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE

La incertidumbre es la posibilidad de que una cantidad sea diferente de una cantidad esperada. En este ámbito, la construcción de un modelo para la toma de decisiones consta de 5 pasos: (Sapag y Sapag, 2000).

- Identificar el criterio de selección de quien toma decisiones.
- Identificar la serie de acciones consideradas.
- Identificar la serie de eventos que pueden ocurrir.
- Asignar probabilidades para la ocurrencia de cada evento.
- Identificar la serie de resultados posibles que dependen de acciones y eventos.

2.7.5. FLUJOS DE FONDOS

La evaluación del proyecto se efectuará sobre los resultados que entregue el flujo de fondos, gracias a indicadores como el VAN y la TIR. La información básica para realizar esta proyección está contenida en los estudios de mercado, técnico, organizacional y financiero. Al proyectar el flujo de fondos, será necesario incorporar información adicional, relacionada principalmente con los efectos tributarios de la depreciación, valor residual, utilidades y pérdidas, como se estructura en el Cuadro 4 (Sapag y Sapag, 2000).

El flujo de fondos de cualquier proyecto se compone de cuatro elementos básicos: los egresos iniciales de fondos, los ingresos y egresos de operación, el momento en que ocurren estos ingresos y egresos y el valor residual del proyecto (Muñoz, 2003).

Cuadro 4: Estructura de un flujo de fondos

+	Ingresos afectos a impuestos
-	Egresos afectos a impuestos
-	Gastos no desembolsables
<hr/>	
=	Utilidad antes de impuesto
-	Impuesto
<hr/>	
=	Utilidad después de impuesto
+	Ajuste por gastos no desembolsables
-	Egresos no afectos a impuestos (inversión inicial)
+	Beneficios no afectos a impuestos
<hr/>	
=	FLUJO DE FONDOS

Fuente: Sapag y Sapag, 2000.

Los componentes del flujo de caja, expuestos en el Cuadro 4, se describen a continuación:

2.7.5.1. INGRESOS AFECTOS A IMPUESTOS

Son los ingresos esperados por la venta de los productos, lo que se calcula multiplicando el precio de cada unidad por la cantidad de unidades que se proyecta producir y vender cada año (Sapag y Sapag, 2000).

2.7.5.2. EGRESOS AFECTOS A IMPUESTOS

Comprenden los costos variables, resultantes de multiplicar el costo de fabricación unitario por las unidades producidas, el costo anual fijo de fabricación, la comisión de ventas y los gastos fijos de administración y ventas (Sapag y Sapag, 2000).

2.7.5.3. GASTOS NO DESEMBOLSABLES

Están compuestos por la depreciación, amortización de intangibles y el valor libro del activo que se vende para su reemplazo. La depreciación se obtiene al aplicar la tasa anual de depreciación a cada activo (Sapag y Sapag, 2000).

2.7.5.4. UTILIDADES ANTES DE IMPUESTO

Corresponde a la resta entre los ingresos afectos a impuestos y la suma de los egresos afectos a impuestos y los gastos no desembolsables (Sapag y Sapag, 2000).

2.7.5.5. IMPUESTOS

En este caso se determina el impuesto directo, que es aquel que graba directamente a los individuos o a las empresas. En Chile se utiliza el Impuesto a la Renta de Primera Categoría (Artículo 20, Ley de Impuesto a la Renta). Este impuesto graba las rentas provenientes del capital obtenido por las empresas, con una tasa vigente del 17% a contar del 1 de enero del año 2004 (SII, 2007; Samuelson y Nordhaus, 1998).

2.7.5.6. UTILIDAD DESPUÉS DE IMPUESTO

Corresponde a la suma de las utilidades antes de impuestos menos los impuestos (Sapag y Sapag, 2000).

2.7.5.7. AJUSTE POR GASTOS NO DESEMBOLSABLES

Para anular el efecto de haber incluido gastos que no constituyan egresos de caja, se reintegra la depreciación, la amortización de intangibles y el valor libro. La razón de incluirlos primero y eliminarlos después obedece a la importancia de incorporar el efecto tributario que estas cuentas ocasionan a favor del proyecto (Sapag y Sapag, 2000).

2.7.5.8. EGRESOS NO AFECTOS A IMPUESTOS

Están constituidos por aquellos desembolsos que no son incorporados en el estado de resultados en el momento en que ocurren y que deben ser incluidos por ser movimientos de fondos, por ejemplo la inversión inicial (Sapag y Sapag, 2000).

2.7.5.9. BENEFICIOS NO AFECTOS A IMPUESTOS

Corresponde al valor de desecho del proyecto y la recuperación de capital de trabajo si el valor de desecho se calculó por el mecanismo de valoración de activos, ya sea contable o comercial.

En lo que se refiere a este estudio se incluirá el beneficio de incentivo a la inversión, que cita el Servicio de Impuestos Internos (SII), que incentiva la inversión de las empresas en bienes físicos del activo inmovilizado, consistente en aplicar la devolución de un 4% a la inversión en este tipo de bienes, de acuerdo a lo establecido en el artículo 33 bis de la Ley de la Renta, el cual pasa a constituir un crédito contra el impuesto de Primera Categoría de la Ley de la Renta (Contribuyentes, 2007; Sapag y Sapag, 2000).

2.7.6. TASA DE DESCUENTO

La tasa de descuento corresponde a aquella tasa que se utiliza para determinar el valor actual de los flujos futuros que genera un proyecto, y representa la rentabilidad que se le debe exigir a la inversión por renunciar a un uso alternativo de los recursos en proyectos de riesgos similares. Si en un mismo proyecto se usan diferentes tasas de descuento, podría observarse cómo cambia la decisión de elegir un proyecto o no. Una de las variables que más influyen en el resultado de la evaluación de un proyecto es la tasa de descuento empleada en la actualización de sus flujos de fondos. Aun cuando todas las restantes variables se hayan proyectado en forma adecuada, la utilización de una tasa de descuento inapropiada puede inducir un resultado errado en la evaluación. Si se considera la tasa de descuento como una función continua, el VAN disminuiría a medida que aumenta la tasa de descuento y viceversa (Muñoz, 2003).

2.7.7. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El VAN, (ecuación 2.6), es un indicador que permite determinar el valor presente de un determinado número de flujos de fondos futuros. El método, además, descuenta una determinada tasa de descuento exigida de rentabilidad para todo el período considerado. La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos, así como para la administración financiera (Muñoz, 2003).

$$VAN = \sum_{n=0}^n \frac{I_n - E_n}{(1+i)^n} \quad (2.6)$$

Donde:

I_n : Ingresos monetarios (unidades monetarias).

E_n : Egresos monetarios (unidades monetarias).

n : Número de períodos (unidades de tiempo).

i : Tasa de descuento (%).

2.7.8. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La TIR, (ecuación 2.7), está definida como la tasa de descuento a la cual el VAN es igual a cero. La TIR es una herramienta de toma de decisiones para comparar la viabilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción preferida es con la TIR más alta (Muñoz, 2003).

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_t - E_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (2.7)$$

2.7.9. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI)

El PRI tiene como objetivo determinar el número de años en que se recupera la inversión, mediante la resta sucesiva de los flujos netos anuales descontados del monto de la inversión, hasta el punto en que se iguala o sobrepasa dicha inversión. Si los flujos difieren entre periodos y se actualizan a la tasa anual exigida, se debe calcular por la suma acumulada del número de periodos que sea necesario para recuperar la inversión, como lo muestra el Cuadro 5 (Sapag y Sapag, 2000).

Cuadro 5: Metodología de cálculo del PRI

Periodo N°	Flujo anual	Flujo actualizado	Flujo acumulado	Valor inversión	Decisión
1	a	a'	a'	a' + b' + c'	seguir próximo periodo
2	b	b'	a' + b'	a' + b' + c'	seguir próximo periodo
3	c	c'	a' + b' + c'	a' + b' + c'	PRI
⋮	⋮	⋮	⋮		
n	j	j'	J'		

Fuente: Sapag y Sapag, 2000.

2.7.10. PUNTO DE EQUILIBRIO

Es el volumen de ventas que permite cubrir los costos, tanto fijos como variables; es decir, es donde los ingresos totales y los costos totales son iguales, logrando que el beneficio sea igual a cero (Figura 6). Este cálculo es útil para conocer el nivel mínimo de ventas que permite obtener beneficios y recuperar la inversión. Se expresa en unidades monetarias, según la ecuación 2.8, y en unidades de producción, según la ecuación 2.9 (Van Harne y Wachowicz, 1992).

$$I_{eq} = \frac{C_f}{\frac{P_u - C_{vu}}{P_u}} \quad (2.8)$$

$$Q_{eq} = \frac{C_f}{P_u - C_{vu}} \quad (2.9)$$

Donde:

I_{eq}: Ingreso de equilibrio (unidades monetarias).

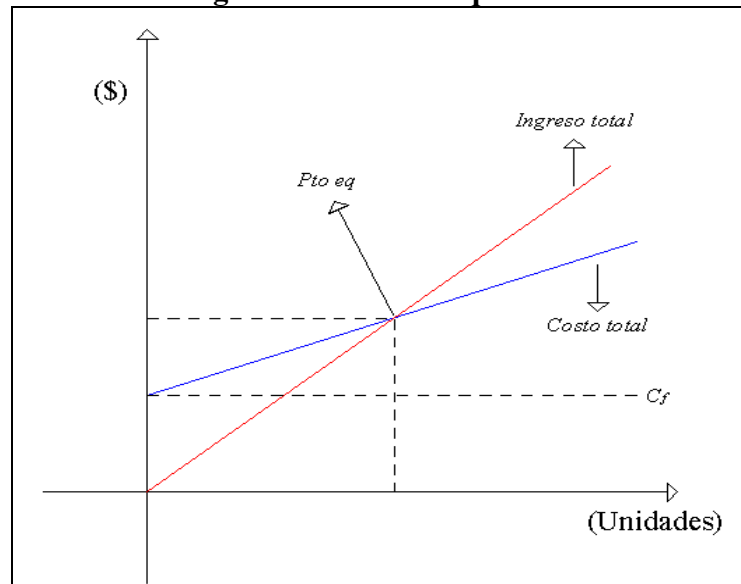
Q_{eq}: Cantidad de equilibrio (unidades de producción)

C_f: Costo fijo total (unidades monetarias).

C_{vu}: Costo variable unitario (unidades monetarias).

P_u: Precio por unidad (unidades monetarias).

Figura 6: Punto de equilibrio



Fuente: Van Harne y Wachowicz, 1992.

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. MATERIALES

3.1.1. MADERA

Se utilizó madera verde de Pino radiata (*Pinus radiata* D. DON), en tablas, para la determinación de las propiedades físicas densidad básica y contenido de humedad; astillas para determinar calidad y volumen y lampazos y chicotes para determinar los factores de conversión y volumen, proyectado a la producción de astillas pulpables. Todo lo anterior procesado en Aserraderos CORZA S.A., VIII Región del Bío-Bío, Chile.

3.1.2. MAQUINARIA, EQUIPOS Y ACCESORIOS

- Huincha métrica de 7,5 m, precisión 1,0 mm.
- Pie de metro, precisión de 0,05 mm.
- Balanza digital, precisión de 0,01 g.
- Estufa eléctrica.
- Estanque cilíndrico de 30 cm de diámetro y 60 cm de profundidad.
- Sierra circular trozadora.
- Reactivos: Hidróxido de sodio (NaOH) y Ácido acético (CH₃COOH).
- Matraces de volúmenes 100 ml, 200 ml, 500 ml y 1.000 ml.

3.1.3. INFORMACIÓN

Registro de ingreso de trozas y venta de los subproductos astillas verdes, lampazos y chicotes, para el periodo junio a diciembre del año 2006, en Aserraderos CORZA S.A.

3.2. MÉTODO

El método seguido para cumplir los objetivos indicados anteriormente ha sido subdividido en siete etapas, las que se describen a continuación.

3.2.1. ACTIVIDAD 1: CONDICIONES ACTUALES Y PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA

Análisis de las condiciones actuales con que cuenta Aserraderos CORZA S.A. para una eventual puesta en marcha del proyecto. Junto a lo anterior, se realizó un estudio de prefactibilidad, que en términos generales, estima los costos e ingresos de operación; alternativas de mercado y técnicas de producción; inversiones en infraestructura y maquinaria, entre otras, que demandaría y generaría el proyecto. Además, se hizo una caracterización del mercado nacional, en donde se exponen las tendencias referidas a la comercialización y producción de astillas pulpables y los productos relacionados con éstas.

3.2.2. ACTIVIDAD 2: DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES DE MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE ASTILLAS PULPABLES

Determinación del volumen estéreo de astillas, lampazos y chicotes que se generaron en el área de aserrado durante el periodo junio a diciembre del año 2006. Esto se realizó mediante la recolección de información de volúmenes de venta de estos subproductos durante los meses de estudio, proveniente del departamento de recepción y despacho, de Aserraderos CORZA S.A. Para obtener el retorno económico por concepto de la venta de estos tres subproductos, se multiplicó el valor actual de venta que presentan éstos por el volumen estéreo generado durante los meses en estudio.

3.2.3. ACTIVIDAD 3: TRANSFORMACIÓN DE VOLUMEN ESTÉREO DE SUBPRODUCTOS A VOLUMEN SÓLIDO

Transformación teórica del volumen estéreo de astillas producidas mensualmente en el *chipper-canter* a volumen sólido de madera. Esto se realizó multiplicando el factor de conversión F_{ast_ver} , según el portal de internet RELACIÓN MADERA-PRODUCTO (2002), por el volumen estéreo de venta de astillas en el mes correspondiente.

$$F_{ast_ver} : 1 m^3 ssc = 2,5 m^3 \text{ estéreo de astillas}$$

La determinación del volumen sólido de madera que se genera mensualmente en forma de lampazos y chicotes no se puede realizar en forma directa, debido a la no uniformidad en su geometría, como se muestra en la Figura 7, además de la falta de rigurosidad en la cubicación de estos subproductos, al no existir en esta empresa las herramientas ni métodos apropiados para tal determinación.

Figura 7: Lampazos y chicotes en camión de despacho



En consideración a lo anterior, se debió realizar un estudio del factor de conversión de lampazos y chicotes más apropiado para Aserraderos CORZA S.A., por lo cual el volumen sólido de lampazos y chicotes generado durante los meses de junio a diciembre de 2006, se determinó como un promedio de cuatro factores de conversión (F_a , F_b , F_c y F_d), los que se indican a continuación.

- a. Factor de conversión de volumen de lampazos y chicotes estéreo a volumen sólido (F_a) según COORFOR (2004).

$$F_a : 1 m^3 ssc = 1,42 m^3 \text{ estéreos de lampazos}$$

- b. Factor de conversión derivado de la comparación entre el volumen de un grupo de probetas, determinado por el método de desplazamiento de agua (principio de Arquímedes) y el volumen estéreo de las mismas probetas. Este estudio se realizó utilizando siete grupos de probetas de lampazos y chicotes de dimensiones homogéneas, saturadas en agua, a las cuales se les determinó el volumen sólido sumergiéndolas en un recipiente con agua, para luego determinar el desplazamiento de agua según el principio de Arquímedes. Luego se determinó al mismo conjunto de probetas el volumen estéreo. El factor de conversión se calculó según la ecuación 3.1.

$$F_b = \frac{V_{ad}}{V_{epi}} \quad (3.1)$$

Donde:

F_b : Factor de conversión por el principio de Arquímedes.

V_{ad} : Volumen de agua desplazada (cm³).

V_{epi} : Volumen estéreo del conjunto de probetas de lampazos y chicotes (cm³).

- c. Factor de conversión por resta entre el volumen sólido de trozas a aserrar y volumen sólido de madera aserrada, aserrín y astillas verdes, dando como resultado el volumen estimado sólido de lampazos y chicotes, dividido por el volumen estéreo de venta de lampazos y chicotes, según la ecuación 3.2.

$$F_c = \frac{V_{st} - V_{ma} - V_{sast} - V_{sase}}{V_{ei}} \quad (3.2)$$

Donde:

F_c : Factor de conversión por volumen residual.

V_{st} : Volumen sólido mensual de las trozas a aserrar (m³).

V_{ma} : Volumen de madera aserrada (m³).

V_{sast} : Volumen sólido mensual de astillas (m³).

V_{sase} : Volumen sólido mensual de aserrín (m³).

V_{ei} : Volumen estéreo mensual de lampazos y chicotes (m³).

- d. En el programa computacional *Autocad 2005*, se realizó una simulación de programas de corte en tres dimensiones para las clases diamétricas de las trozas procesadas en

Aserraderos CORZA S.A., entre los diámetros de 140 mm a 440 mm (Apéndices 6, 7 y 8), que corresponde al 97,8% del volumen total procesado durante los meses en estudio. De esta forma se pudo determinar directamente el volumen sólido de lampazos y chicotes, volumen que entrega este programa computacional, para luego multiplicar el volumen sólido de lampazos y chicotes por la cantidad de trozos procesados correspondiente a cada diámetro. Para la determinación de este factor de conversión, se dividió el volumen sólido obtenido por el volumen estéreo vendido en el mes correspondiente, según la ecuación 3.3.

$$F_d = \frac{\sum_{V_{lcd}=140\phi}^{440\phi} (V_{lcd} \times N_{tpd})}{V_{el}} \quad (3.3)$$

Donde:

F_d : Factor de conversión por *Autocad 2005*.

V_{lcd} : Volumen sólido de lampazos y chicotes por clase diamétrica a partir de 140 mm hasta 440 mm (m³).

N_{tpd} : Número de trozas por diámetros procesadas mensualmente.

Obtenidos los cuatro factores de conversión (F_a , F_b , F_c y F_d), se utilizó el promedio entre estos (F_{cl}), para determinar el volumen sólido que se genera por concepto de lampazos y chicotes en Aserraderos CORZA S.A., según la ecuación 3.4.

$$F_{cl} = \frac{F_a + F_b + F_c + F_d}{4} \quad (3.4)$$

3.2.4. ACTIVIDAD 4: TRANSFORMACIÓN DE VOLUMENES DE SUBPRODUCTOS A TONELADAS DE ASTILLAS

La transformación del volumen sólido de astillas, lampazos y chicotes en astillas pulpables, en la unidad de comercialización BDMT, se realizó utilizando el factor de conversión citado en el documento “Control de calidad en la producción de astillas” según COORFOR (2004), expuesto en el Cuadro 3 (capítulo de Revisión bibliográfica).

Para la realización del estudio, de los siete meses considerados se utilizó un promedio para el cálculo de la producción de astillas pulpables en la unidad BDMT.

3.2.5. ACTIVIDAD 5: EXIGENCIAS DE CALIDAD PARA ASTILLAS PULPABLES

Obtenido el tonelaje de astillas que se generó, se procedió a la determinación de las características de calidad exigidas por el receptor de las astillas pulpables, las cuales se dividen en conceptos de rechazo y de castigo del precio. Estas astillas verdes fueron recolectadas de forma aleatoria en el proceso de canteado realizado por el *chipper-canter*; el volumen recolectado fue de 5 kg aproximadamente.

Los factores de rechazo y castigo del precio de las astillas pulpables expuestos en este estudio son una combinación entre los siguientes cuatro controles de calidad utilizados por Triviño (2005) expuestos en el “Manual de astillado”, por FORESTAL MININCO S.A. (2004) citados en el documento “Madera pulpable”; por información publicada en el portal de Internet INFOMADERA (2006) en el documento “Influencia del almacenamiento en la calidad de astillas de Pino radiata”, y por COORFOR (2004) en el documento “Control de calidad en la producción de astillas”.

Los factores de rechazo de las astillas pulpables son:

1. Presencia de hongos cromógenos (principalmente mancha azul).
2. Presencia de contaminantes, tales como arena, tierra, plásticos, piedrecillas u otras.
3. Contenido de corteza debe ser $\leq 1\%$ del peso total para su aceptación.
4. Solubilidad en NaOH al 1% p/v de concentración, al que debe ser $< 15\%$ para su aceptación.

A la muestra recolectada aleatoriamente de astillas verdes, aproximadamente 5 kg, se aplicaron los factores de rechazo según se indica a continuación:

- Los factores de rechazo 1, 2 y 3 fueron determinados según un análisis visual, y las astillas con biodeterioro, contaminantes y restos de corteza fueron apartadas en forma manual, mientras que el factor 4 fue determinado según norma TAPPI 212 om-88.

Los factores de castigo del precio de las astillas pulpables están dados en la ecuación 3.5.

$$V_{ast} = V_{astm} \times F'_d \times F'_h \times F'_a \times F'_{f+pc} \quad (3.5)$$

Donde:

V_{ast} : Valor de mercado de astillas pulpables BDMT (US\$).

V_{astm} : Valor astilla nominal de mercado BDMT (US\$).

F'_d : Factor de densidad básica.

F'_h : Factor de humedad en base a peso verde.

F'_a : Factor de aceptación de tamaño.

F'_{f+pc} : Factor de fino más pin-chips relacionado al tamaño.

Los factores de castigo del precio de las astillas pulpables fueron calculados bajo los criterios expuestos en el documento “Especificaciones de astillas” según la empresa FORESTAL CELCO S.A. (2001), expuestos en los Cuadros 6 al 9, los cuales son:

- Factor de densidad básica, (F'_d):

Cuadro 6: Rango de densidad

Si: $d_{o,g}$	< 0,385 g/cm ³	=>	$F'_d = 0,8$
Si: $d_{o,g}$	0,385 a 0,396 g/cm ³	=>	$F'_d = 0,9$
Si: $d_{o,g}$	> 0,396 g/cm ³	=>	$F'_d = 1$

- Factor de humedad en base a peso verde (F'_h):

Cuadro 7: Factor de humedad en base a peso verde

Si: CH	≤ 40 %	=>	$F'_h =$ según ecuación 3.6
Si: CH	> 40%	=>	$F'_h = 1$

$$F'_h = \frac{100 - 5 \times (40 - CH)}{100} \quad (3.6)$$

La densidad ($d_{o,g}$) y el contenido de humedad (CH) fueron determinados según la ecuación 2.4 y 2.5 respectivamente (capítulo de Revisión bibliográfica). Estas propiedades físicas de la madera fueron evaluadas como un promedio de 200 repeticiones en probetas de 2 cm x 2 cm x 10 cm en estado verde de madera lateral, tomadas en forma aleatoria de la planta de Aserraderos CORZA S.A.

- Factor de aceptación por tamaño (F'_a):

Cuadro 8: Factor de aceptación por tamaño

Si: <i>Aceptado</i>	$\leq 70\%$	\Rightarrow	$F'_a = 0,5$
Si: <i>Aceptado</i>	71 a 80%	\Rightarrow	$F'_a = 0,8$
Si: <i>Aceptado</i>	81 a 87%	\Rightarrow	$F'_a =$ según ecuación 3.7
Si: <i>Aceptado</i>	$> 87\%$	\Rightarrow	$F'_a = 1$

$$F'_a = \frac{100 - (87 - \text{Aceptado})}{100} \quad (3.7)$$

- Factor de fino más *pin-chips* relacionado al tamaño (F'_{f+pc}):

Cuadro 9: Factor por porcentaje de fino y *pin-chips*

Si: Fino + <i>pin-chips</i>	$< 5\%$	\Rightarrow	$F'_{f+pc} = 1$
Si: Fino + <i>pin-chips</i>	$\geq 5\%$	\Rightarrow	F'_{f+pc} según ecuación 3.8

$$F'_{f+pc} = 1 - \left(\frac{\% \text{ fino} + \% \text{ pin-chips} - 5}{100} \right) \quad (3.8)$$

Los valores de los factores F'_a y F'_{f+pc} fueron determinados utilizando tamices de *mesh* según se muestra en la Figura 3 (capítulo de Revisión bibliográfica), determinando la presencia porcentual de cada tamaño (fino y *pin-chip*) en una muestra analizada, tomada al azar, de aproximadamente 5 Kg de astillas producidas por el *chipper-canter* de Aserraderos CORZA S.A.

3.2.6. ACTIVIDAD 6: CONFECCIÓN DE *LAY-OUT* Y FLUJO DE PRODUCCIÓN

Realizados los estudios y determinaciones de volúmenes a producir y calidad de las astillas, de acuerdo a las condiciones actuales de infraestructura, se realizó un *Lay-out* que no perjudique los procesos de transformación prioritarios para la empresa, según medición del área de aserrado actual de Aserraderos CORZA S.A. en forma manual con huincha métrica. También se realizó un flujo de producción, según un diagrama eficiente y de máximo rendimiento posible para el proceso de producción de astilladas pulpables.

3.2.7. ACTIVIDAD 7: ESTUDIO ECONÓMICO

Contando ya con la estimación de volúmenes de materia prima a procesar y maquinaria a utilizar, entre otros importantes factores, se debió determinar la viabilidad del estudio, lo que se realizó mediante una evaluación económica del proyecto, utilizando las herramientas de cálculo y parámetros de estudio que se presentan a continuación:

- Realización de un flujo de fondos, según un horizonte de evaluación determinado por la empresa, utilizando valores económicos citados por el Boletín Forestal N°116 publicado por INFOR (2006); valores acordados de compra y venta de insumos para Aserraderos CORZA S.A. y presupuestos de infraestructura y maquinaria.
- Estimación de la proyección del tipo de cambio del dólar para los próximos años de evaluación del proyecto, y determinación de la probabilidad de ocurrencia de la variable crítica e independiente del proceso, que es el tonelaje de producción de astillas. Con esto se determinó el VAN, con la tasa de descuento exigida por Aserraderos CORZA S.A., y la TIR, lo que permitió determinar la viabilidad económica del proyecto. Esta etapa del estudio finalizó con el cálculo del punto de equilibrio de producción.

La utilidad por concepto del giro del proyecto se determinó según los siguientes puntos.

- Ingresos:

- Los ingresos, que corresponden al giro en particular del proyecto, fueron calculados según la multiplicación entre el resultado de la ecuación 3.5 y el tonelaje promedio de producción mensual de astillas pulpables.
- Otro ingreso importante que se genera es la venta de la maquinaria por su valor residual, utilizando una depreciación lineal a 15 años a un horizonte de evaluación de 8 años.

- Egresos:

- Los costos de materia prima se determinaron según el costo alternativo de los subproductos, de acuerdo a un promedio de venta mensual entre los meses de junio a diciembre del año 2006, de astillas, lampazos y chicotes.

- El sueldo del operador se determinó según un sueldo y un bono de producción promedio del área de aserrado de esta planta, información entregada por el área de gerencia de Aserraderos CORZA S.A.
- El costo de la utilización de la grúa fue determinado por un estudio de tiempo de utilización por actividad, realizado por el jefe del área de aserrado, ligado con el costo total mensual del uso de esta máquina en la actualidad, asumiendo que trabaja en forma similar en la actualidad como al realizar el proyecto.
- En cuanto al costo de mantención, se asumió un costo del 1% mensual de la inversión original.
- El costo de transporte entre las comunas de Coronel hasta Arauco fue determinado según la ecuación 3.9.

$$C_t = T_m \times F_{BDMT \text{ a } m^3 \text{ ssc}} \times C_{m^3} \times F_{m^3 \text{ ssc} \text{ a astilla estereo}} \quad (3.9)$$

Donde:

C_t : Costo de transporte de astillas pulpables (\$).

T_m : Toneladas producidas promedio mensual (Ton).

$F_{BDMT \text{ a } ssc}$: Factor de conversión de 1 BDMT a m^3 ssc (m^3 /Ton).

C_{m^3} : Costo de transporte de m^3 estéreos de astillas ($\$/m^3$).

$F_{m^3 \text{ ssc} \text{ a astillas estéreos}}$: Factor de conversión de m^3 ssc a volumen estéreo de astillas (m^3 estéreo/ m^3 ssc).

El costo de transporte fue determinado por la empresa COMERCIAL CALLE-CALLE Ltda., asumiendo que la producción de astillas será vendida en la planta de FORESTAL CELCO S.A., ubicada en esta localidad de Arauco, en la VIII Región.

- El costo de energía fue determinado según la ecuación 3.10.

$$C_{energía} = \frac{V \times \cos(\phi) \times A \times \sqrt{3} \times h \times d \times C_{kw/h}}{1.000} \quad (3.10)$$

Donde:

$C_{energía}$: Costo de energía mensual (\$).

V : Voltaje máquina de motor de corriente trifásica (V).

$\cos(\theta)$: Factor de potencia.

A : Amperaje (A).

h : Horas por jornada diaria.

d : Días trabajados mensuales.

$C_{kw/h}$: Costo de kilowatts por hora (\$).

La determinación de los parámetros del costo de la energía son: $V= 360$ Volts; el $\cos(\theta)$ y el amperaje es determinado asumiendo un comportamiento similar en un motor de una máquina trituradora de madera utilizada en Aserraderos CORZA S.A.; el costo de la energía corresponde al valor, en la VIII Región del Bío-Bío, publicado por el SISTEMA INTERCONECTADO CENTRAL (SIC, 2007), y se asumirá una jornada de trabajo diaria de 8 horas y un mes de 20 días hábiles.

- Se consideró un egreso por costos generales de administración, que se determinó por el criterio de la capacidad de potencia instalada en toda la planta en relación a la potencia instalada que presentará esta nueva área de proceso, logrando un factor que se multiplicará por el total de las liquidaciones correspondientes al área administrativa, según sueldos de mercado a los cargos correspondientes.
- Se utilizó un ítem de costos “Otros” por egresos no considerados en el estudio, que es del orden del 10% del valor de los ingresos anuales.

Determinados los ingresos y egresos afectos a impuestos, se solicitaron presupuestos correspondientes a la implementación del centro de producción de astillas pulpables, para luego determinar los gastos no desembolsables, según una depreciación lineal a un plazo de 15 años.

Los ítems que componen el flujo de fondos son los indicados en el Cuadro 4 (capítulo de Revisión bibliográfica), los que son explicados a continuación:

- La utilidad antes de impuestos corresponde a la suma de los ingresos afectos a impuestos, menos los egresos afectos a impuestos y gastos no desembolsables.

- Se determinó el valor del impuesto a la renta de primera categoría según el punto 2.7.5.5 (capítulo de Revisión bibliográfica).
- La utilidad después de impuesto se determinó como la utilidad antes de impuestos menos los impuestos a la renta de primera categoría.
- Realizado lo anterior, se debe reingresar al flujo los gastos no desembolsables, correspondiendo este ajuste por gastos no desembolsables a la depreciación de la implementación del centro de producción de astillas pulpables.
- Los beneficios no afectos a impuestos fueron determinados de acuerdo a lo citado en el punto 2.7.5.9 (capítulo de Revisión bibliográfica), que indica la devolución del 4% por concepto de compra de activos en el año 1 del flujo, más la venta del activo a su valor residual a un plazo de 8 años según el horizonte de evaluación.

Una vez realizadas las actividades indicadas en los puntos precedentes, se determinó el flujo del proyecto en los años establecidos según el horizonte de evaluación. Los criterios de evaluación, VAN y TIR, fueron calculados utilizando las “*Funciones financieras*” disponibles en el programa computacional *Microsoft Office Excel*, determinando así la viabilidad económica del proyecto, finalizando con el cálculo del PRI según el Cuadro 5 (capítulo de Revisión bibliográfica), y el Punto de equilibrio de producción, según la Figura 7 (capítulo de Revisión bibliográfica).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 1

4.1.1. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

4.1.1.1. SITUACIÓN ACTUAL DE ASERRADEROS CORZA S.A.

- En la actualidad esta planta genera los subproductos astillas verdes, lampazos y chicotes, materia prima potencial para la producción de astillas pulpables.
- Cuenta con áreas no construidas adyacentes al centro de producción de madera aserrada, alcanzando una superficie aproximada de 1.500 m², aptas para la implementación de un centro de producción de astillas pulpables.
- Existe actualmente una empresa subcontratista de grúas y cargadores frontales para la carga y descarga de todos los productos y subproductos generados, lo que incluiría el transporte, tanto de la materia prima para la producción de las astillas pulpables como del producto final, a los lugares convenidos para su procesamiento y despacho, considerando los costos adicionales que se generan.
- El personal contratado por Aserraderos CORZA S.A. está capacitado en la operación de la maquinaria forestal-maderera, y dispuesto a la operación de este centro de producción de astillas pulpables.

4.1.1.2. INFORMACIÓN PREELIMINAR RESPECTO A INGRESOS Y EGRESOS

Como un antecedente al desarrollo del estudio técnico económico, se generaron los Cuadros 10, 11, 12 y 13, los que contienen información respecto a la comparación entre valoración de producción y costos en forma general y estimada, según información publicada mencionada a continuación. Estos Cuadros tienen como objetivo apoyar o desestimar en forma previa la realización del estudio, sin generar gastos de recursos innecesarios.

Cuadro 10: Ingresos por venta de subproductos generados en base a 1 m³ ssc.

<u>Astillas verdes</u>	<u>Lampazos y chicotes</u>	<u>Astillas pulpables (BDMT)</u>
\$ 7.425	\$ 2.787	\$ 10.752
1 US\$=\$530		
Contracción volumétrica 10%		

En el Cuadro 10 se compara la valorización económica generada a partir de los tres subproductos en cuestión, astillas verdes, lampazos y chicotes y astillas pulpables, obtenidas a partir de 1 m³ de madera sólida verde de Pino radiata sin corteza, utilizando los factores de conversión del Cuadro 3 (capítulo de Revisión bibliográfica) y considerando los precios de venta convenidos por Aserraderos CORZA S.A. para estos tres subproductos expuestos en el Cuadro 2 (capítulo de Revisión bibliográfica), Se observa claramente la mayor utilidad obtenible al producir astillas pulpables, sin considerar los costos que genera, con una tasa de cambio del dólar de \$530, y una contracción volumétrica del 10%, debido a que la comercialización de las astillas pulpables es en estado anhidro. En cuanto a los ingresos calculados, el de las astillas pulpables es un 44% y 285% mayor que el obtenido con astillas verdes y con lampazos y chicotes, respectivamente.

Cuadro 11: Ingreso promedio mensual de la situación actual y astillas pulpables

<u>Astillas verdes, lampazos y chicotes</u>	<u>Astillas pulpables (BDMT)</u>
\$ 2.594.165	\$ 6.594.042
1 US\$=\$530	
Contracción volumétrica 10%	

En el Cuadro 11 se observa la comparación mensual entre la valorización económica correspondiente al volumen actual de venta y la estimación del tonelaje que se generaría de las astillas pulpables, utilizando los factores de conversión del Cuadro 3 (capítulo de Revisión bibliográfica), y considerando los precios de venta convenidos por Aserraderos CORZA S.A. para estos tres subproductos expuestos en el Cuadro 2 (capítulo de Revisión bibliográfica) (en ambos valores no están considerados los costos de producción ni de inversión). Se observa que el ingreso al producir astillas pulpables es superior en un 154% al obtenido con los subproductos astillas verdes y lampazos y chicotes.

Cuadro 12: Costos de producción mensual comparando la situación actual y producción de astillas pulpables

<u>Astillas verdes , lampazos y chicotes</u>		<u>Astillas pulpables</u>	
<u>Ítem</u>	<u>Costo (\$)</u>	<u>Ítem</u>	<u>Costo (\$)</u>
Grúa	440.000	Grúa	440.000
Personal	160.000	Personal	220.000
		Energía	270.000
		Transporte	1.600.000
TOTAL	600.000	TOTAL	2.530.000

En el Cuadro 12 se observan, en forma estimada (información entregada por los distintos departamentos involucrados en cada ítem), los costos mensuales promedio que se generan para la situación actual en la venta de astillas verdes y lampazos y chicotes, versus los costos de producción de astillas pulpables. Los costos estimados que se generarían al producir sólo astillas pulpables son, en promedio mensual, del orden de 321% mayores que los correspondientes a la situación actual.

Cuadro 13: Estimación de los costos de inversión, comparando la situación actual y producción de astillas pulpables

Astillas verdes, lampazos y chicotes		Astillas pulpables	
Ítem	Costo (\$)	Ítem	Costo (\$)
-		Galpón (7 UF ^c /m ²)	7.000.000
		Maquinaria	15.000.000
TOTAL	0	TOTAL	\$ 22.000.000

En el Cuadro 13 se observa la estimación de los costos de inversión que implica las creación de un área de producción de astillas pulpables. El costo del galpón fue calculado según el valor promedio de UF/m² utilizado por Aserraderos CORZA S.A., mientras que para valorizar la maquinaria requerida se utilizó un promedio de cotizaciones de equipos de astilladores. Este ítem es uno de los puntos críticos que intervienen en el proyecto, debido a que en la actualidad, para generar los subproductos, no se necesita de un equipamiento adicional, sino que es simultáneo al proceso de aserrado, incurriéndose en un costo de \$0, mientras que la creación de un centro de proceso de astillas pulpables costaría en promedio \$22.000.000.

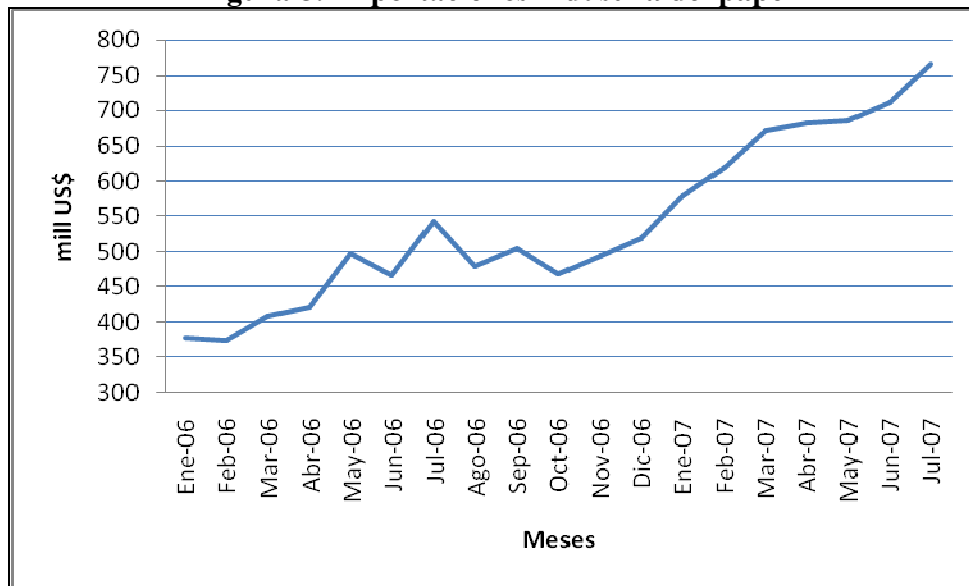
De los Cuadros 10, 11, 12 y 13 se logran observar ingresos y costos de producción, y de inversión en forma estimada, sin exponer el margen de ganancia que se puede lograr al ejecutar el proyecto, pero muestra claramente el margen positivo que se obtendría a mediano plazo al producir las astillas pulpables.

4.1.2. ESTUDIO DE MERCADO

Actualmente Chile exporta 2,6 millones de toneladas anuales de celulosa, y una vez que los proyectos en construcción estén plenamente operativos, para el año 2010, se estima que Chile exportará unos 5 millones de toneladas (PAPELNET, 2007).

^c Unidad de fomento

Figura 8: Exportaciones industria del papel



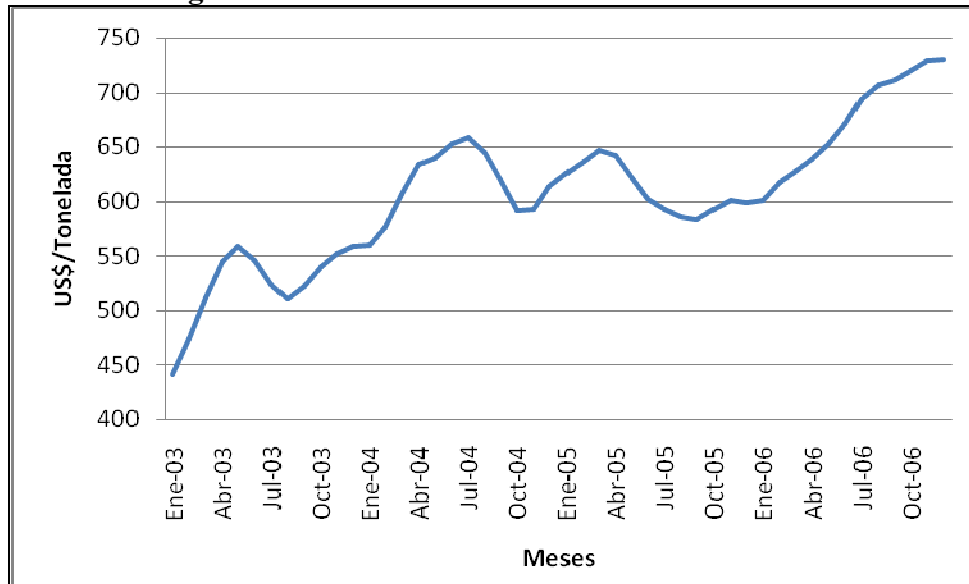
Fuente: SOFOFA, 2007

En la Figura 8 se muestra, para el periodo enero de 2006 hasta julio de 2007, los montos totales exportados en el sector de la industria del papel, sector al cual está enfocada la producción de astillas pulpables. Se observa el aumento que han experimentado las exportaciones, siendo en promedio para el año 2007 (hasta el mes de julio) del 150% con respecto al año 2006, cifras que en cierto modo apoyan la idea de desarrollar el proyecto.

Durante el periodo enero a octubre de 2006, las exportaciones de productos forestales ascendieron a 3.208,4 millones de dólares, siendo la celulosa blanqueada de fibra larga, o *Northern Bleached Softwood Kraft* (NBSK), el ítem con mayor participación, un 19,9% del total. Si bien se registró una caída en el volumen exportado, del 4,1%, el aumento en los precios de 10,9%, significó un crecimiento de 6,4% en el valor exportado (INFOR, 2006).

El año 2006 se registraron precios récord en cuanto a la celulosa NBSK. Esto se debe, según los expertos, a la lenta actividad forestal en Europa y Estados Unidos, lo que se traduce en la escasez de astillas, materia prima para la fabricación de celulosa. Los analistas señalan que los altos precios se mantendrán, pues este insumo estaría pasando un periodo de alzas, dentro de un ciclo que duraría cerca de 5 años (DIARIO FINANCIERO, 2006).

Figura 9: Precio de la tonelada de celulosa NBSK



Fuente: BANCO CENTRAL DE CHILE, 2007

En la Figura 9 se observa el aumento que ha experimentado el precio internacional de la tonelada de celulosa NBSK, en el periodo Enero 2003 a Octubre 2006, llegando incluso a valores record, lo que ha estimulado la producción de este *commodity*. En promedio, anualmente, entre los años 2003 y 2006, el precio ha aumentado anualmente un 8%.

Durante el año 2006, el precio de la celulosa experimentó un sostenido incremento, motivado principalmente por la persistente expansión de la demanda China y del resto de Asia, así como de Europa (ARAUCO S.A., 2007).

La información previamente indicada, (PAPELNET, 2007; ARAUCO S.A., 2007; SOFOFA, 2007; INFOR, 2006; DIARIO FINANCIERO, 2006 y BANCO CENTRAL DE CHILE, 2007), permite deducir que el mercado de la industria de la celulosa está en plena alza, y que se mantendrá así por varios años, siendo de real atractivo incursionar en este rubro.

A continuación se expondrán los cuatro agentes que están involucrados en el estudio de mercado, como se indica en el punto 2.8.2 (capítulo de Revisión bibliográfica), y que deben tenerse en consideración para poder iniciar un proyecto cualquiera.

4.1.2.1. PROVEEDORES

En este estudio, la materia prima para obtener astillas pulpables es generada en la misma planta (Aserraderos CORZA S.A.), utilizando los subproductos del proceso de aserrado, es decir, astillas verdes, lampazos y chicotes, por lo que se asume que no existen riesgos de abastecimiento, mientras se mantenga en operación el aserradero. Sin embargo, a efectos del proyecto, se debe poner especial atención en la calidad de las trozas que se adquieran, particularmente en su grado de biodeterioro, por constituir este un factor de rechazo de las astillas cuando su presencia supera ciertos límites.

4.1.2.2. COMPETIDORES

El mercado competidor (productores de astillas pulpables) está conformado por grandes empresas, como FORESTAL CELCO S.A. y CMPC S.A., los que se abastecen principalmente de sus propias plantaciones. A su vez, estos son también los potenciales compradores, ya que privilegian maximizar el precio de sus plantaciones, utilizándolas en otros productos con mayor valor agregado, como madera aserrada, debobinada u otros. Considerando los bajos volúmenes de producción de astillas que generaría Aserraderos CORZA S.A., y que estas grandes industrias compran astillas pulpables como materia prima para la producción de celulosa, el proyecto no correría riesgos en relación a la venta de las astillas a producir.

4.1.2.3. DISTRIBUIDORES

En este punto no existe riesgo de fracaso del proyecto, por la amplia oferta de transporte para insumos industriales en la VIII Región. Además, Aserraderos CORZA S.A. cuenta con empresas de confianza y con tarifas de mercado accesibles para realizar este servicio.

4.1.2.4. CONSUMIDOR

El mercado objetivo de las astillas pulpables, en la unidad de comercialización BDMT, es la empresa FORESTAL CELCO S.A., ubicada en la comuna de Arauco, VIII Región. El año 2006 para esta empresa fue un año de intensa actividad de producción, por la mayor demanda de madera por parte de las nuevas instalaciones industriales, la mayor competencia en el mercado y, por esto, una necesidad de continua mejora y eficiencia en la productividad.

La producción forestal para ARAUCO S.A. alcanzó los 14,2 millones de m³ de rollizos cosechados, y 3,1 millones de m³ de astillas y madera para combustible. Además, se compraron 6,7 millones de m³ de rollizos y astillas a terceros. Del total disponible de madera en trozas, 22,2 millones de m³ fueron destinados a la producción de celulosa, madera aserrada y tableros, y 1,8 millones de m³ fueron vendidos a terceros (ARAUCO S.A., 2007).

FORESTAL CELCO S.A., en su planta Horcones, ubicada en la comuna de Arauco, produce actualmente 1 millón de toneladas anuales de celulosa Kraft. Considerando un rendimiento de 50% lo anterior se traduce en un consumo de 2 millones toneladas de astillas pulpables anuales. Además se puso en marcha la planta de celulosa Nueva Aldea, en agosto del año 2006, ubicada en el complejo forestal industrial del mismo nombre, en la VIII Región, y perteneciente a la misma empresa. Esta planta, si bien no está operando a plena capacidad, llegará a producir 3 millones de toneladas anuales de celulosa Kraft blanqueada y sin blanquear (ARAUCO S.A., 2007), lo que representa un consumo de madera de seis millones de toneladas de astillas anuales (CORMA, 2008). Estos datos, junto con la información publicada por ARAUCO S.A. expuesta en el punto 4.1.2.1, ratifican que no existe riesgo de fracaso para el proyecto, dada la baja producción de astillas que generaría Aserraderos CORZA S.A., y la importante y creciente demanda de astillas pulpables en la VIII Región.

4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 2

En el Cuadro 14 se expone el consumo en m³ de madera en trozas para Aserraderos CORZA S.A., junto con la producción de madera aserrada, para el periodo junio a diciembre del año 2006.

Cuadro 14: Índices de producción de Aserraderos CORZA S.A.

	Consumo cubicación JAS (m ³)	Producción madera aserrada (m ³)	Rendimiento (%)
Jun-06	1.891	1.182	62,5
Jul-06	1.704	1.014	59,5
Ago-06	1.262	718	56,9
Sep-06	1.458	806	55,3
Oct-06	1.609	914	56,8
Nov-06	1.756	1.032	58,8
Dic-06	1.763	1.093	62,0
PROMEDIO	1.634	965	58,8

Como puede observarse en el Cuadro 14, el rendimiento promedio es de 58,8%, lo que significa que del volumen consumido de madera en trozas, el 58,8% es transformado en

madera aserrada, y el 41,2% restante origina subproductos del proceso. El rendimiento de madera aserrada es levemente mayor al rendimiento citado en el Cuadro 1 (56%) (capítulo de Revisión bibliográfica), diferencia que se puede deber al sistema de cálculo de volumen de consumo, ya que Aserraderos CORZA S.A. cubica las trozas a aserrar bajo la norma *JASS*, (según el punto 2.3, capítulo de Revisión bibliográfica), y la información citada en el Cuadro 1 no especifica la metodología de control. Además, pueden existir diferencias debidas a las características de la materia prima, la tecnología utilizada en el proceso, etc.

Del 41,2% de madera generada en subproductos, los que se distribuyen entre astillas verdes, lampazos, chicotes y aserrín, los tres primeros ítems son los que interesan en este estudio, por lo cual se determinó su volumen equivalente, para luego hacer la conversión al tonelaje correspondiente de astillas pulpables. Para estos tres subproductos, se obtuvo el volumen estéreo de venta en el período junio a diciembre de 2006 (información obtenida en el departamento de recepción y despacho de Aserraderos CORZA S.A.); dichos volúmenes son presentados en el Cuadro 15 para las astillas verdes, y Cuadro 16 en el caso de los lampazos y chicotes, para el periodo junio a diciembre del año 2006.

Cuadro 15: Volumen estéreo de venta de astillas verdes

Mes	m³ estéreo
Jun-06	492
Jul-06	411
Ago-06	177
Sep-06	402
Oct-06	275
Nov-06	174
Dic-06	253
PROMEDIO	312

El Cuadro 15 muestra los volúmenes estéreo de venta de astillas a la empresa Comercial CALLE-CALLE Ltda. durante junio a diciembre del año 2006, siendo el promedio mensual de 312 m³ estéreo. Como se observa, los meses de mayor producción de astillas son junio y julio, que son también los meses de mayor consumo de madera en trozas, y el mes de septiembre, que es el mes de menor rendimiento de madera aserrada, de acuerdo al Cuadro 14.

Cuadro 16: Volumen de venta de lampazos y chicotes

Mes	m³ estéreo
Jun-06	916,6
Jul-06	787,2
Ago-06	527,1
Sep-06	930,4
Oct-06	979,5
Nov-06	917,3
Dic-06	867,2
PROMEDIO	846,5

El Cuadro 16 muestra los volúmenes estéreo de venta de lampazos y chicotes a la empresa Comercial CALLE-CALLE Ltda. durante junio a diciembre del año 2006, siendo el promedio mensual de 846,5 m³ estéreo. Se infiere que los meses de mayor producción de lampazos y chicotes son junio, septiembre, octubre y noviembre, que son los meses con mayor consumo de madera en trozas, no teniendo relevancia el rendimiento promedio de madera aserrada entre estos meses.

La relación entre rendimiento de madera aserrada y generación de astillas verdes, lampazos y chicotes, se debe a la curvatura que pueden presentar las trozas, y al posicionamiento que realiza el operario de la sierra carro huincha, dejando la encorvadura en sentido vertical. El primer proceso de corte es el de canteado por un *chipper-canter*, generando una semibasa, y es donde se obtiene mayor volumen de madera comparado con la otra semibasa, con la cual se generan lampazos y chicotes obtenidos por el proceso de aserrado con el carro sierra huincha y sierra múltiple canteadora. Esta explicación se complementa con los diagramas mostrados en los Apéndices 6, 7 y 8, donde las piezas de color azul corresponden a la madera destinada a astillas verdes y las piezas de color rojo corresponden a lampazos y chicotes.

Para determinar los ingresos que se generan actualmente gracias a la venta de astillas verdes, lampazos y chicotes, se multiplicaron los volúmenes estéreo de los Cuadros 15 y 16 por los valores pactados entre Aserraderos CORZA S.A. y Comercial CALLE-CALLE Ltda. según el Cuadro 2 (capítulo de Revisión bibliográfica). Estos valores se exponen en los Cuadros 17 y 18 respectivamente.

Cuadro 17: Ingresos mensuales por concepto de venta de astillas verdes

Mes	m ³ estéreo	Venta mensual astillas verdes (\$) \$2.970/m ³ estéreo
Jun-06	492	1.461.240
Jul-06	411	1.220.670
Ago-06	177	525.720
Sep-06	402	1.193.940
Oct-06	275	816.750
Nov-06	174	516.780
Dic-06	253	751.410
PROMEDIO	312	926.644

En el Cuadro 17 se observan los ingresos mensuales por concepto de venta de las astillas verdes, obteniéndose como promedio \$926.644/mes.

Cuadro 18: Ingresos mensuales por concepto de venta de lampazos y chicotes

Mes	m ³ estéreo	Venta mensual lampazos y chicotes (\$) \$1.950/m ³ estéreo
Jun-06	916,6	1.805.604
Jul-06	787,2	1.550.686
Ago-06	527,1	1.038.328
Sep-06	930,4	1.832.908
Oct-06	979,5	1.929.635
Nov-06	917,3	1.807.061
Dic-06	867,2	1.708.423
PROMEDIO	846,5	1.667.521

En el Cuadro 18 se observan los ingresos mensuales por concepto de venta de lampazos y chicotes, obteniéndose como promedio \$1.667.521/mes.

De la suma de los ingresos promedio por concepto de venta de volúmenes estéreo de astillas verdes, lampazos y chicotes, se obtiene un ingreso promedio mensual de \$2.594.165.

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 3

4.3.1. FACTOR DE CONVERSIÓN DE LAMPAZOS POR INFORMACIÓN DE VENTA

Luego de cuantificar económicamente los ingresos por concepto de venta de los subproductos astillas verdes, lampazos y chicotes, el proceso siguiente a realizar fue la estimación del volumen sólido de madera correspondiente a estos subproductos, a partir de la información expuesta en los Cuadros 15 y 16, poder así determinar el tonelaje que se generaría de astillas pulpables.

En primera instancia se determinó, en forma directa, el volumen sólido correspondiente a las astillas verdes (Cuadro 19), utilizando el factor de conversión de volumen estéreo a volumen sólido sin corteza expuesto en el Cuadro 3 (capítulo de Revisión bibliográfica).

Cuadro 19: Estimación de volumen sólido correspondiente a astillas verdes

	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
Total subproductos mensual (m ³) (m ³ consumo - m ³ producción)	709,0	690,0	544,0	652,0	695,0	724,0	670,0
Aserrín (m ³) (8,5% del consumo)	160,7	144,8	107,3	123,9	136,8	149,3	149,9
<i>Astillas verdes</i> (m ³ estéreo)	492,0	411,0	177,0	402,0	275,0	174,0	253,0
<i>Astillas verdes</i> (m ³ sólidos) (40% m ³ estéreo)	196,8	164,4	70,8	160,8	110	69,6	101,2

Del Cuadro 19 se determina un promedio mensual de volumen sólido de 124,8 m³ sin corteza de astillas verdes.

En segunda instancia se obtuvo el porcentaje de madera sólida presente en el volumen estéreo de lampazos y chicotes, de acuerdo a los registros de venta de estos subproductos. Este volumen se determinó a partir del volumen sólido de consumo de madera en trozas restando el volumen sólido de madera aserrada, volumen de aserrín y volumen de astillas verdes, obteniéndose así el volumen sólido que corresponde a lampazos y chicotes. Este volumen, dividido por el volumen estéreo de venta, permite obtener el factor de conversión por concepto de ventas de este subproducto.

Cuadro 20: Porcentaje de madera sólida en volumen estéreo de lampazos y chicotes

	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
Volumen sólido de madera estimada para lampazos y chicotes (m ³) (Total subproductos-aserrín-astillas)	351,5	380,8	365,9	367,3	448,2	505,1	418,9
Venta de lampazos y chicotes (m ³ estéreo)	916,6	787,2	527,1	930,4	979,5	917,3	867,2
% de madera sólida en cubicación estéreo (m ³ sólido/m ³ estéreo)	38,3	48,4	69,4	39,5	45,8	55,1	48,3

Siguiendo con la secuencia, a partir del Cuadro 20 se determinó el volumen sólido de venta de lampazos y chicotes, gracias al volumen residual calculado, lo que da como resultado el primer factor de conversión de volumen estéreo de lampazos y chicotes a volumen sólido. Sin

embargo, como se muestra en la Figura 7 (capítulo de Materiales y Método), este factor depende de la manipulación del control de medición en el despacho de estos subproductos, no siendo de una rigurosidad que lo amerite y realizándose aproximaciones en esta operación para estimar el volumen de venta.

Por lo inferido se estima que el porcentaje de madera sólida, de acuerdo al volumen vendido de lampazos y chicotes, es en promedio 49,2%; es decir:

$$F_c : 1 m^3 \text{ estéreo} = 0,492 m^3 \text{ sólidos}$$

4.3.2. FACTOR DE CONVERSIÓN APLICANDO EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

En el Cuadro 21 se entregan los valores obtenidos del volumen estéreo y volumen desplazado de agua en siete repeticiones de un conjunto de probetas de lampazos y chicotes, simulando a escala las condiciones reales de venta de los paquetes enzunchados de estos subproductos.

Cuadro 21: Determinación del factor de conversión por el método de desplazamiento de agua de lampazos y chicotes

	Ensayo N°						
	1	2	3	4	5	6	7
Volumen estéreo de lampazos y chicotes (cm ³)	27.195	26.656	24.990	24.304	27.489	25.872	29.106
Volumen desplazado de agua (cm ³)	13.513	13.789	12.686	12.134	12.686	13.237	14.892
Factor de conversión (%)	49,7	51,7	50,8	49,9	46,1	51,2	51,2

A partir del Cuadro 21 se estima el factor de conversión para cada muestra mediante el método de desplazamiento de volumen de agua según el principio de Arquímedes. Se obtuvo como promedio que el volumen estéreo de venta de lampazos y chicotes equivale al 50% de madera sólida; es decir:

$$F_b : 1 m^3 \text{ estéreo} = 0,5 m^3 \text{ sólidos}$$

4.3.3. FACTOR DE CONVERSIÓN POR SIMULACIÓN EN AUTOCAD.

En el Cuadro 22 se entregan los valores determinados directamente por simulación de programas de corte en el software *Autocad* (Apéndices 6, 7 y 8), del volumen sólido

correspondiente a lampazos y chicotes, para las clases diamétricas entre 140 mm a 440 mm, que corresponden al 97,8% del total de trozas procesadas entre junio a diciembre del año 2006.

Cuadro 22: Determinación del factor de conversión por simulación *Autocad*

	Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
Volumen sólido de madera estimada para lampazos y chicotes (m ³)	351,5	322,1	238,5	275,6	304,1	331,9	333,2
Venta lampazos y chicotes (m ³ estéreo)	916,6	787,2	527,1	930,4	979,5	917,3	867,2
% de madera sólida en cubicación estéreo (m ³ sólido/m ³ estéreo)	38,3	40,9	45,3	29,6	31,0	36,2	38,4

En el Cuadro 22 se observa el volumen sólido determinado para chicotes y lampazos según la simulación de corte para las trozas procesadas en el área de aserrado. Para el cálculo de este factor de conversión, y teniendo presente que en el software *Autocad* se obtienen trozas perfectamente cónicas, cosa que en la realidad no ocurre, causando un aumento del rendimiento de madera aserrada, y por consiguiente disminuye el volumen sólido de subproductos, reduciendo así el factor de presencia de volumen de madera sólida en el volumen estéreo de venta de los subproductos, siendo este un “factor de castigo” para la evaluación económica.

El porcentaje en que se presenta el volumen sólido en el volumen estéreo de lampazos y chicotes es en promedio de 37,1%; es decir:

$$F_d : 1 m^3 \text{ estéreo} = 0,37 m^3 \text{ sólidos}$$

Cuadro 23: Comparación de rendimientos de madera aserrada y subproductos

Producto	% Participación	
	Simulación Autocad	Índices productivos Aserraderos CORZA S.A.
Madera aserrada (%)	63,0	58,8
Aserrín (%)	8,3	8,3
Astillas (%)	11,4	13,5
Lampazos y chicotes (%)	16,8	18,9

En la Cuadro 23 se observa la comparación entre la simulación de los programas de corte expuestos en la Apéndices 6, 7 y 8 y los rendimientos obtenidos por Aserraderos CORZA

S.A. entre los meses de junio a diciembre del año 2006. Se deduce que mientras mayor es la curvatura de las trozas, menor es el rendimiento de madera aserrada y, por lo tanto, mayor es la presencia de astillas verdes, lampazos y chicotes.

La diferencia entre los rendimientos de madera aserrada es de 4,2%, mientras que en los subproductos, la generación de aserrín se mantiene constante y la diferencia se distribuye, en partes iguales de 2,1%, para las astillas verdes y los lampazos y chicotes.

4.3.4. FACTOR PROMEDIO DE CONVERSIÓN.

En el Cuadro 24 se observa el factor promedio de conversión que se utilizó para poder determinar el volumen sólido que está presente en el volumen estéreo de venta de lampazos y chicotes.

Cuadro 24: Determinación del factor promedio de conversión de lampazos y chicotes

% Estimación venta	49,3%
% Estimación simulación <i>Autocad</i>	37,1%
% Teórico	70,0%
% Arquímedes	50,1%
PROMEDIO	51,6%

El Cuadro 24 indica que, de un 100% de volumen estéreo, el 51,6% es madera sólida; es decir:

$$F_{cl} : 1 m^3 \text{ estéreo} = 0,516 m^3 \text{ sólidos}$$

4.3.5. ESTIMACIÓN DE VOLUMEN SOLIDO SIN CORTEZA

En los Cuadros 25 y 26 se entrega información correspondiente a la determinación, en forma teórica, del volumen sólido sin corteza para astillas verdes, lampazos y chicotes respectivamente, correspondiente a los subproductos producidos por esta empresa y calculados según los factores de conversión expuestos en el Cuadro 3 (capítulo de Revisión bibliográfica) y Cuadro 24.

Cuadro 25: Transformación teórica de volumen de astillas

Mes	Volumen astillas verdes (m ³ estéreo)	Volumen madera (m ³ ssc)
Jun-06	492,0	196,8
Jul-06	411,0	164,4
Ago-06	177,0	70,8
Sep-06	402,0	160,8
Oct-06	275,0	110,0
Nov-06	174,0	69,6
Dic-06	253,0	101,2
PROMEDIO	846,5	124,8

En el Cuadro 25 se observa la transformación de volumen estéreo de astillas verdes a volumen sólido sin corteza. Como promedio mensual se obtiene 124,8 m³ de madera sólida sin corteza por concepto de venta de astillas verdes.

Cuadro 26: Transformación teórica de volumen de lampazos y chicotes

Mes	Volumen de lampazos y chicotes estéreo (m ³)	Volumen madera ssc (m ³)
Jun-06	916,6	641,6
Jul-06	787,2	551,0
Ago-06	527,1	368,9
Sep-06	930,4	651,3
Oct-06	979,5	685,7
Nov-06	917,3	642,1
Dic-06	867,2	607,1
PROMEDIO	846,5	592,5

En el Cuadro 26 se observa la transformación de volumen estéreo de lampazos y chicotes a volumen sólido. Como promedio mensual se obtiene 592,5 m³ de madera sólida sin corteza por concepto de venta de lampazos y chicotes.

4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 4

En la siguiente actividad se expondrá la estimación de la producción de astillas pulpables, en toneladas mensuales, que se generarían según las condiciones antes establecidas.

De estas astillas BDMT, se asume un rendimiento por factores de pérdidas de producción de un 95%, y una contracción volumétrica de 10% bajo la consideración de que la unidad de comercialización de astillas pulpables es en estado anhidro.

En el Cuadro 27 se observa el promedio mensual de toneladas de astillas pulpables, calculadas a partir de la transformación del volumen total ssc. a la unidad BDMT, por el factor expuesto en el Cuadro 3 (capítulo de Revisión bibliográfica).

Cuadro 27: Estimación del tonelaje promedio mensual a producir

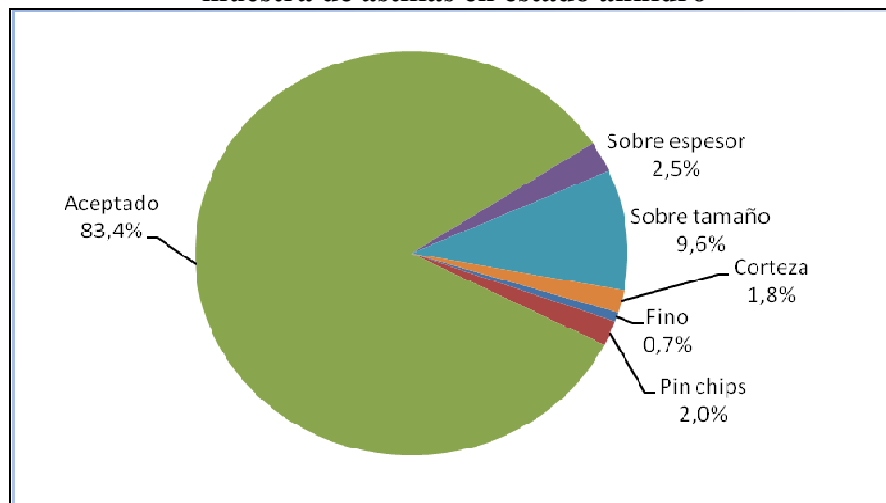
Mes	m ³ totales ssc	Astillas pulpables BDMT
Jun-06	838,39	329,7
Jul-06	715,41	281,4
Ago-06	439,75	173,0
Sep-06	812,09	319,4
Oct-06	795,66	312,9
Nov-06	711,70	279,9
Dic-06	708,25	278,6
PROMEDIO	717,32	282,1

En el Cuadro 27 se observa el tonelaje promedio mensual que se produciría de astillas pulpables por concepto de la transformación de los subproductos astillas verdes, lampazos y chicotes, dando como promedio mensual 282,1 BDMT.

4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 5

La muestra aleatoria de astillas verdes recolectadas durante el proceso de canteado, generadas por la máquina *chipper-canter*, fue clasificada por tamaño según se indica en el punto 2.7.2 (capítulo de Revisión bibliográfica), y se midió el porcentaje de corteza presente. La muestra se llevo en estado anhidro, y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 10.

Figura 10: Porcentaje de participación por tamaño y participación de corteza en la muestra de astillas en estado anhidro



De la clasificación representada en la Figura 10, la categoría sobretamaño es enviada a un proceso de reastillado, en este proceso, de acuerdo a datos experimentales obtenidos en una de las plantas de Forestal CELCO S.A. (Triviño, 2005), se genera, a partir de un 100% de material reprocesado (sobretamaño y sobre espesor), un 72% de tamaño aceptado, 7%

sobretamaño y 21% entre finos y *pin-chips*. Considerando estos porcentajes y haciendo las modificaciones pertinentes a la información entregada en la Figura 10, se construyó el Cuadro 28, con los valores porcentuales finales de cada categoría en la clasificación de las astillas, incluida la presencia de corteza.

Cuadro 28: Porcentaje final de participación por tamaño y corteza

<u>Fino más pin-chips (%)</u>	<u>Aceptado (%)</u>	<u>Sobretamaño (%)</u>	<u>Corteza (%)</u>
6,9	90,5	0,8	1,8

4.5.1. FACTORES DE CASTIGO

Determinado ya el tonelaje promedio de producción mensual de astillas, el proceso siguiente a realizar es determinar los factores de castigo del precio de las astillas pulpables, obtenido a partir de la ecuación 3.5 (capítulo de Materiales y Método), en la que se exponen los 4 factores que determinan el valor final de venta. Esta ecuación, como se mencionó, corresponde a:

$$V_{ast} = V_{astm} \times F'_d \times F'_h \times F'_a \times F'_{f+pc}$$

La estimación de los distintos factores que componen la ecuación anterior se realizó como se indica a continuación:

- V_{astm} : Valor nominal de astillas pulpables. Este valor fue obtenido del Cuadro 2 (capítulo de Revisión bibliográfica), según la publicación del Boletín Forestal N°116, y corresponde a:

$$V_{astm}: \text{US\$ } 49/\text{ton}$$

- F'_d : Factor de densidad básica, determinado por la ecuación 2.4 (capítulo de Revisión bibliográfica). Según el promedio de las 200 probetas estudiadas (Apéndices 9, 10, 11 y 12) se calculó una densidad básica de $0,42 \text{ g/cm}^3$, que es superior al mínimo de $0,396 \text{ g/cm}^3$ exigido según el Cuadro 6 (capítulo de Materiales y Método), por lo que se obtiene un factor de 1, es decir:

$$F'_d = 1$$

- F'_h : Factor de humedad en base a peso verde, determinado por la ecuación 2.5 (capítulo de Revisión bibliográfica). De acuerdo al promedio de las 200 probetas estudiadas (Apéndices 9, 10, 11 y 12) se calculó un porcentaje de contenido de humedad de 57,51%, que es superior al mínimo de 40% exigido según el Cuadro 7 (capítulo de Materiales y Método), por lo que se obtiene un factor de 1, es decir:

$$F'_h = 1$$

- F'_a : Factor de aceptación de tamaño, determinado por el Cuadro 8 (capítulo de Materiales y Método), y que de acuerdo al valor indicado en el Cuadro 28 corresponde a un porcentaje de participación de astillas aceptadas del 90,5%, valor que es superior al exigido según el Cuadro 8, por lo que se obtiene un factor de 1, es decir:

$$F'_a = 1$$

- F'_{f+pc} : Factor de fino más *pin-chips* relacionado al tamaño de las astillas, determinado por la Figura 4 (capítulo de Revisión bibliográfica). De acuerdo al valor indicado en el Cuadro 28, el porcentaje de participación de finos más *pin-chips* de es 6,9% por lo que se utiliza la ecuación 4,8 para poder determinar el factor de castigo, obteniéndose así un factor de 0,98, es decir:

$$F'_{f+pc} = 0,98$$

Por lo tanto, de los factores calculados anteriormente, se obtiene el valor final de venta de las astillas pulpables (V_{ast}) particular para Aserraderos CORZA S.A, que es US\$48/BDMT, donde:

$$V_{ast} = 49 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,98$$

$$V_{ast} = \text{US\$}48$$

4.5.2. FACTORES DE RECHAZO

A continuación se revisan los factores de rechazo determinados en la muestra de astillas analizadas, los cuales son:

a) Presencia de hongos cromógenos (principalmente mancha azul).

En la actualidad Aserraderos CORZA S.A. se abastece en gran porcentaje de trozas con presencia de mancha azul, situación que deberá ser modificada si se decide implementar el centro de proceso de astillas pulpables, debido a que implica mayores costos de producción de la celulosa blanqueada, por lo que astillas manchadas no son aceptadas.

b) Presencia de contaminantes, tales como arena, tierra, plásticos, piedrecillas u otras materias extrañas.

No se encontró presencia de contaminantes en la muestra analizada.

c) Contenido de corteza $\leq 1\%$ del peso total.

El porcentaje de corteza alcanzó el 1,8%, valor que casi duplica el máximo permitido, por lo que se deberá considerar la mejora del proceso de descortezado. Aunque el volumen a procesar es económicamente rentable para el proyecto, la alta presencia de corteza podría implicar problemas en la comercialización de las astillas pulpables, con el consiguiente riesgo para el proyecto.

d) Solubilidad de las astillas en NaOH al 1% p/v no podrá superar el 15% (Norma TAPPI 212 om-88).

Al igual que el factor de presencia de hongos cromógenos, dependerá de la materia prima que se utilice durante la operación del proyecto. El porcentaje de solubilidad en NaOH al 1% de las astillas analizadas, según Norma TAPPI 212 om-88, fue de 3,26%, valor muy por debajo del máximo permitido, por lo que no genera riesgo de fracaso al proyecto.

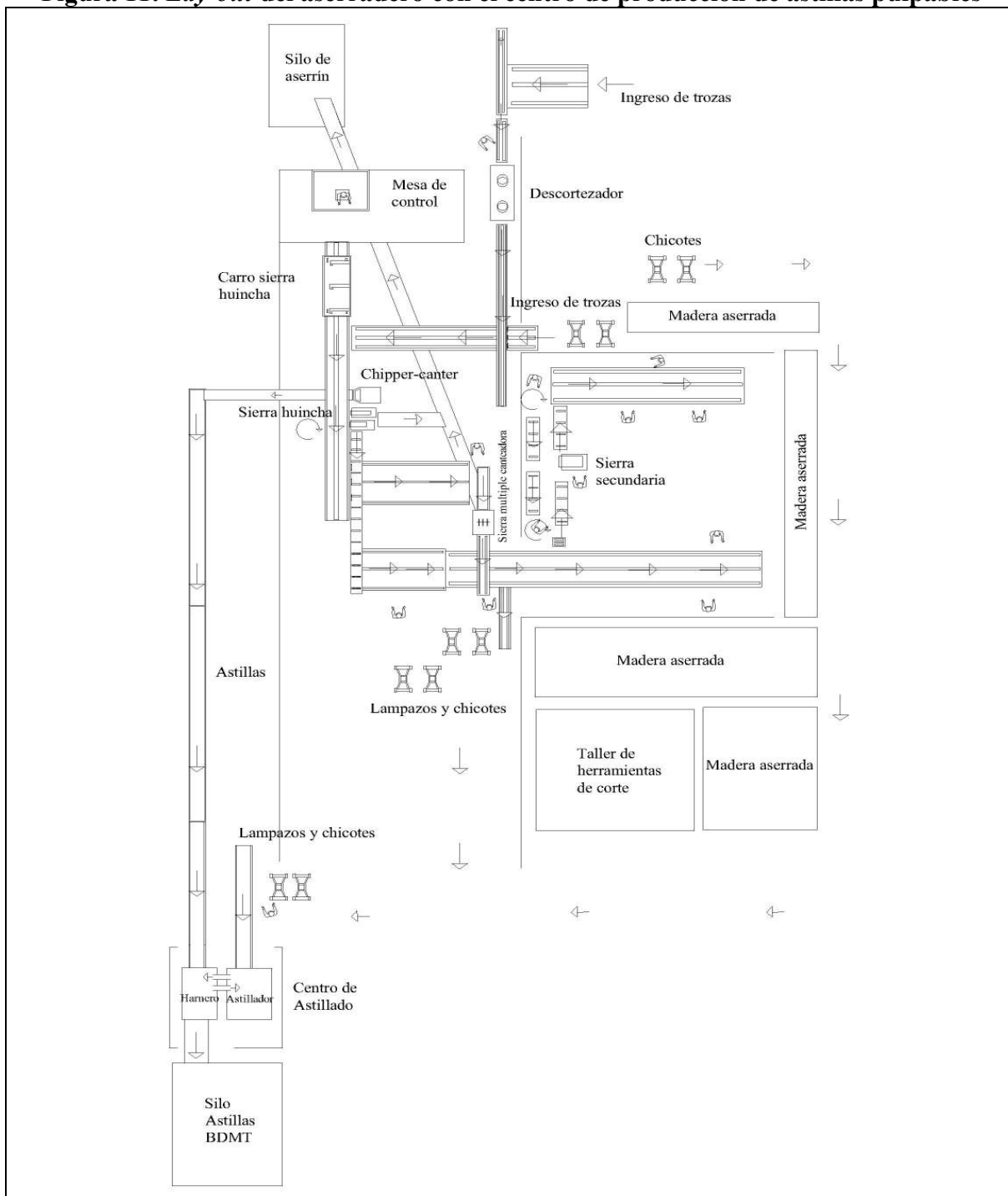
4.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 6

En la Figura 11 se presenta el *lay-out* del centro de proceso del área de aserrado en Aserraderos CORZA S.A., según el criterio de conveniencia por distancia, superficie

disponible, carga de materias primas (astillas verdes, lampazos y chicotes), descarga de astillas pulpables y contaminación acústica.

El galpón destinado para el proceso de astillado cuenta con una superficie de 49 m^2 ($7 \text{ m} \times 7 \text{ m}$), y un silo de astillas pulpables con una base de $59,5 \text{ m}^2$ ($7 \text{ m} \times 8,5 \text{ m}$).

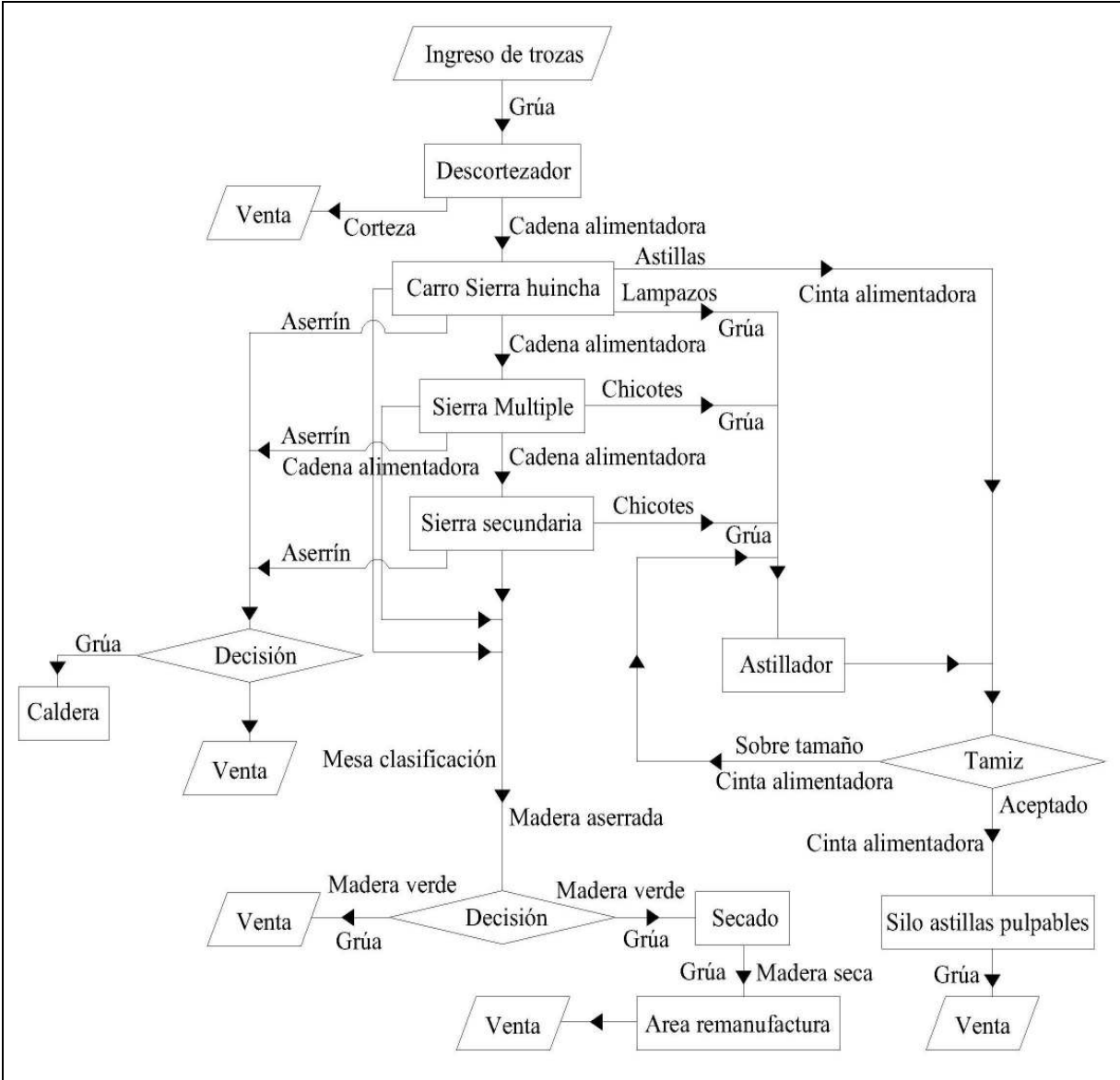
Figura 11: Lay-out del aserradero con el centro de producción de astillas pulpables



Como se muestra en la Figura 11, existe el espacio físico suficiente y adecuado para la instalación del centro de proceso de astillado, por lo que no es necesario incurrir en costos adicionales en este ítem de aprobarse el proyecto.

En la figura 12 se presenta el diagrama de procesos de Aserraderos CORZA S.A., considerando la unidad de producción de astillas pulpables como parte de este. Se incluyen las diversas etapas asociadas a la producción de astillas, es decir astillado reastillado, tamizado y venta, además de los puntos de incorporación de cada subproducto al flujo.

Figura 12: Diagrama del proceso de Aserradero CORZA S.A. considerando el centro de astillado



4.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ACTIVIDAD 7

4.7.1. TRATAMIENTO A LA INCERTIDUMBRE

Según lo expuesto en el punto 2.7.4 (capítulo de Revisión bibliográfica) se caracterizan a continuación los cinco pasos que permiten minimizar la incertidumbre en la ejecución del proyecto.

4.7.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL CRITERIO DE SELECCIÓN DE QUIEN TOMA DECISIONES

- El criterio para decidir la ejecución del proyecto dependerá quien de una comisión, integrada por la plana ejecutiva de Aserraderos CORZA S.A., compuesta por los gerentes: general, de planificación, de operaciones y de finanzas; además de los jefes del departamento de mantención y del centro de proceso de aserrado. También participará en la comisión el creador del proyecto como consultor. Cada gerente y jefe de área dará su punto de vista con los datos entregados por el generador del proyecto, según su especialidad y profesionalismo, para que luego, el gerente general pueda emitir una resolución final sobre la ejecución o no del proyecto.

En la eventualidad de que el proyecto se lleve a cabo, el centro de proceso de astillado estará a cargo del área de aserrado.

4.7.1.2. IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS CONSIDERADOS EN DISTINTOS PUNTOS DEL ESTUDIO.

A lo largo del estudio de prefactibilidad de la creación del centro de astillado, se tomaron decisiones críticas justificadas para no sobreestimar la producción de astillas, las que son expuestas a continuación:

- Se consideró un periodo de evaluación para la generación de subproductos de siete meses, junio a diciembre, considerándolo representativo de todo el año, ya que incluye los periodos de baja (invierno) y alta (verano) producción en el área de aserrado.
- Se determinó una contracción promedio volumétrica de la madera en la transformación de volumen estéreo de astillas verdes, lampazos y chicotes, a BDMT, de un 10%, para así no sobreestimar el tonelaje a producir.

- Se asumió, para el material astillado con sobretamaño, un rendimiento en el reastillado del 72% en astillas aceptadas, según la experiencia de una planta modelo del rubro en el proceso de reastillado.
- La tasa de cambio del dólar en la evaluación económica se estimó en \$530 promedio para los 8 años de horizonte del proyecto, considerando el criterio expuesto en el punto 3.2.7. (capítulo de Materiales y Método)
- El rendimiento de producción promedio mensual es de un 95%, debido a factores de pérdida en el proceso, tales como generación de finos y *pin-chips*.

4.7.1.3. IDENTIFICACIÓN DE LA SERIE DE EVENTOS QUE PUEDEN OCURRIR

- No cumplir con los valores límites en los factores de rechazo, como son el alto porcentaje de contenido de corteza y presencia de madera manchada por hongos cromógenos, que son las variables de mayor independencia por parte del proyecto.
- Que la tasa de cambio del dólar o el valor nominal de las astillas no estén a la par con el valor que fue estimado para la evaluación del proyecto.
- Variación en el crecimiento del mercado de astillas pulpables.

4.7.1.4. ASIGNACIÓN DE PROBABILIDADES PARA LA OCURRENCIA DE CADA EVENTO

La asignación del grado de probabilidad de ocurrencia de hechos críticos que pudieran presentarse en la producción de astillas pulpables es la siguiente:

- El alto porcentaje de contenido de corteza en la muestra de astillas es una variable crítica, por lo que si este porcentaje no disminuye a los límites exigidos por el control de calidad del comprador, es altamente probable la no viabilidad del proyecto.
- En cuanto a la presencia de madera atacada por hongos cromógenos, esta condición presenta una baja probabilidad de ocurrencia, siempre y cuando Aserraderos CORZA S.A. se abastezca sólo de trozas no manchadas. Cabe recordar que Aserraderos CORZA S.A. se abastece tanto de trozas como de madera aserrada para la fabricación de molduras. A esto se puede sumar una potencial alianza estratégica con la empresa ARAUCO S.A., en la que esta última se comprometa a proveer y asegurar el abastecimiento de trozas libres de mancha azul a la planta de astillado, a cambio de

que esta venda el 100% de las astillas pulpables a sus plantas de producción de celulosa.

- En relación a la tasa de cambio del dólar, se estima una baja probabilidad de ocurrencia de variaciones significativas respecto al valor estimado en el horizonte de evaluación del proyecto. Aún cuando la variación del valor de la tasa de cambio se basa principalmente en la crisis que se está generando en Estados Unidos o al alto precio que presenta el cobre producido en nuestro país, estos efectos son contrarrestados por las presiones que ejercen los exportadores al Banco Central de Chile, cuya función si bien no es fijar la tasa de cambio, toma medidas tales que indirectamente modifican esta tasa. Junto con lo anterior, el horizonte de evaluación del proyecto es de 8 años, plazo suficiente para remontar la tasa de cambio de esta divisa.
- En cuanto a posibles variaciones del precio nominal de las astillas pulpables se estima una baja probabilidad de cambio sustancial. Esto porque las astillas constituyen la materia prima para la obtención de celulosa, la que además de ser un *commodity*, es producida por un gran número de empresas, ampliando la oferta. Además, una eventual baja en el precio de las astillas pulpables tendría que estar acompañada de un alza en el costo de la materia prima necesaria para su producción, junto con la ocurrencia de otros eventos tales como una disminución importante en la tasa de cambio del dólar, para generar en conjunto un efecto negativo hacia el proyecto, lo que tiene una baja probabilidad de ocurrencia.
- Respecto a posibles variaciones en el crecimiento estimado del mercado de las astillas pulpables, se estima una baja probabilidad de ocurrencia de este evento, debido al crecimiento sostenido de las economías de diversos países, como China, India y Taiwán, lo que asegura una demanda permanente de celulosa, y por ende, de astillas pulpables.

4.7.1.5. IDENTIFICACIÓN DE LA SERIE DE RESULTADOS POSIBLES QUE DEPENDEN DE ACCIONES Y EVENTOS

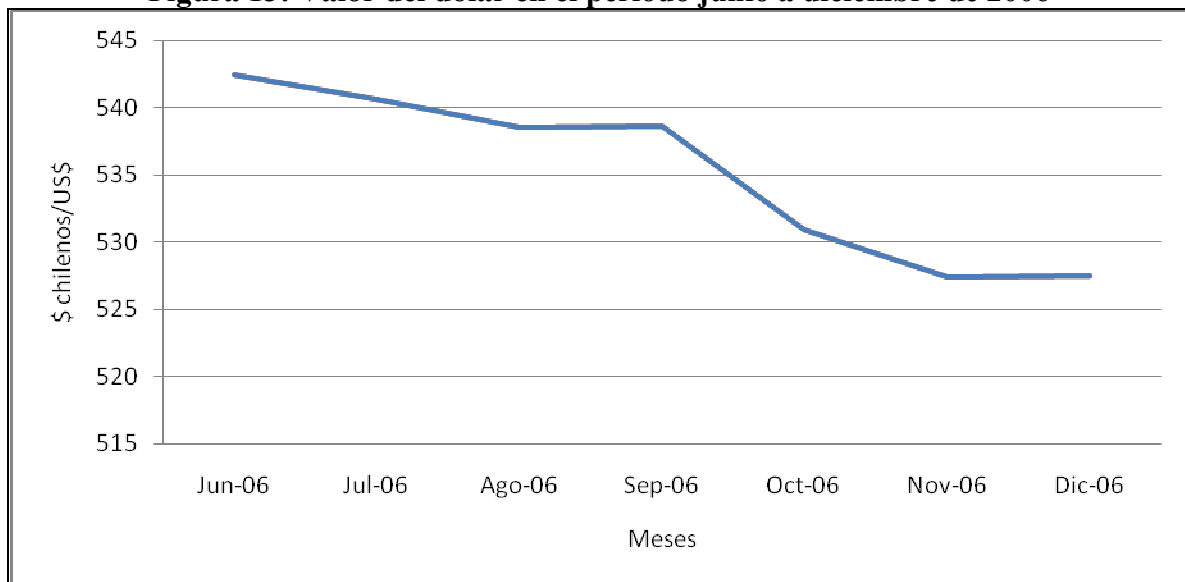
La identificación de posibles resultados que pueden ocurrir presentan las siguientes consecuencias en la ejecución del proyecto.

- La generación de astillas con un alto porcentaje de corteza o presencia de mancha azul podría implicar la no viabilidad del proyecto.
- La eventual disminución de la tasa de cambio del dólar tiene un efecto relativo sobre la utilidad final, ya que puede ser contrarrestado tanto con un aumento del precio nominal de las astillas pulpables como con un incremento del volumen de producción, generando así una disminución de los costos de producción de astillas.

4.7.2. VALOR DE TASA DE CAMBIO DEL DÓLAR

Para la determinación de la tasa de cambio del dólar se utilizó información entregada por el BANCO CENTRAL DE CHILE (Figura 13) y por la DIRECCIÓN DE PRESUPUESTOS.

Figura 13: Valor del dólar en el periodo junio a diciembre de 2006



Fuente: BANCO CENTRAL DE CHILE (2007)

La proyección realizada por la DIRECCIÓN DE PRESUPUESTOS (2007), en el documento “Fundamenta” en cuanto a la tasa de cambio del dólar para el año 2007, es de \$532/US\$. Además, el promedio de la tasa de cambio para el periodo junio a diciembre del 2006, publicado por el BANCO CENTRAL DE CHILE (2007), fue de \$527/US\$. El promedio de estos dos valores se utilizó como tasa de cambio del dólar en la evaluación del proyecto (\$530/US\$).

4.7.3. CREACIÓN DEL FLUJO DE FONDOS

Para esto se debió identificar y caracterizar los ítems que se muestran en el punto 2.7.5 (capítulo de Revisión bibliográfica), y poder así interpretar los parámetros de evaluación, como el VAN, TIR, punto de equilibrio y el PRI. Previamente se debe determinar un horizonte de evaluación, empleándose el que comúnmente es exigido en Aserraderos CORZA S.A., que es de 8 años. Los ítems que componen el flujo de evaluación económico se exponen en los siguientes puntos.

4.7.3.1 INGRESOS

El nivel de ingresos está dado por la multiplicación de las toneladas promedio mensual de astillas pulpables a producir (punto 4.4) por el valor de las astillas pulpables según los factores de castigo del precio (punto 3.5), y por la tasa de cambio del dólar estimada (punto 4.7.1). Los ingresos así calculados por la generación de astillas pulpables se muestran en el Cuadro 29.

Cuadro 29: Resumen de los valores de las componentes para determinar el ingreso promedio mensual

Producción promedio mensual de astillas (BDMT)	282,1
Precio de astillas pulpables (US\$/BDMT)	48
Tasa de cambio dólar (\$)	530
Ingreso promedio mensual (\$)	7.177.188
Ingreso promedio anual (\$)	86.126.259

El Cuadro 29 indica que al producir 282,1 toneladas/mes de astillas pulpables, según producción promedio en el periodo junio a diciembre de 2006, con las características que se determinaron anteriormente, tanto en los factores de castigo del precio y de rechazo, (salvo el alto porcentaje de presencia de corteza en las astillas y presencia de hongos cromógenos), se obtendrá un ingreso anual de \$86.126.259, considerando una tasa de cambio de \$530/US\$.

4.7.3.2. COSTOS DE INVERSIÓN

El ítem de costos de inversión se obtuvo a partir de cotizaciones realizadas para los siguientes equipos e insumos: un astillador de disco, dos cintas transportadoras y el tamiz clasificador a la empresa TROMOR MAQUINARIAS Ltda.; un tablero de fuerza según las especificaciones de los motores a instalar, que se cotizó en CALIMPOR S.A., y el

cableado eléctrico cotizado en la empresa ELECTRICIDAD M. LOMISCIO E HIJOS LTDA. Infraestructura y planos de diseño realizados por consultores externos.

A continuación se caracterizan los equipos e insumos previamente mencionados, más algunos otros relacionados con obras civiles necesarias, indicándose el costo cotizado para cada uno de ellos.

- ASTILLADOR DE DISCO

- Disco 1.000 mm x 50 mm, con 8 cuchillos de corte, marca EIMOND.
- Placa de desgaste de 14 mm, plancha tk1.
- Mesa de entrada con cinta transportadora de 350 mm, x 4.000 mm, de altura regulable.
- Boca de entrada 300 mm x 250 mm.
- Tubo de descarga telescópico con ciclón.
- Motor eléctrico de 50 HP.

Costo: \$8.850.000

- HARNERO CLASIFICADOR

- Dimensiones de harnero clasificador: 2.200 mm x 1.100 mm x 500 mm.
- Malla de perforaciones de 45 mm de diámetro.
- Volante de 900 mm con contrapeso (excéntrica).
- Motor de 5,5 HP x 1.450 rpm.

Costo: \$3.450.000

- CINTA TRANSPORTADORA

- Mesa de entrada con cinta transportadora de 350 mm x 15 m, altura regulable.
- Motorreductor de 3 HP.

Costo: \$ 1.400.000

- **TABLERO DE FUERZA Y CABLEADO**

- Gabinete para: motor de 50 HP con partida estrella-triángulo, botonera parar-partir y luz piloto; para motor de 5,5 HP con partida directa, botonera parar-partir y luz piloto; para dos motorreductores de 3 HP con partida directa, botoneras independientes parar-partir y luces piloto.
- Automático tripolar 60 A.
- Gabinete de 1.000 mm x 800 mm x 300 mm.
- Cable THHN N°14 (10 m), Cable THHN N°8 (40 m) y Cable ST 4x14 (8 m).
- Tubería aislante Conduit, de 16 mm (18 unidades).

Costo \$1.300.000

El diseño, cálculo y cotización, a nivel de ingeniería básica, de la losa, radier y galpón del área de trabajo, fue realizada en conjunto por el Ingeniero Civil en Obras Civiles Rodrigo Valenzuela y el Ingeniero de la Madera (egresado) Esteban Valentin.

- **CARACTERÍSTICAS DEL RADIER Y LOSA:^d**

- Hormigón losa: 6,9 m³.
- Hormigón radier: 5,76 m³.
- Enfierradura: 785 kg.
- Moldaje: 16,1 m².
- Apoyos metálicos para columnas (15 unidades).
- Cálculo y tres planos de diseño a nivel de ingeniería básica.

Costo: \$1.650.000

- **GALPÓN E ILUMINACIÓN:**

- Dimensiones del galpón para el centro de chipeado: 7 m x 7 m x 3,5 m.
- Revestimiento galpón zinc acanalado 5 v (40 unidades).
- Tableros OSB de 2,44 m x 1,22 m x 15 mm (12 unidades).
- Columnas de madera de 90 mm x 90 mm x 2,5m (15 unidades).

^d Los planos de diseño se adjuntan en los Apéndices 13, 14 y 15

- Cerchas de madera con escuadría de componentes de 90 mm x 165 mm (5 unidades).
- Cálculo y 3 planos de diseño a nivel de ingeniería básica.
- Kit para iluminación con tubos fluorescente de 2 cm x 40 cm (4 unidades) y cableado.

Costo: \$2.610.000

- MANO DE OBRA:

El ítem mano de obra, cotizado a terceros, se refiere a costos por el personal de que deberá implementar el centro de producción de astillas pulpables. Este costo es incurrido por el trabajo total realizado.

Costo: \$550.000

- GASTOS GENERALES:

El ítem Gastos Generales se refiere a costos en los que se deberá incurrir al hacer la instalación y que no están considerados en los costos principales de inversión, valorándose en un 5% de dichos costos de inversión (\$21.210.000).

Costo: \$ 1.060.500

En el Cuadro 30 se muestra el resumen de los costos de inversión en que se deberá incurrir al ejecutar el proyecto.

Cuadro 30: Tabla resumen de costos de inversión

Item de inversión	Costo (\$)
Chipeador volante 1.000 mm con ciclón.	8.850.000
2 cintas transportadoras de 15m c/u	2.800.000
Harnero clasificador	3.450.000
Tablero eléctrico de fuerza y cableado	1.300.000
Losa y radier	1.650.000
Techumbre e iluminación	2.610.000
Mano de obra	550.000
Gastos generales	1.060.500
COSTO TOTAL	22.270.500

4.7.3.3. COSTOS OPERACIONALES MENSUALES PROMEDIO

A continuación se enumerarán los costos operacionales, junto con los criterios seguidos para determinar su cuantía.

- COSTO DE MATERIA PRIMA

Se asumirá el costo de la materia prima como el costo de oportunidad que posee esta, debido a la venta actual de astillas verdes, lampazos y chicotes.

Costo: \$2.594.165/mes

- SUELDO DEL OPERADOR

Se pagará un sueldo fijo base de \$180.000, más un bono de producción entregado en el área de aserradero, estimado en \$50.000 mensual.

Costo: \$230.000/mes

- GRÚA

Por estudios y experiencias realizadas por el jefe del área de aserrado de Aserraderos CORZA S.A., el porcentaje, respecto al tiempo total de utilización, de la grúa para la extracción de astillas, lampazos y chicotes, es del 20% (2.200.000).

Costo: \$440.000/mes

- MANTENCIÓN

Se asumirá un costo de mantención según experiencias dentro de la empresa de Aserraderos CORZA S.A., correspondiente al 1% del costo de la inversión inicial (\$22.270.500).

Costo: \$222.705/mes

- TRANSPORTE

El costo de transporte de las astillas pulpables entre la comuna de Coronel y la localidad de Arauco fue determinado según la ecuación 3.9 (capítulo de Materiales y Método). Dado que el costo promedio de transporte de un m³ estéreo de astillas entre estas localidades es de \$1.200, el costo asociado al transporte de la producción mensual de astillas es:

Costo: \$1.839.927/mes

- ENERGÍA

Para el cálculo del costo de la energía a consumir en la operación de la planta de astillado, se utilizó una máquina similar (Trituradora de madera), con el fin de medir la intensidad de corriente, para luego poder utilizar la ecuación 3.10. Esta máquina registró 50 A como intensidad de corriente y un $\cos(\phi)$ de 0,87. Por otra parte, el precio del nodo de potencia promedio entre marzo y septiembre del año 2006, según SISTEMA INTERCONECTADO CENTRAL (2007), es de \$50,8/KWh en la ciudad de Concepción, obteniéndose un costo mensual por concepto de energía de \$200.000/mes. Además, se estimó un consumo promedio por iluminación de \$20.000/mes, junto con un consumo del harnero clasificador de \$80.000/mes, más un consumo de los dos motores de las cintas transportadoras equivalente a \$25.000/mes cada uno. Los costos de consumo de energía de los motores del harnero clasificador y de las cintas transportadoras fueron entregados en forma estimada por los fabricantes de las maquinarias respectivas.

Costo: \$350.000/mes

- ITEM DE COSTOS GENERALES DE ADMINISTRACIÓN

Este costo mensual fue calculado según el criterio de capacidad de potencia instalada en toda la empresa, en relación a la potencia instalada que presentará esta nueva área de proceso. Aserraderos CORZA S.A. cuenta con una capacidad de potencia total de aproximadamente 6.000 HP, lo cual da una relación con el centro de producción de astillas pulpables del 1%. Dado que los costos generales de administración se Aserraderos CORZA S.A., según sueldos de mercado, llegan a \$25.000.000., entonces:

Costo: \$250.000/mes

- DETERMINACIÓN DEL COSTO POR DEPRECIACIÓN

El costo promedio mensual por concepto de depreciación de las instalaciones y maquinarias fue determinado bajo el criterio de depreciación lineal a un plazo de 15 años, para todo el ítem de inversión.

Costo: \$123.333/mes

A continuación se expone (Cuadro 31) el resumen de todos los costos mensuales operacionales.

Cuadro 31: Resumen de los costos operacionales mensuales realizando el proyecto

Item	Costo (\$)
Costo materia prima	2.594.165
Sueldo operador	230.000
Costo grúa	440.000
Mantenimiento	222.705
Depreciación	123.725
Transporte	1.839.927
Costos generales de administración	250.000
Energía	350.000
COSTO TOTAL	6.050.522

Ya calculados los componentes que participan en el flujo de fondos, con la respectiva tasa de descuento exigida (12%), se obtuvo el flujo propiamente tal, como se muestra en el Cuadro 32. A partir del flujo de fondos se determinaron los parámetros de rentabilidad del proyecto, VAN y TIR.

El ingreso promedio anual por concepto de venta de astillas pulpables se determinó multiplicando por 12 el valor promedio mensual de venta de astillas pulpables indicado en el Cuadro 29.

Cuadro 32: Flujo de fondos determinado para la realización del proyecto

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8
INGRESOS AFECTOS A IMPUESTOS									
Astillas <i>BDMT</i> (\$)		86.126.259	86.126.259	86.126.259	86.126.259	86.126.259	86.126.259	86.126.259	86.126.259
EGRESOS AFECTOS A IMPUESTOS									
Materia prima (\$)		31.129.978	31.129.978	31.129.978	31.129.978	31.129.978	31.129.978	31.129.978	31.129.978
Sueldo operador (\$)		2.760.000	2.760.000	2.760.000	2.760.000	2.760.000	2.760.000	2.760.000	2.760.000
Grúa (\$)		5.280.000	5.280.000	5.280.000	5.280.000	5.280.000	5.280.000	5.280.000	5.280.000
Mantenición (1% mensual Inversión) (\$)		2.672.460	2.672.460	2.672.460	2.672.460	2.672.460	2.672.460	2.672.460	2.672.460
Transporte (\$)		22.079.127	22.079.127	22.079.127	22.079.127	22.079.127	22.079.127	22.079.127	22.079.127
Energía (\$)		4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000
Costos generales de administración (\$)		3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
Otros (10% de los Ingresos) (\$)		8.612.626	8.612.626	8.612.626	8.612.626	8.612.626	8.612.626	8.612.626	8.612.626
GASTOS NO DESEMBOLSABLES									
Depreciación (15 años) (\$)		1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO (\$)		4.907.368	4.907.368	4.907.368	4.907.368	4.907.368	4.907.368	4.907.368	4.907.368
IMPUESTO (17%) (\$)		834.253	834.253	834.253	834.253	834.253	834.253	834.253	834.253
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO (\$)		4.073.116	4.073.116	4.073.116	4.073.116	4.073.116	4.073.116	4.073.116	4.073.116
AJUSTE POR GASTOS NO DESEMBOLSABLES (\$)		1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700	1.484.700
EGRESOS NO AFECTOS A IMPUESTOS (Inversión inicial) (\$)		-22.270.500							
BENEFICIO NO AFECTOS A IMPUESTOS (\$)			890.820						6.122.400
FLUJO NETO (\$)		-22.270.500	6.448.636	5.557.816	5.557.816	5.557.816	5.557.816	5.557.816	11.680.216
Tasa anual (%)		12							
VAN (\$)		7.684.675							
TIR (%)		21,7							

Del Cuadro 32 se observa que el proyecto es rentable y que es conveniente su ejecución, dado que se obtiene un VAN (\$7.684.675) positivo, y la TIR (21,7%) es mayor a la tasa de interés de mercado, la que bordea el 4,7% según AIBF (2007), siendo además mayor que la tasa exigida al proyecto (12%).

4.7.4. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

La determinación del PRI fue realizada de acuerdo a lo indicado en el punto 2.8.9 (capítulo de Revisión bibliográfica), siguiendo la metodología especificada en el Cuadro 5 (capítulo de Revisión bibliográfica). Los flujos que se utilizaron para obtener el PRI son los expuestos en el Cuadro 32, y fueron actualizados con una tasa de descuento del 12% anual.

Cuadro 33: Periodo de recuperación de inversión (PRI)

Periodo	Flujo anual (\$)	Flujo actualizado (\$)	Flujo acumulado (\$)	Valor inversión (\$)	Decisión
1	6.448.636	5.757.711	5.757.711	22.270.500	Próximo periodo
2	5.557.816	4.430.657	10.188.367	22.270.500	Próximo periodo
3	5.557.816	3.955.944	14.144.311	22.270.500	Próximo periodo
4	5.557.816	3.532.092	17.676.403	22.270.500	Próximo periodo
5	5.557.816	3.153.654	20.830.057	22.270.500	Próximo periodo
6	5.557.816	2.815.762	23.645.820	22.270.500	PRI
7	5.557.816	2.514.074	26.159.893	22.270.500	
8	11.680.216	4.717.443	30.877.336	22.270.500	

Como muestra el Cuadro 33, al 6^{to} año de iniciación del proyecto los costos de inversión están completamente cubiertos, momento a partir del cual el proyecto entrega beneficios económicos a la empresa Aserraderos CORZA S.A.

4.7.5. PUNTO DE EQUILIBRIO

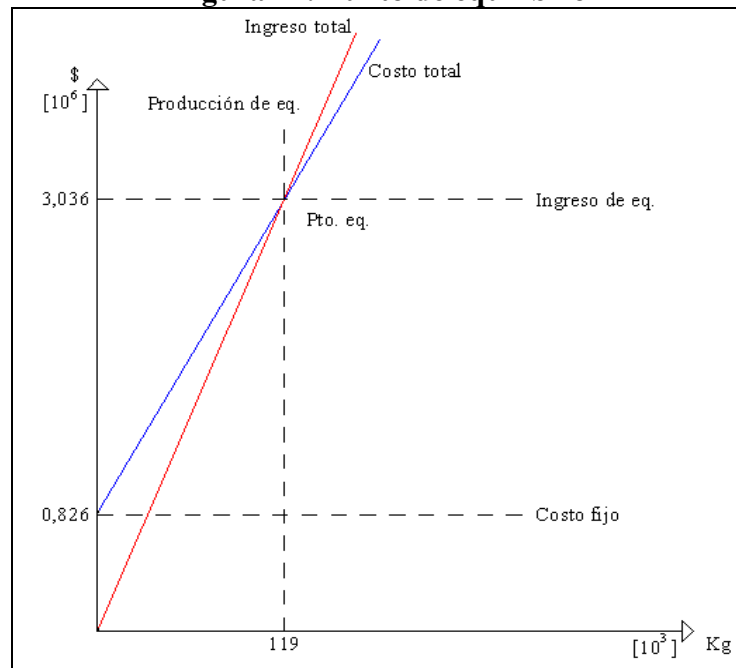
La determinación del punto de equilibrio mensual fue realizada según lo indicado en el punto 2.7.10 (capítulo de Revisión bibliográfica). En el Cuadro 34 se observa el desglose de los costos fijos y variables para poder determinar este parámetro de evaluación.

Cuadro 34: Desglose de costos fijos y variables mensuales

Costos fijos		Costos variables	
Item	Valor (\$)	Item	Valor (\$)
Sueldo operador	230.000	Materia prima	2.594.165
Mantenimiento	222.705	Grúa	440.000
Depreciación	123.725	Transporte	1.839.927
Costos generales de administración	250.000	Energía	350.000
TOTAL	826.430	TOTAL	5.224.092

De la ecuación 2.8 y 2.9 (capítulo de Revisión bibliográfica) para la determinación del punto de equilibrio, y por el desglose de los costos indicados en el Cuadro 34, se obtiene que para poder cubrir la totalidad de los costos, se deben producir mensualmente 119 toneladas de astillas pulpables, recaudando un total mensual de \$3.036.944. Esta información se encuentra graficada en la Figura 14.

Figura 14: Punto de equilibrio



La interpretación de la Figura 14 permite aseverar que una producción mensual de 119 toneladas de astillas pulpables cubre en su totalidad los costos en que se incurre para cada mes, que corresponden a \$3.036.944. Producciones mayores a la indicada permitirán utilidades económicas en la operación del proyecto. Además, la producción de equilibrio antes mencionada corresponde al 42,3% de la capacidad de producción mensual, estimada en 282,12 ton/mes.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Aserraderos CORZA S.A. cuenta actualmente con la superficie, materia prima y mano de obra para poder implementar el centro de producción de astillas pulpables.
- Se ratifica que la producción de astillas pulpables genera mayores utilidades que generando los subproductos astillas verdes, lampazos y chicotes.
- El proyecto es actualmente viable según los valores y toneladas promedio de producción, siempre y cuando se logre solucionar el problema del alto porcentaje de corteza presente en las astillas pulpables, según los factores de rechazo de estas.
- Aun cuando el proyecto es económicamente factible, siendo el VAN positivo y la TIR mayor que la tasa exigida, con todo lo que esto conlleva, la inversión inicial es 189% mayor que el VAN y se recupera al generar el 72,1% del total del flujo de dinero obtenido. Así entonces, considerando el criterio de comparación entre riesgo incurrido y generación de beneficios, el proyecto podría resultar no plenamente atractivo.

5.2. RECOMENDACIONES

Para la disminución del porcentaje de corteza en las astillas pulpables:

- Aumentar la presión y velocidad de giro de los rodillos, y/o cambiar el ángulo de ataque de los cuchillos descortezadores, hasta lograr mejoras en este proceso.
- La entrada de las trozas al proceso de descortezado debe ser de menor a mayor diámetro, logrando así que el ángulo de ataque de los cuchillos realice mejor el corte, aumentando la extracción de corteza.

Para la mantención del astillador, harnero clasificador y cintas transportadoras:

- Realizar mantenciones preventivas según especificaciones del fabricante.

Para el almacenamiento de las astillas pulpables:

- Mantener el menor tiempo posible las astillas en el silo, y así evitar el ataque de hongos de pudrición y cromógenos, y no disminuir el contenido de humedad de estas.

Para la determinación del tonelaje producido de astillas pulpables:

- Adquirir una romana para pesar camiones, que cuantificará el peso del camión descargado que se utilizará para transportar las astillas pulpables, para luego, cargado este camión, pesarlo nuevamente. Con esta información y por diferencia de pesos, se podrá determinar el tonelaje de astillas pulpables en forma confiable.

6. BIBLIOGRAFÍA

ABIF. 2007. Tasas de corto plazo. [en línea] <<http://www.abif.cl/menu-lateral/indicadores-banca/tasas-corto-plazo/index.htm>> [consulta: 23 de Noviembre 2007].

ARAUCO S.A. 2007. Área Forestal. [en línea] <<http://www.arauco.net/forestal/forestal.htm>> [consulta: 29 de Noviembre 2007].

ARAUCO S.A. 2007. Área Celulosa. [en línea] <[HTTP://WWW.ARAUCO.CL/INFORMACION.ASP?IDQ=241](http://WWW.ARAUCO.CL/INFORMACION.ASP?IDQ=241)> [consulta: 23 de Septiembre 2007].

BANCO CENTRAL DE CHILE. 2007. Noticias del día. [en línea] <http://www.Chilenoticias.cl/Comunicaciones_INFOR/Archivo_Noticias/2006/NOVIEMBRE06/Noticias/09_11_expertos.html> [consulta: 15 de Marzo 2007] .

BANCO CENTRAL DE CHILE. 2007. Precios del cobre, harina de pescado, petróleo y celulosa. [en línea] <http://www.bcentral.cl/estadisticas-economicas/series-indicadores/xls/precio_cobre__hpescado_petrol_celulosa%20.xls> [consulta: 20 octubre 2007]

Cisterna, O. e Inzunza, P. 2004. Competencia en calibración, Manual de capacitación técnica, Forestal Mininco S.A. Chile.

COORFOR. 2004. Control de calidad en la producción de astillas. [en línea] <<http://www.coofor.cl/areatecnica/Cuchillos/CONTROL%20DE%20CALIDAD%20EN%20ASTILLAS.DOC>> [consulta: 08 de Marzo 2007] .

CORMA. 2008. Procesos en la Fabricación de Celulosa Impiden la Contaminación. [en línea] <http://www.corma.cl/portal/menu/temas_de_interes/tecnologia_otros/Procesos-en> [consulta: 20 de Marzo 2008] .

Davies, H.; Demers, P.; Kauppinen, T. y Teschke, K. 2001. Industria de la madera. [en línea] <<http://www.mtas.es/insht/EncOIT/tomo3.htm#p10>> [consulta: 05 de abril 2007]

DIARIO FINANCIERO. 2006. Finanzas, Celulosa sube US\$27 en el año, 2-28-2007. Chile.

DIRECCIÓN DE PRESUPUESTOS. 2007. Fundamenta, Presupuesto Público 2008. Cámara Chilena de la Construcción, N°36. Chile.

FAO. 1991. Conservación de energía en las industrias mecánicas forestales. < <http://www.fao.org/docrep/t0269s/T0269S05.htm> > [consulta: 27 de mayo 2007]

FORESTAL CELCO S.A. 2001. Especificaciones de astillas, Documento técnico. Chile. 2p.

FORESTAL MININCO S.A. 2004. Madera pulpable. [en línea] <<http://www.mininco.cl/AstiPulppinuradi.htm>> [consulta: 08 de mayo 2007].

García, E.; Guindeo, C.; Peraza, O. y De Palacios, D. 2002. La madera y su tecnología. Mundi-prensa, España. 332p.

Gutiérrez, S. 2004. Proyecto de factibilidad técnico-económico para la transformación mecánica primaria y secundaria de la madera de canelo. Proyecto FDI Canelo. Chile.

INFOMADERA. 2006. Influencia del almacenamiento en la calidad de astillas de pino radiata. [en línea] <<http://infomadera.blogspot.com/2006/11/material-y-mtodo-rollizos-de-estudio.html>> [consulta: 08 de mayo 2007].

INFOR. 2006. Boletín de precios forestales, Santiago, Chile. (116).

INFOR. 2006. Exportaciones forestales Enero-Octubre 2006. Chile.

Märsta, S. y Uppsala, A. 1992. La industria del aserrado sueca, Universidad de Ciencias Agrícolas, departamento de productos forestales. Suecia. 11p.

MIDEPLAN. 2002. Metodología de Preparación y Evaluación Proyectos de Edificación Pública. [en línea] < <http://sni.mideplan.cl/links/files/sebi2008/herramientas/1291.pdf>> [consulta: 08 de mayo 2007].

Muñoz, F. 2003. Optimización en las decisiones de financiamiento de proyectos. Tesis. (Ingeniero Civil Industrial). Concepción, Chile. Universidad del Bío-Bío. Facultad de Ingeniería.

PAPELNET. 2007. La celulosa. [en línea]
<<http://www.papelnet.cl/celulosa/doc/celulosa.pdf>> [consulta: 12 de mayo 2007].

RED MADERA Y MUEBLES. 2007. La madera. [en línea]
<<http://www.redmaderaymuebles.cl>> [consulta: 05 de mayo 2007].

RELACIÓN MADERA-PRODUCTO. 2002. Portal de desarrollo sostenible. [en línea]
< <http://rds.hn/index.php?documento=586&st=1>> [consulta: 08 de mayo 2007].

Samuelson, P. y Nordhaus, W. 1998. Economía. McGraw-Hill, Chile. 15 edición, 808p.

Sapag, N. y Sapag, R. 2000. Preparación y evaluación de proyectos. McGraw-Hill, Chile. 439p.

SIC. 2007. Fijación de precios de nudo abril de 2007 sistema interconectado central, informe técnico preliminar, comisión nacional de energía, gobierno de Chile, Chile, 87p.

SISTEMA INTERCONECTADO CENTRAL. 2007. Impuestos directos, [en línea]
<http://www.sii.cl/aprenda_sobre_impuestos/impuestos/imp_directos.htm#o2p1> [consulta: 20 de septiembre 2007].

SOFOFA. 2007. Informe de exportaciones forestales, Federación gremial de la industria, Chile.

TAPPI. 1992. Tappi Test Methods, Estados Unidos.

Triviño, J. 2005. Manual de astillado, Forestal Celco S.A. Chile. 19p.

Van Harne, J. y Wachowicz, J. 1992. Fundamentos de administración financiera. Prentice Hall, 8^{va} edición, México. 859p.

Vidaurre, S.; Melo, R. y Pavón, M. 1989. Principios de organización y operación del aserradero, INFOR, Chile. 217p.

Vignote, S. 2006. Tecnología de la madera, 3^{ra} edición, Mundi-Prensa, España. 678p.

ZANELLO FORESTAL. 2008. Chipeadoras, [en línea]

<<http://zanelloforestal.com/chipiadora.html>> [consulta: 21 de septiembre 2008].

7. APÉNDICES

Apéndice 1: Número de trozas procesadas por diámetro (140 mm a 220 mm) y mes correspondiente

Diámetro (mm)	Largo (m)	Cantidad de trozas procesadas						
		Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
140	2,00							
	2,40							
	3,20							
	3,60				13			
	3,65							
	3,75							
	4,00			36	80	132	18	29
	5,00							
160	2,00							
	2,40							
	3,20	76	68					
	3,60				52			
	3,65		903					
	3,75				1			
	4,00	380	432	592	2131	1775	543	1078
	5,00			169				
180	2,00							
	2,40							
	3,20	125	84					
	3,60				42			
	3,65		682					
	3,75				1			
	4,00	525	501	511	1906	2367	891	1444
	5,00			148				
200	2,00							
	2,40							
	3,20	114	86					
	3,60				57			
	3,65		548					
	3,75				1			
	4,00	875	936	278	1945	1871	964	1124
	5,00			232				
220	2,00							
	2,40		2					
	3,20	74	51					
	3,60				24			
	3,65		354					
	3,75							
	4,00	1188	171	158	940	1087	856	770
	5,00			88				

**Apéndice 2: Número de trozas procesadas por diámetro (240 mm 340mm)
y mes correspondiente**

Diámetro (mm)	Largo (m)	Cantidad de trozas procesadas						
		Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
240	2,00			6				
	2,40		4					
	3,20	44	24					
	3,60				13			
	3,65		151					
	3,75				4			
	4,00	452	303	128	471	788	776	721
	5,00			48				
260	2,00		3	23				
	2,40		7					
	3,20	40	18					
	3,60				8			
	3,65		98					
	3,75				9			
	4,00	356	252	90	283	523	734	512
	5,00			13				
280	2,00		10	55				
	2,40		16	2412	208			
	3,20	38	19					
	3,60				6			
	3,65		23					
	3,75				5			
	4,00	332	119	116	188	439	614	424
	5,00			5				
300	2,00		16	89				
	2,40		53					
	3,20	26	16					
	3,60							
	3,65		10					
	3,75				6			
	4,00	363	259	199	159	209	652	370
	5,00			5				
320	2,00		12	91				
	2,40		65					
	3,20	13	8					
	3,60				2			
	3,65							
	3,75				1			
	4,00	407	221	118	80	80	388	233
	5,00							
340	2,00		8	54				
	2,40		31					
	3,20	12	7					
	3,60				1			
	3,65							
	3,75							
	4,00	340	192	61	45	32	245	155
	5,00							

**Apéndice 3: Número de trozas procesadas por diámetro (360 mm 460 mm)
y mes correspondiente**

Diámetro (mm)	Largo (m)	Cantidad de trozas procesadas						
		Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
360	2,00		19	50				
	2,40		24					
	3,20	7	2					
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	288	161	35	29	12	160	94
	5,00							
380	2,00		14	42				
	2,40		14					
	3,20	3	4					
	3,60							
	3,65							
	3,75				1			
	4,00	227	93	18	19	9	84	61
	5,00							
400	2,00		9	34				
	2,40		6					
	3,20	1	3					
	3,60							
	3,65							
	3,75				1			
	4,00	165	76	9	9	1	45	38
	5,00							
420	2,00		6	24				
	2,40		2					
	3,20	2	2					
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	77	35	1	5		13	18
	5,00							
440	2,00		12	24				
	2,40		3					
	3,20	2	1					
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	57	14	4	2	5	11	14
	5,00							
460	2,00		22	41				
	2,40							
	3,20	2	1					
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	24	15	3	3		4	2
	5,00							

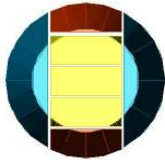
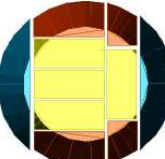
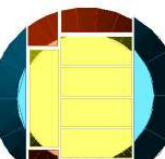
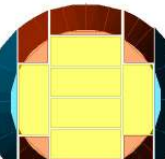
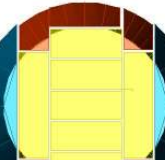
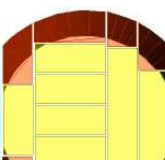
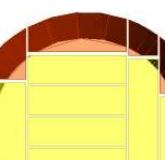
**Apéndice 4: Número de trozas procesadas por diámetro (480 mm 580 mm)
y mes correspondiente**

Diámetro (mm)	Largo (m)	Cantidad de trozas procesadas						
		Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
480	2,00		20	41				
	2,40		1					
	3,20							
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	5	5	2			2	3
	5,00							
500	2,00		8	28				
	2,40							
	3,20	2						
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	7	4	1			2	4
	5,00							
520	2,00		5	12				
	2,40							
	3,20	2						
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	4	2		2			
	5,00							
540	2,00		4	6				
	2,40							
	3,20	1	3					
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	2			1			2
	5,00							
560	2,00		2	9				
	2,40							
	3,20							
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	2						1
	5,00							
580	2,00		1	1				
	2,40							
	3,20	2						
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	1						
	5,00							

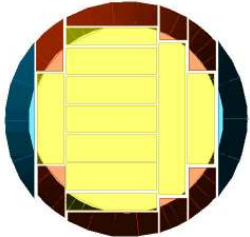
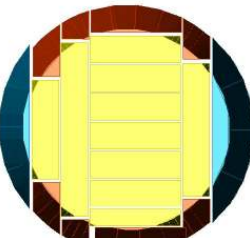
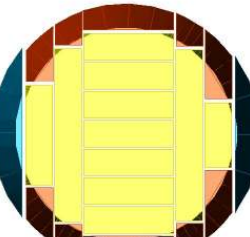
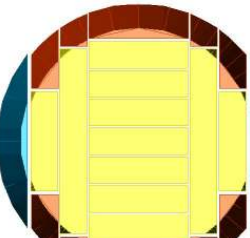
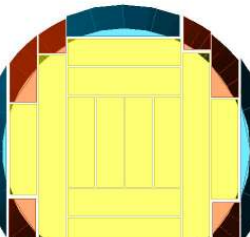
**Apéndice 5: Número de trozas procesadas por diámetro (600 mm 700 mm)
y mes correspondiente.**

Diámetro (mm)	Largo (m)	Cantidad de trozas procesadas						
		Jun-06	Jul-06	Ago-06	Sep-06	Oct-06	Nov-06	Dic-06
600	2,00			2				
	2,40							
	3,20	2						
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	2						
	5,00							
620	2,00			2				
	2,40							
	3,20	4						
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00							
	5,00							
640	2,00			1				
	2,40							
	3,20				1			
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	3						
	5,00							
660	2,00							
	2,40							
	3,20	1						
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	4						
	5,00							
680	2,00		1					
	2,40							
	3,20							
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	1						
	5,00							
700	2,00							
	2,40							
	3,20							
	3,60							
	3,65							
	3,75							
	4,00	1	1		1			
	5,00							

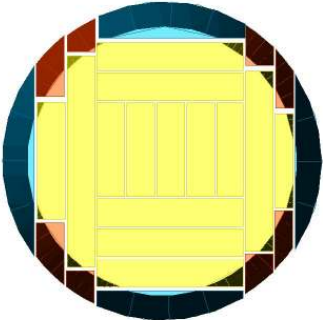
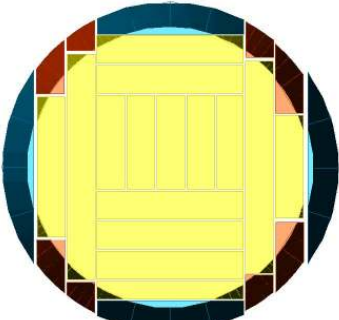
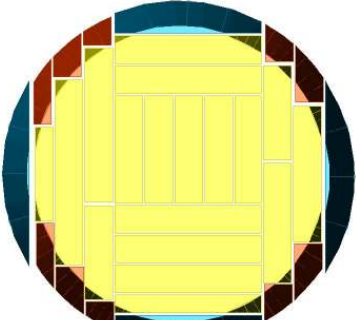
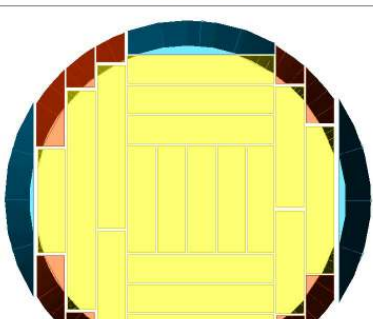
Apéndice 6: Diagramas de corte para diámetros entre 140 mm y 260 mm.

Diagrama de corte	Diámetro troza	Volumen troza	Volumen lampazos y chicotes	Volumen astillas verdes
	140 mm	0,096 m ³	0,013 m ³	0,034 m ³
	160 mm	0,166 m ³	0,029 m ³	0,023 m ³
	180 mm	0,140 m ³	0,017 m ³	0,037 m ³
	200 mm	0,164 m ³	0,045 m ³	0,023 m ³
	220 mm	0,195 m ³	0,028 m ³	0,038 m ³
	240 mm	0,224 m ³	0,050 m ³	0,023 m ³
	260 mm	0,258 m ³	0,059 m ³	0,022 m ³

Apéndice 7: Diagramas de corte para diámetros entre 280 mm y 360mm.

Diagrama de corte	Diámetro troza	Volumen troza	Volumen lanpezos y chicotes	Volumen astillas verdes
	280 mm	0,292 m ³	0,047 m ³	0,026 m ³
	300 mm	0,335 m ³	0,045 m ³	0,044 m ³
	320 mm	0,373 m ³	0,067 m ³	0,026 m ³
	340 mm	0,418 m ³	0,076 m ³	0,032 m ³
	360 mm	0,465 m ³	0,046 m ³	0,063 m ³

Apéndice 8: Diagramas de corte para diámetros entre 380 mm y 440 mm.

Diagrama de corte	Diámetro troza	Volumen troza	Volumen lampazos y chicotes	Volumen astillas verdes
	380 mm	0,623 m ³	0,034 m ³	0,065 m ³
	400 mm	0,568 m ³	0,037 m ³	0,067 m ³
	420 mm	0,743 m ³	0,038 m ³	0,062 m ³
	440 mm	0,675 m ³	0,046 m ³	0,072 m ³

Apéndice 9: Propiedades físicas de madera lateral de probetas 1 a 50

N° probeta	Peso verde (g)	Volumen verde (cm ³)	Peso seco (g)	$d_{0,g}$ (g/cm ³)	Humedad base húmeda (%)
1	44,10	40,84	17,79	0,44	56,44
2	52,50	48,30	21,02	0,44	56,48
3	49,80	46,03	19,99	0,43	56,57
4	48,90	45,22	19,7	0,44	56,44
5	47,50	43,90	19,14	0,44	56,40
6	42,80	39,55	17,17	0,43	56,59
7	47,80	44,20	19,3	0,44	56,33
8	49,00	45,18	20,61	0,46	54,38
9	48,40	44,13	20,79	0,47	52,89
10	50,40	46,31	20,81	0,45	55,06
11	49,40	45,48	20	0,44	56,02
12	44,40	41,03	18,03	0,44	56,06
13	47,70	43,99	19,35	0,44	56,01
14	48,50	44,54	19,63	0,44	55,93
15	43,50	44,23	17,53	0,40	60,37
16	50,40	46,24	20,29	0,44	56,12
17	43,40	39,88	17,53	0,44	56,04
18	49,90	45,73	20,01	0,44	56,24
19	44,90	40,88	17,99	0,44	55,99
20	51,60	47,28	20,61	0,44	56,41
21	45,70	41,70	18,41	0,44	55,85
22	49,00	44,52	19,75	0,44	55,64
23	46,30	40,11	18,34	0,46	54,28
24	45,40	41,64	17,93	0,43	56,94
25	48,30	44,19	19,09	0,43	56,80
26	49,80	45,01	19,7	0,44	56,23
27	46,40	42,41	18,45	0,44	56,50
28	51,00	46,21	20,2	0,44	56,29
29	50,60	46,06	20,15	0,44	56,25
30	48,60	44,54	19,34	0,43	56,58
31	48,30	44,00	19,1	0,43	56,59
32	46,40	42,08	18,46	0,44	56,13
33	51,90	47,51	20,86	0,44	56,09
34	48,60	44,38	19,51	0,44	56,04
35	45,80	41,93	18,35	0,44	56,24
36	48,50	44,24	19,54	0,44	55,83
37	47,30	43,31	19,08	0,44	55,95
38	46,10	42,46	18,69	0,44	55,98
39	53,40	49,09	21,66	0,44	55,88
40	48,70	44,81	19,79	0,44	55,84
41	55,70	51,04	22,55	0,44	55,82
42	48,10	44,19	19,52	0,44	55,83
43	54,50	49,82	22,05	0,44	55,74
44	52,50	48,45	21,44	0,44	55,75
45	48,00	44,38	19,36	0,44	56,38
46	49,40	45,02	20,02	0,44	55,53
47	51,60	47,02	20,99	0,45	55,36
48	52,10	47,71	21,11	0,44	55,75
49	49,60	47,55	20,33	0,43	57,25
50	51,70	47,44	20,89	0,44	55,97

Apéndice 10: Propiedades físicas de madera lateral de probetas 51 a 100

N° probeta	Peso verde (g)	Volumen verde (cm ³)	Peso seco (g)	$d_{0,g}$ (g/cm ³)	Humedad base húmeda (%)
51	53,80	49,47	21,28	0,43	56,98
52	42,40	39,18	16,95	0,43	56,74
53	51,90	47,69	20,45	0,43	57,12
54	50,50	46,33	19,94	0,43	56,96
55	50,20	46,08	19,92	0,43	56,77
56	49,50	45,26	19,57	0,43	56,76
57	48,90	44,70	19,17	0,43	57,11
58	45,90	42,04	17,98	0,43	57,23
59	54,30	49,73	21,31	0,43	57,15
60	53,90	49,25	21,13	0,43	57,10
61	47,90	43,59	18,84	0,43	56,78
62	47,50	43,35	18,76	0,43	56,72
63	46,40	42,60	18,18	0,43	57,32
64	49,60	44,88	19,34	0,43	56,91
65	49,50	45,38	19,27	0,42	57,54
66	50,50	46,23	19,57	0,42	57,67
67	50,60	46,17	19,52	0,42	57,72
68	51,40	47,30	19,85	0,42	58,03
69	47,10	43,34	18,37	0,42	57,61
70	50,10	46,12	19,4	0,42	57,94
71	44,40	41,06	17,1	0,42	58,35
72	49,40	45,71	18,99	0,42	58,46
73	50,40	44,66	19,4	0,43	56,56
74	48,20	44,70	18,46	0,41	58,70
75	44,20	40,57	16,88	0,42	58,39
76	46,10	42,85	17,65	0,41	58,81
77	46,50	43,06	17,84	0,41	58,57
78	44,80	41,60	17,12	0,41	58,85
79	46,20	42,98	17,58	0,41	59,10
80	47,20	43,83	18,03	0,41	58,86
81	44,10	41,19	16,7	0,41	59,46
82	44,70	41,77	16,99	0,41	59,32
83	52,50	48,61	19,87	0,41	59,12
84	50,00	46,63	18,84	0,40	59,60
85	40,10	37,52	14,97	0,40	60,10
86	46,30	43,08	17,15	0,40	60,19
87	44,20	41,35	16,42	0,40	60,29
88	47,70	44,58	17,75	0,40	60,18
89	47,20	44,31	17,74	0,40	59,96
90	45,60	42,68	17,18	0,40	59,75
91	48,20	44,99	18,21	0,40	59,52
92	46,30	43,54	17,42	0,40	59,99
93	46,30	43,27	17,21	0,40	60,23
94	46,90	43,95	17,35	0,39	60,52
95	49,70	46,70	18,06	0,39	61,33
96	40,60	38,39	14,81	0,39	61,42
97	45,20	42,68	16,63	0,39	61,04
98	49,70	47,03	18,55	0,39	60,56
99	43,30	40,81	16,31	0,40	60,03
100	43,40	40,71	16,13	0,40	60,38

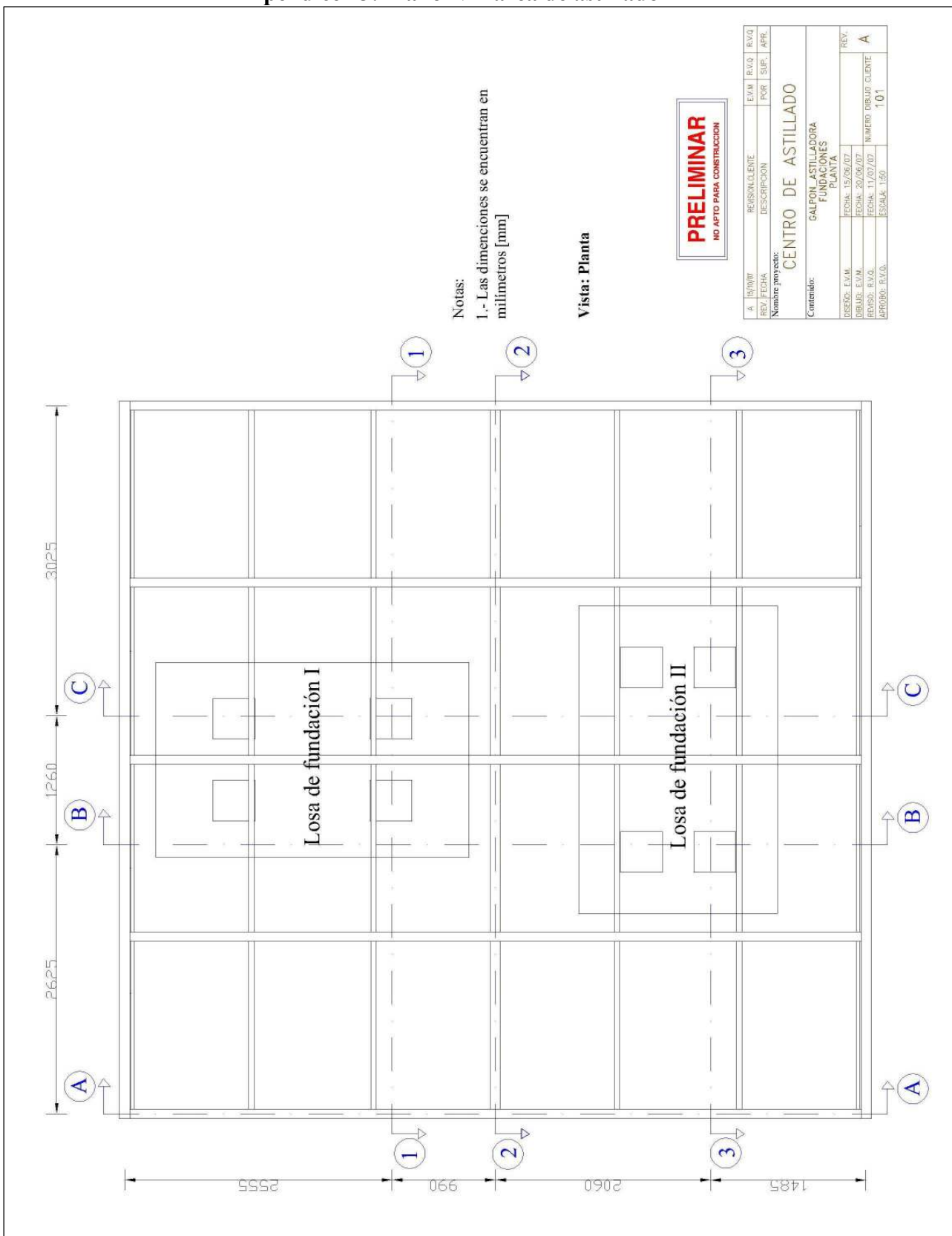
Apéndice 11: Propiedades físicas de madera lateral de probetas 101 a 150

N° probeta	Peso verde (g)	Volumen verde (cm ³)	Peso seco (g)	$d_{0,g}$ (g/cm ³)	Humedad base húmeda (%)
101	45,40	42,71	18,42	0,43	56,87
102	56,90	53,17	23,04	0,43	56,67
103	47,50	44,03	19,31	0,44	56,14
104	47,80	44,89	19,59	0,44	56,36
105	42,50	39,29	17,53	0,45	55,38
106	47,90	44,63	19,73	0,44	55,79
107	47,60	44,33	19,41	0,44	56,21
108	40,20	47,45	16,32	0,34	65,61
109	51,00	47,57	20,7	0,44	56,49
110	47,10	43,95	19,13	0,44	56,47
111	41,30	38,69	16,83	0,43	56,50
112	52,80	48,82	22,11	0,45	54,71
113	38,90	36,53	15,95	0,44	56,34
114	45,00	42,11	18,3	0,43	56,54
115	50,40	46,94	20,43	0,44	56,48
116	43,20	40,28	17,45	0,43	56,68
117	55,70	51,78	22,34	0,43	56,86
118	39,50	36,93	15,88	0,43	57,00
119	45,90	42,87	18,39	0,43	57,10
120	38,90	36,45	15,59	0,43	57,23
121	56,50	52,45	22,49	0,43	57,12
122	46,60	43,13	19,03	0,44	55,88
123	48,00	44,56	19,13	0,43	57,07
124	43,70	44,55	17,34	0,39	61,08
125	56,40	52,43	22,38	0,43	57,31
126	38,90	46,40	15,44	0,33	66,72
127	49,50	41,53	17,58	0,42	57,67
128	47,40	44,49	18,89	0,42	57,54
129	36,90	34,77	14,59	0,42	58,04
130	42,40	39,47	16,71	0,42	57,66
131	47,50	43,83	18,81	0,43	57,08
132	49,40	45,89	20	0,44	56,42
133	45,40	42,06	18,34	0,44	56,40
134	45,20	41,93	18,57	0,44	55,71
135	48,40	44,74	19,59	0,44	56,21
136	51,20	47,31	20,73	0,44	56,18
137	44,40	40,91	18,16	0,44	55,61
138	48,00	44,45	19,8	0,45	55,46
139	39,20	36,09	15,98	0,44	55,72
140	43,30	39,84	17,43	0,44	56,25
141	45,90	42,17	18,43	0,44	56,30
142	49,00	44,93	19,72	0,44	56,11
143	52,10	47,66	21,46	0,45	54,97
144	43,30	40,07	17,93	0,45	55,25
145	47,80	44,37	19,18	0,43	56,77
146	41,10	38,17	16,69	0,44	56,27
147	46,30	42,67	18,84	0,44	55,85
148	42,50	39,27	17,51	0,45	55,41
149	44,80	41,81	18,41	0,44	55,97
150	53,60	49,54	21,85	0,44	55,89

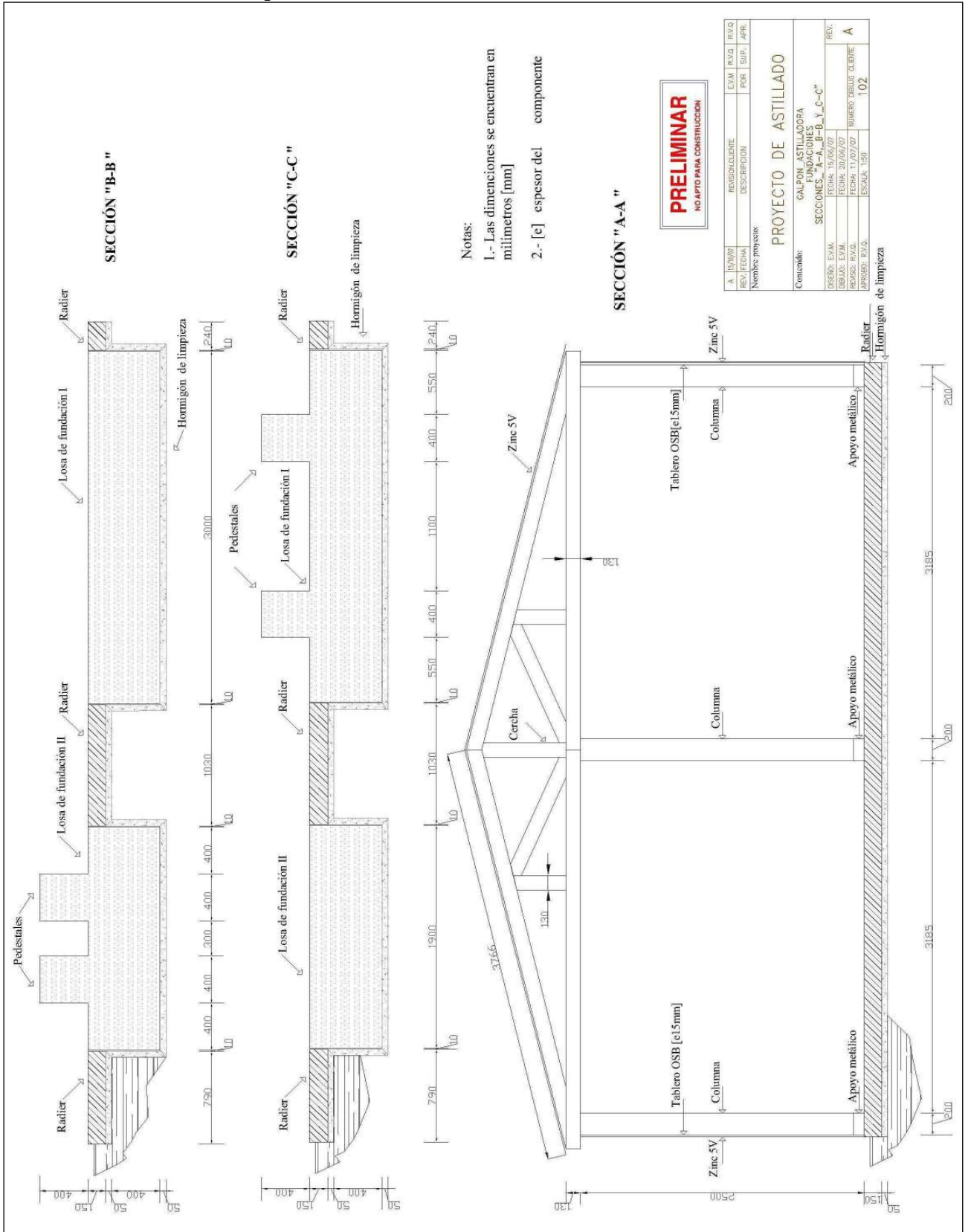
Apéndice 12: Propiedades físicas de madera lateral de probetas 151 a 200

N° probeta	Peso verde (g)	Volumen verde (cm ³)	Peso seco (g)	$d_{0,g}$ (g/cm ³)	Humedad base húmeda (%)
151	57,00	52,54	21,3	0,41	59,46
152	41,20	38,28	15,33	0,40	59,95
153	51,90	44,45	19,33	0,43	56,51
154	43,20	40,15	15,97	0,40	60,22
155	50,50	46,78	18,63	0,40	60,18
156	43,10	40,11	16,13	0,40	59,79
157	53,80	49,70	20,23	0,41	59,30
158	38,20	35,87	14,78	0,41	58,80
159	46,60	46,43	20,92	0,45	54,94
160	42,40	39,29	19,85	0,51	49,48
161	48,70	45,29	20,73	0,46	54,23
162	43,90	41,46	18,35	0,44	55,74
163	44,70	42,53	18,31	0,43	56,95
164	40,30	37,90	17,21	0,45	54,59
165	45,40	42,38	19,39	0,46	54,25
166	41,30	39,29	17,00	0,43	56,73
167	45,90	44,48	18,3	0,41	58,86
168	49,70	46,89	18,99	0,40	59,50
169	41,00	38,69	15,56	0,40	59,78
170	41,80	39,40	15,82	0,40	59,85
171	48,30	45,29	18,2	0,40	59,81
172	40,30	37,67	15,19	0,40	59,68
173	46,00	43,06	17,35	0,40	59,71
174	50,30	46,83	18,94	0,40	59,56
175	45,60	42,64	17,2	0,40	59,66
176	44,00	41,10	16,84	0,41	59,03
177	44,20	41,03	16,92	0,41	58,76
178	47,40	43,88	18,28	0,42	58,34
179	40,30	37,39	15,54	0,42	58,44
180	63,30	58,56	24,37	0,42	58,38
181	45,10	41,96	16,8	0,40	59,96
182	44,60	41,46	17,29	0,42	58,30
183	47,10	43,73	18,35	0,42	58,04
184	47,10	43,65	18,23	0,42	58,24
185	52,60	48,71	20,42	0,42	58,08
186	42,10	39,32	16,16	0,41	58,90
187	44,10	41,20	17,09	0,41	58,52
188	40,50	37,78	15,56	0,41	58,81
189	47,60	44,29	18,4	0,42	58,46
190	43,70	70,70	16,93	0,24	76,05
191	42,40	39,21	16,5	0,42	57,92
192	44,00	40,77	17,17	0,42	57,89
193	51,50	47,60	20,09	0,42	57,79
194	37,40	34,91	14,57	0,42	58,26
195	46,50	43,19	17,96	0,42	58,42
196	44,50	41,38	17,15	0,41	58,55
197	44,70	41,61	17,01	0,41	59,12
198	46,40	43,09	17,55	0,41	59,27
199	43,30	40,21	19,19	0,48	52,28
200	52,40	48,67	19,55	0,40	59,83

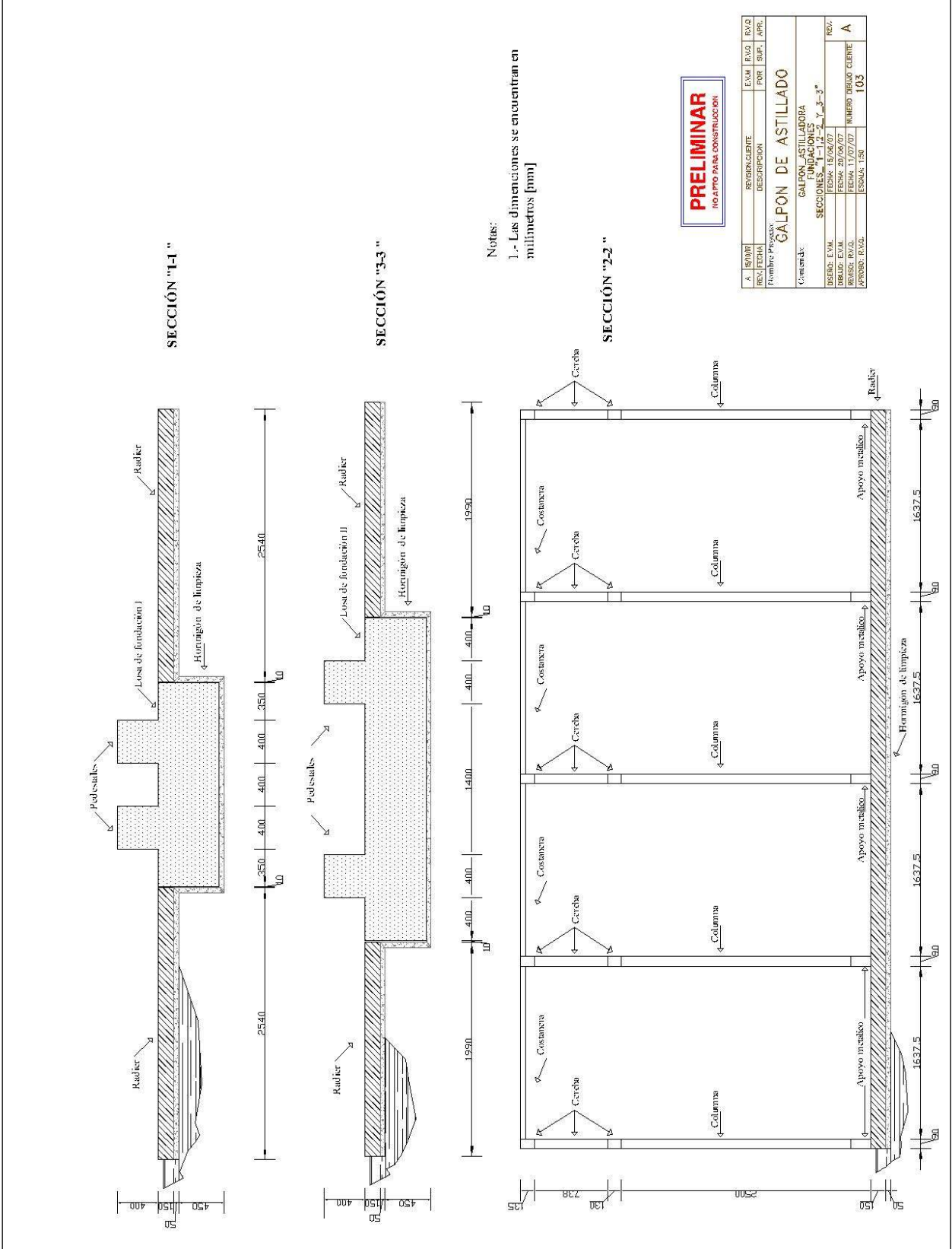
Apéndice 13: Plano N°1 área de astillado



Apéndice 14: Plano N°2 área de astillado



Apéndice 15: Plano N°3 área de astillado



8. ANEXO

Anexo 1: Valor de cambio del dólar año 2006

Día	Mes						
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	531,87		540,02	539,61			527,69
2	532,00		542,45		537,03	524,75	
3		539,44	541,25		533,90	525,55	
4		537,56	543,09	539,29	534,20		525,91
5	529,91	537,67		536,63	535,13		525,80
6	533,59	540,54		537,56	536,91	525,77	524,78
7	536,59	538,91	541,78	540,01		524,68	525,69
8	541,68		543,30	540,80		523,34	
9	545,45		545,21			525,45	
10		538,58	543,72		537,63	524,98	
11		538,27	545,36	539,53	536,71		524,85
12		540,29		540,19	536,46		525,04
13	541,03	539,38		538,11	533,62	525,24	526,20
14	546,74	541,46	541,88	537,61		527,04	527,24
15	544,51			537,62		527,29	526,76
16	542,10		541,87		532,15	528,11	
17		544,45	536,17		530,81	527,77	
18		545,93	530,69		531,06		524,79
19	543,03	544,31			527,60		525,47
20	546,51	542,35		537,19	526,71	529,13	526,95
21	547,83	539,52	532,01	537,71		529,10	526,91
22	545,64		530,92	539,32		529,66	528,52
23	546,57		531,18		526,32	529,52	
24		540,71	532,22		526,93	529,17	
25		541,17	534,49	539,91	527,19		
26		540,37		539,66	525,02		530,47
27	549,63	542,57		538,13	524,12	530,13	532,69
28	548,05	540,14	537,03	537,30		529,60	533,87
29	549,16		537,07	538,22		530,61	534,43
30	547,31		538,12		524,56	529,29	
31		539,41	537,77		525,99		

Fuente: BANCO CENTRAL DE CHILE, 2007.