

Universidad del Bío-Bío  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería en Maderas  
Departamento de Ingeniería Mecánica

Profesores Guías  
Francisco Ramis Lanyon  
Francisco Vergara González



## UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

### **“Caracterización y Estandarización de Productos, Procesos y Equipos en la Industria del Aserrió”**

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener los títulos de Ingeniero Civil Industrial Mención Mecánica e Ingeniero Civil en Industrias Forestales”

Fecha:

23 de Enero de 2003

Alumnos

Cristian Fernando Aguilar Cayún

Rodrigo Alejandro Sanhueza Bravo

## **INDICE**

**PAG.**

### **CAPITULO I ANTECEDENTES DEL TRABAJO**

1.- INTRODUCCION	1
2.- JUSTIFICACION DEL TEMA	2
3.- ORIGEN DEL TEMA	3
4.- OBJETIVOS	4
4.1.- Objetivos Generales	4
4.2.- Objetivos Específicos	4
5.- METODOLOGÍA	5

### **CAPITULO II ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO**

1.- INTRODUCCIÓN	7
2.- EL RECURSO FORESTAL	8
3.- INDICADORES DEL SECTOR	10
4.- MERCADO	11
5.- DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO	13
5.1.- Clasificación y Número de Aserraderos	13

## **CAPITULO III**

### **LA HERRAMIENTA DE SIMULACION**

1.-INTRODUCCIÓN	18
2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS PARA LA SIMULACIÓN	19
3.- SIMULACIÓN DE SISTEMAS	19
4.- ESTRUCTURA DE UN MODELO DE SIMULACIÓN	20
5.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACIÓN	21
6.- EL USO DE LA SIMULACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO	22

## **CAPITULO IV**

### **CARACTERIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA MADERA ASERRADA**

1.- INTRODUCCIÓN	23
2.- PLANES DE CORTE	24
2.1.-Filosofía del corte	24
2.2.- Calidad de madera en la troza	25
2.1.1.- Madera Lateral	26
2.1.2.- Madera Semilateral	26
2.1.3.- Madera Central	27
2.3.- Optimización del Patrón de Corte	27
3.- CLASIFICACIONES DE MADERA ASERRADA	28
3.1.- Atributos y variables a Considerar en la Clasificación de Madera Aserrada	29

3.1.1.- Especie	30
3.1.2.- Tipo de Materia Prima, Suministro	31
3.1.3.- Apariencia	34
3.1.3.1.- Defectos de la Madera	35
3.1.3.2.-Defectos del Proceso	37
3.1.4.- Dimensiones	37
3.1.5.- Contenido de Humedad	38
3.1.5.1- Madera Seca 7- 13 %	39
3.1.5.1.1.-Tipos de Secado	39
3.1.5.1.1.a.- Secado en cámara	39
3.1.5.1.1.b.- Secado con Aire	40
3.1.5.2.- Madera Verde Sobre 40%	40
3.1.5.3.- Estabilidad dimensional	40
3.1.6.- Resistencia Mecánica	41
3.1.7.- Tratamiento	41
3.1.7.1.- Durabilidad	43
3.1.8.- Calidad Superficial	43
3.1.8.1.- Madera Cepillada	44
3.1.8.2.- Rough/Rústica	44
3.1.9.- Tipo de Corte	44
3.2.- Productos de Madera Aserrada	45
3.2.1.- Madera de Ancho Variable	46
3.2.2.- Madera de Ancho Fijo	48
3.2.3.- Tapas	50
3.2.4.- Madera Estructural	51
3.2.5.- Basas	53
3.2.6.- Boards	53
3.2.7.- Mercado	54

3.3.- Clasificación de madera según normas	54
3.3.1.- Clasificación Chilena	55
3.3.2.-Clasificación Americana	55
3.3.2.1.- Madera duras (comerciales)	55
3.3.2.1.1.- Madera industrial (Factory Lumber)	56
3.3.2.1.2.- Dimensiones y partes	57
3.3.2.1.3.- Productos terminados	57
3.3.2.2.- Maderas Blandas	58
3.3.2.2.1.- Clasificación de Madera Aserrada Blanda	58
3.3.2.2.1.1.- Construcción	59
3.3.2.2.1.2.- Remanufactura	61
3.3.2.2.2.- Tamaño	63
3.3.2.2.3.- Terminación Superficial	64
3.3.2.2.4.- Contenido de Humedad	64
3.3.3.- Clasificación Nórdica	65
3.3.3.1.- Clasificación de calidad	66
3.3.3.2.- Clasificación, dimensiones y secado	66
3.3.3.3.- Madera clasificada según resistencias mecánicas	66
3.3.3.4.- Escuadrías y longitudes	67
3.3.3.5.- Contenido de Humedad	68
4.- ESTANDARIZACIÓN DE PRODUCTOS DE MADERA ASERRADA	69

## **CAPITULO V**

### **CONSIDERACIONES DEL PROCESO DE ASERRIO**

1.- INTRODUCCIÓN	71
2.- ESTANDARIZAR EL PROCESO	72
3.- DEFINICIÓN DEL PROCESO	73

4.- CONSIDERACIONES GENERALES	74
5.- PRINCIPIOS DE DISEÑO	75
6.-DISTRIBUCIÓN EN PLANTA: LAYOUT	78
7.- DIAGRAMAS DE CORTE	79
7.1.- Factores Importantes a Considerar en el Patrón de Corte	79
7.2.- Calidad superficial y Esquema de Corte	80
8.- EXACTITUD DEL PROCESO	82
8.1.- Dimensión Objetivo	82
8.2.- Canal de Corte	83
9.- FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE LA MATERIA PRIMA	85
9.1.- Parámetros que dependen de la materia Prima	85
9.2.- Tipos de Aserrío	85
9.2.1.- Respecto a la Calidad de la Materia Prima	86
9.2.2.- Respecto de la Geometría de la troza	87
9.2.3.- Respecto a la Geometría de las piezas obtenidas	88
9.3.- Parámetros que dependen de los Productos	89
9.3.1.- Escuadrías	89
9.3.2.- Largos	89
9.3.3.- Sobre Medidas	89
9.3.4.- Calidades	90
9.3.5.- Complementariedad de las Escuadrías	90
9.3.6.- Complementariedad entre Volúmenes y Calidad	91
9.4.- Tipos de Aserraderos	91
9.4.1.- Con cancha de clasificación de troncos	91
9.4.2.- Sin cancha pero con optimización en línea de cada tronco	92
9.4.3.- Con preclasificación de troncos y optimización en línea	93
9.5.- Optimización y Ejecución de los Patrones de Corte	93
9.6.- Sistema de Medición	94
9.7.- Otros Factores	94
10.- TIEMPOS EN ASERRADERO	95

10.1.- Elementos sobre el Estudio de Tiempos	97
10.2.- Tiempos Muertos	98
11.- INDICADORES DE DESEMPEÑO DEL PROCESO	100
11.1.- Factor de Uso	100
11.2.- Productividad	100
11.3.- Factor de Disponibilidad	101
11.4.- Factor de Operación	101
11.5.- Aprovechamiento	102
11.6.- Velocidad de la Línea	103
11.7.- Gap	103

## **CAPITULO VI**

### **ENFOQUE DEL PROCESO DE ASERRADO**

1.- INTRODUCCIÓN	105
2.- DECISIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ALCANCE DEL CAPITULO	106
3.- CENTROS DE TRABAJO	107
4.- TOMA DE DECISIONES EN EL PROCESO	110
4.1.- Lógica Programada	110
4.2.- Hardware y Software	112
4.3.- Medición de La Pieza	114
4.4.- Posicionamiento de Herramientas y Madera	115
5.- DEFINICIÓN DE OPERACIONES POR ÁREA DE PROCESO	116
5.1.- Área Preparación de Materia Prima	117
5.1.1.- Recepción de trozos	119
5.1.2.- Clasificación en cancha de trozos con corteza	119
5.1.3.- Descortezado	121
5.1.4- Trozado	128

5.1.5- Tratamiento Subproductos	131
5.2.- Aserrío Trozas	132
5.2.1.- Alimentación al aserradero	134
5.2.2.- Corte Primario	138
5.2.3.- Corte Secundario	145
5.2.4.- Canteado	151
5.2.5.- Despuntado Y Clasificación	154
5.2.6.- Reaserrío	159
5.2.7.- Recuperación	161
5.2.8.- Tratamiento de Subproductos	163
5.3.- Tratamientos realizados a la Madera Aserrada.	163
5.3.1.- Baño Antimancha	166
5.3.2.- Secado	167
5.3.3.- Cepillado	168
5.3.4.- Impregnación	169
5.3.5.- Empaquetado	170
6.- IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS	170
6.1.- Clasificación de los Problemas	171
6.1.1.- Debidos a causas Operacionales	171
6.1.2.- Debidos a Causa Mecánicas	171
6.1.3.- Debidos a Causas Eléctricas	172
6.1.4.- Causas Externas	172
6.2.- Problemas Identificados en Plantas	173
6.3.- Distintas Configuraciones de Máquinas para un mismo producto	175



## **CAPITULO VII**

### **MAQUINAS DE ASERRIO**

1.- INTRODUCCION	180
2.- METODOLOGÍA	181
3.- DEFINICIÓN DE LAS FAMILIAS DE EQUIPOS.	182
4.- EQUIPOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	184
4.1.- Sensores	187
4.1.1.- Fin de Carrera	188
4.1.2.- Detector de Proximidad y Medidores de Distancia	188
4.1.3.- Fococelda	189
4.1.4.- Encoder	190
4.2.- Escáner	191
4.2.1- Ópticos	191
4.2.1.1.- Cámaras de Video	192
4.2.1.2.- Escáner de Cortina	192
4.2.1.3.- Parabólico	193
4.2.1.4.- Barrera Fococeldas	194
4.2.1.5.- Triangulación Láser	195
4.2.1.6.- True Shape	195
4.2.1.7- Escáner de Cámaras	196
4.3 .- Aplicaciones de los sistemas de recolección en el Proceso de Aserrado	196
4.3.1.- Barrera de Fococelda aplicada a Carro Huincha	196
4.3.2.- Aplicación de Triangulación Láser a Medición de Espesor	197
4.3.3.- Aplicación de Escáner de Cámara	198
5.- EQUIPOS DE TRANSPORTE	199
5.1.- Cadenas	201
5.2.- Rodillos	202
5.3.- Cintas	202
5.4.- Alimentadores	203
5.5.- Carros	204

5.6.- Separadores de Tablas	205
5.7.- Alimentadores de Paso (Step Feeder)	206
5.8.- Pateadores	206
6.- EQUIPOS DE CORTE	207
6.1.- Descortezadores (Debarker)	208
6.2.- Sierras Circulares (Circular Saws)	209
6.3.- Sierras Huinchas ( Band Saws)	216
6.4.- Sierras Alternativas	221
6.5.- Perfiladores (Profiler)	223
6.7.- Astilladores Canteadores (Chipper Canter)	224
6.8.- Reductores de Contrafuerte (Butt Reducer)	227
6.9.- Astilladores (Chipper)	238
7.- EQUIPOS DE CLASIFICACIÓN Y APILADO DE MADERA ASERRADA (SORTER AND STACKER)	230
8.- EQUIPOS PARA TRATAMIENTOS	232
8.1.- Cámaras de Secado	232
8.2.- Antimancha	232
8.3.- Cámaras de Impregnación	233
8.4.- Cepilladoras	234
9.- EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	234
10.- PARAMETRIZACIÓN DE LOS EQUIPOS SEGÚN ESTACIONES DE TRABAJO	235
10.1.- Metodología para Parametrización	236
10.2.- Clasificación y Parametrización de los centro de trabajo	239
10.2.1.- Equipos para Descortezado	240
10.2.2.- Equipos para Trozado	242
10.2.3.- Equipo para Alimentación Aserradero	244
10.2.4.- Corte Primario	245
10.2.5.- Corte Secundario	248
10.2.6.- Canteado	251
10.2.7.- Despuntado y Clasificación	253

## **CAPITULO VIII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1.- CONCLUSIONES	257
1.1.- Productos	257
1.2.- Proceso	258
1.3.- Equipos	259
2.- RECOMEDACIONES	260

### **BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXOS**

## **INDICE ANEXOS**

ANEXO N° 1: CALIDADES DE TROZOS – ESPECIFICACIONES.

ANEXO N° 2: DIMENSIONES Y TOLERANCIAS PARA PRODUCTOS DE MADERA ASERRADA.

ANEXO N° 3: CONTENIDOS DE HUMEDAD EN MADERA SECA.

ANEXO N° 4: ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA PRODUCTOS DE ASERRADERO.

ANEXO N° 5: DIMENSIONES DE MADERA ASERRADA SEGÚN NORMA AMERICANA.

ANEXO N° 6: DEFECTOS DE LA MADERA EN LA CLASIFICACIÓN NÓRDICA.

ANEXO N° 7: GLOSARIO DE IMÁGENES EN LAYOUT.

ANEXO N° 8: CONFIGURACIÓN CORTE PRIMARIO.

ANEXO N° 9: CONFIGURACIONES DE CORTE SECUNDARIO.

ANEXO N° 10: CONFIGURACIÓN OPERACIÓN CORTE CANTEADO.

ANEXO N° 11: TILT HOIST.

ANEXO N° 12: CONFIGURACIONES DE OPERACIÓN REASERRIO.

ANEXO N° 13: EQUIPOS DE OPTIMIZACIÓN SENSORES.

ANEXO N° 14: EQUIPOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN ESCANERS.

ANEXO N° 15: CADENAS.

ANEXO N° 16: RODILLOS.

ANEXO N° 17: CINTAS.

ANEXO N° 18: POSICIONADORES, CENTRADORES, GIRADORES.

ANEXO N° 19: CARROS.

ANEXO N° 20: SEPARADORES DE TABLA.

ANEXO N° 21: STEP FEEDER.

ANEXO N° 22: DESCORTEZADORES.

ANEXO N° 23: SIERRAS CIRCULARES.

ANEXO N° 24: SIERRAS HUINCHAS.

ANEXO N° 25: SIERRAS ALTERNATIVAS.

ANEXO N° 26: PERFILADORES.

ANEXO N° 27: CHIPPER CANTER.

ANEXO N° 28: BUTT REDUCER.

ANEXO N° 29: ASTILLADORES.

ANEXO N° 30: CLASIFICADORES.

ANEXO N° 31: STACKEER.

ANEXO N° 32: EQUIPOS COMPLEMENTARIOS.

ANEXO N° 33: TRANSPORTES ANGULARES.

## RESUMEN

En este trabajo se realizó una investigación de la Industria del Aserrío en torno a tres temas específicos: Productos, Procesos y Equipos utilizados en la industria. Cada uno de estos temas fue investigado de manera que la información obtenida pudiese permitir caracterizar cada uno de ellos y especificar que atributos y operaciones deben ser considerados para poder ser usados en un software de simulación para la Industria.

Para el tema de Productos se realizó una recopilación de los productos de madera aserrada en la industria del aserrío chilena, basada en la experiencia de Aserraderos Arauco y Aserraderos CMPC. También se revisaron las Normas de Clasificación Americana y Nórdica. Se llegó a la conclusión que los atributos que caracterizan a un producto de madera aserrada son el contenido de Humedad Final, la procedencia de la pieza de madera desde el trozo (lateral, central o semilateral) y las escuadrías del producto (medidas de producción y tolerancias). Otros atributos como calidad superficial, porcentaje de aprovechamiento de la pieza, tratamientos de protección contra hongos e insectos, se encuentran relacionados con especificaciones del cliente.

En cuanto al Proceso se realizó una investigación de temas que se consideraron relevantes antes de entrar en la definición del mismo. Entre estos temas se encuentra el tipo de materia prima utilizada, principios de diseño, diagramas de corte, tiempos del proceso, e indicadores de desempeño. Junto a esto se realizaron visitas a los aserraderos de CMPC: Bucalemu, Nacimiento y Mulchén, y a dos de los aserraderos de ARAUCO: Horcones y el Colorado.

Para el Proceso se realizó una división sobre la base de Áreas, las que fueron divididas en Operaciones con Tareas específicas a cumplir en cada una de ellas. Las áreas en las cuales se dividió el proceso son: Preparación de materia Prima, que involucra las Operaciones

de Recepción, Clasificación, Descortezado, Trozado de rollizos. La segunda área definida es Aserrío de Trozas, que considera las operaciones de Alimentación, Corte Primario, Corte Secundario, Canteado, Reaserrío y Recuperación. Y finalmente la tercera área definida corresponde a Tratamientos realizados a la Madera Aserrada, donde se encuentran las operaciones de Baño Antimancha, Secado, Cepillado e Impregnación. En esta área también se incluyó el tema del empaquetado de madera aserrada. También se consideró el tema de tratamientos de desechos producidos en cada área. Las tareas son definidas para cada operación y están relacionadas con la definición previa de lo que llamamos Centro de trabajo, compuesto por una Definición de la Operación, un Conjunto de Máquinas que permitan tomar información del sistema, y que puedan realizar una operación física sobre el material, y cuya última componente es una lógica que permita tomar las decisiones de corte.

Finalmente para los equipos se realizó una clasificación de estos mediante familias, considerando como familia a un conjunto de equipos que cumplen una función similar en el proceso. Las familias definidas fueron: Recolección de Información, Transporte, Corte, Clasificación y Apilado, y equipos para Tratamientos. Una familia aparte fue la de equipos complementarios que incluye detectores de metal, equipos de afilado, entre otros.

Además, se realizó una clasificación de los equipos de acuerdo a la operación que cumplían dentro de la planta, en las áreas definidas y donde se consideran los atributos de los equipos.

En cuanto a los atributos que se consideraron para los equipos, estos se dividieron en dos tipos: Datos Técnicos y Parámetros que definen la performance del equipo. Estos últimos son los que se deben considerar para caracterizar un equipo para la simulación, entre ellos se encuentran las restricciones de corte (altura, espesor y ancho), velocidad de avance, capacidades de los equipos y en general toda variable que afecte el flujo del proceso.

## **CAPITULO I**

### **ANTECEDENTES DEL TRABAJO**

#### **1.- INTRODUCCION**

Las plantaciones forestales en nuestro país han hecho que exista la posibilidad de dar paso al sector forestal, el cual junto con la industria de la gran minería, son las que mayores exportaciones producen y las que más divisas entregan al país.

Dentro del sector forestal la industria del aserrío ha hecho su parte. Para el período enero – septiembre del 2001, según INFOR, los retornos al país por concepto de madera aserrada alcanzaron los 130.300,3 millones \$US FOB. Por otro lado, la industria del aserrío se caracteriza por ser de tipo heterogénea, existiendo diversidad en los planteles. Diversidad en las formas de las instalaciones, tamaños y niveles de producción, máquinas, productos, personal y tipo de organización.

La perspectiva de la industria del aserrío ha ido cambiando desde solo producir madera aserrada, hasta realizar integración hacia atrás (silvicultura) y/o integración hacia delante (remanufactura). Uno de los grandes problemas de esta industria es que el conocimiento de los procesos, y por ende de las máquinas, productos existentes, se ha hecho en forma empírica, cambiando parámetros en las máquinas e intentando conocer y mejorar los procesos. Por esta razón, el presente trabajo entrega una descripción de los Productos, Procesos y Equipos de la Industria del Aserrío, a fin de que estos puedan servir como base para la creación de un software de simulación que permita mejorar la gestión del Proceso.



## 2.- JUSTIFICACION DEL TEMA

El análisis de Procesos Industriales busca mejorar capacidades de las plantas, control de calidad y optimizar recursos. En este punto las personas se ven obligadas a tomar decisiones que afectan el proceso productivo y la rentabilidad del negocio.

Una herramienta potente para esta toma de decisiones es la Simulación de procesos. La cual ha sido usada a través de los años en diferentes ámbitos como la aerodinámica, la construcción de automóviles, simuladores de vuelo, “carrera espacial”, entregando resultados que permiten mejorar y conocer los procesos a través de cambios en parámetros o variables esenciales de estos antes de realizar la inversión en ellos.

Dentro de las ventajas de la simulación podemos mencionar:

- a. Experimentación económica
- b. Ensayos de sensibilidad
- c. Repetición de experimentos
- d. Estudio de estabilidad del sistema.

De lo anterior se ve que la Simulación es una herramienta a la cual se le debe sacar provecho en la toma de decisiones.

En la industria del aserrío no existe una herramienta que permita modelar a través de datos conocidos las líneas de producción, ya sea cambiando maquinarias o bien instalando una línea nueva, como ya mencionamos esto se ha hecho a través de la experiencia.

De esta manera se visualiza que en la industria del aserrío es posible estudiar y simular condiciones de operación antes de invertir en nuevas tecnologías, por ejemplo podríamos simular: capacidad de productiva, tiempos muertos, número de máquinas para distintos

procesos, ordenamientos de las máquinas en la planta, control de calidad, mano de obra, entre otros.

Por estas razones, la necesidad de entregar una descripción de Productos, Procesos y Equipos, se hace necesaria para crear una herramienta de simulación que permita mejorar el proceso de aserrío.

### **3.- ORIGEN DEL TEMA**

El origen de este trabajo de título se enmarca dentro de un Proyecto FIT, que plantea la creación de un software de simulación, que permita poder Simular los Procesos de la Industria del Aserrío. Este proyecto FIT consta de tres etapas que buscan la generación de una herramienta que permita modelar y simular aserraderos, de tal manera que cualquier usuario que quiera implementar o cambiar algo en su planta sea capaz de hacerlo antes de realizar la inversión. Podemos decir que el proyecto cuenta con las siguientes etapas:

- a. Caracterización y Estandarización de Productos, Procesos y Equipos de la industria del aserrío.
- b. Crear un Software que permita simular aserraderos.
- c. Comercialización del producto.

En particular, este trabajo de título se enmarca en la primera etapa, que consiste en poder describir aspectos principales de la industria en torno a Productos, Procesos Y Equipos.

## **4.- OBJETIVOS**

### **4.1.- Objetivos Generales**

1. Determinar las características que definen a un producto de madera aserrada, y bajo las cuales se puede estandarizar el producto.
2. Identificar y describir las distintas etapas del proceso de aserrado que permitan caracterizarlo.
3. Identificar y describir los equipos que intervienen en el proceso de conversión primaria de la madera.

### **4.2.- Objetivos Específicos**

Para los Productos

- a. Describir los atributos por los cuales son clasificados los productos.
- b. Describir los productos que se producen en la industria de conversión primaria.
- c. Poder observar las características que permiten estandarizar la madera aserrada.
- d. Identificar y describir las normas usadas en la clasificación de los productos.

Para el Proceso

- a. Definir aspectos generales, relevantes para el funcionamiento de la industria.
- b. Definir las etapas del proceso de aserrado. Identificando las diferentes combinaciones en cada una de ellas.
- c. Describir en forma general como se realiza la toma de decisiones en el proceso.

Para los Equipos

- a. Identificar y definir familias de equipos dentro del proceso de aserrado
- b. Identificar las variables principales para cada equipo pertenecientes a una familia
- c. Clasificar las máquinas de acuerdo a la operación y el área en la cual se encuentran dentro del proceso
- d. Establecer las variables de las máquinas que afectan el proceso
- e. Entregar rangos de variables según su operación.

## **5.- METODOLOGÍA**

Para cumplir con los objetivos propuestos, la metodología consistió en investigar cada gran tema (productos, procesos y equipos) de manera independiente, no perdiendo la perspectiva que ellos son parte de un todo, o un mismo sistema.

La metodología general del proceso se basa en las siguientes tareas.

1. Búsqueda de información bibliográfica en torno al tema de aserrado y de las prácticas de aserrío. (Biblioteca UBB, U Concepción, INFOR, Internet).
2. Visitas Industriales.
3. Participación en Seminarios dictados por empresas que distribuyen máquinas de aserrío, a fin de obtener datos más formales de estos equipos.
4. Entrevistas con Distribuidores de Maquinarias y personas relacionadas con los temas de Procesos y Productos.

En el tema de los productos se buscará conocer cuales son las especificaciones de las distintas clases de productos producidos en los aserraderos. Además, se pretende conocer cuales son las normas que rigen a los productos de madera aserrada en nuestros aserraderos.

En el tema de procesos se dará una explicación de cada etapa, destacando problemas que se presentan, configuraciones existentes en nuestro país, o lo que podríamos llamar el estado del arte en nuestros aserraderos.

En el tema de las máquinas se buscaron aquellas más usadas, definiendo principio de funcionamiento, principales características de los equipos y estableciendo familias de equipos.

Al finalizar el trabajo se entregan características que permiten especificar cada uno de los tres temas estudiados.

## **CAPITULO II**

### **ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO**

#### **1.- INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se entregan de manera breve algunos antecedentes de la industria del aserrío, a fin de poder entender uno de los sectores del complejo forestal, fundamentado en los productos de pulpa, papel, madera aserrada, tableros, astillas, trozas y leña, siendo estos los productos más importantes desde el punto de vista de la producción.

Al referirse a la madera aserrada en el año 2000 se produjeron 5698 miles de m<sup>3</sup> de producto, de los cuales el 24% es destinado a exportación y el restante 76% es para consumo nacional. Un porcentaje de la madera que es para destino nacional, se transforma en molduras, las cuales son exportadas al extranjero, principalmente al Mercado de Estados Unidos. Con una superficie de plantaciones forestales de alrededor de 1980 miles de ha, de las cuales 74% corresponde a pino radiata, la producción de madera aserrada se ha basado en esta materia prima, orientado a la producción de maderas que se puedan usar como partes de muebles, puertas, ventanas, molduras, entre otros.

Desde un aspecto tecnológico, desde el año 1848 cuando en la X región se instala el primer aserradero de sierra circular, las tecnologías de corte han ido en constante desarrollo y

las prácticas nacionales han insertado tecnologías usadas principalmente por los Países Nórdicos (Finlandia, Noruega y Suecia) y del Norte de América, (Estados Unidos y Canadá). La inversión en Maquinarias en el año 2000 ascendieron a 8.036.975 miles de \$, en cuanto a la inversión en instalaciones esta alcanza 11536560 miles de \$, para el mismo año. Esto da la idea en nuestro país por buscar un mejor aprovechamiento del recurso forestal.

Finalmente la industria ha pasado desde un concepto de maximizar el rendimiento del trozo en términos del volumen de madera aserrada, hacia una producción con alta relación precio – calidad. Esto explicaría los niveles de inversión en tecnología, orientando los primeros cortes hacia la obtención de piezas de alta calidad.

## 2.- EL RECURSO FORESTAL

El bosque en Chile alcanza el 19% de cobertura de la superficie del país, con un 74% de pino radiata, que se ha transformado en la materia prima para la industria, no solo en el sector aserraderos, incluyendo aserraderos, plantas de celulosa y tableros.

En el siguiente gráfico se muestra la participación del pino radiata en las plantaciones.

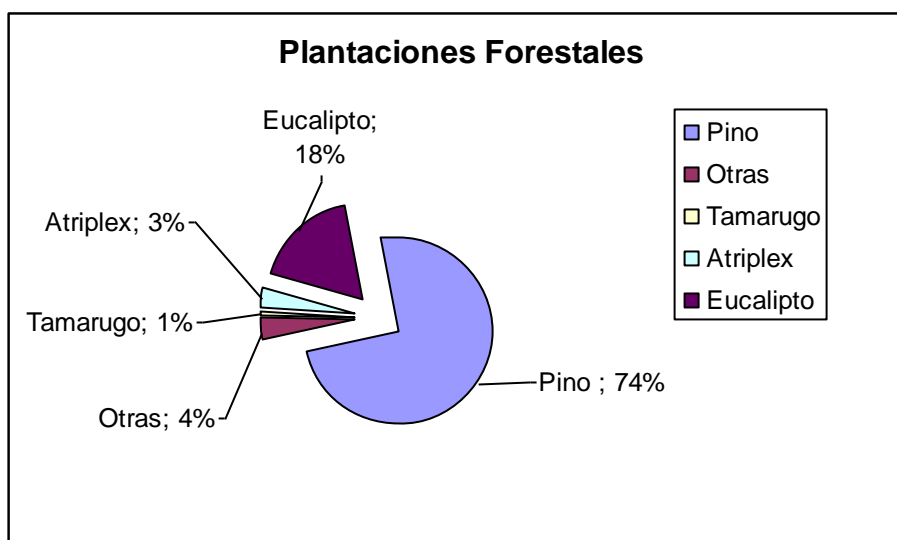


Figura N° 1.1: Plantaciones Forestales  
Boletín Estadístico 79, INFOR Año 2000

Atriplex: las especies de este género son usadas para forraje y en estricto rigor no incluyen plantaciones forestales. Se detallan por ser establecidas por el D.L. 701 de Fomento Forestal y sus Modificaciones posteriores.

Para el año 1999 de los 23,2 millones de m<sup>3</sup> de trozas que consumió la industria nacional, la industria del aserrío fue la más importante con un 45% del total.

En la siguiente tabla se muestra la superficie plantada por región de pino radiata.

Tabla N° 1.1: Plantaciones de Pino por Región

<b>Región</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Volumen (millones de m<sup>3</sup>)</b>
III	1	-
IV	655	-
V	14.806	2,0
RM	1.002	0,3
VI	67.598	7,5
VII	363.739	30,6
VIII	639.948	74,1
IX	260.441	32,2
X	126.583	14,5
Total	1.473.773	162,2

Fuente: INFOR  
Concepción, 2001

La octava región es la mayor abastecedora de materia prima, seguida de la séptima y novena región.

Una de las ventajas del recurso forestal chileno, en comparación con otros países, es su rápido crecimiento, lo que facilita los niveles de consumo de trozas. En la siguiente figura se muestra una comparación del crecimiento de las especies.

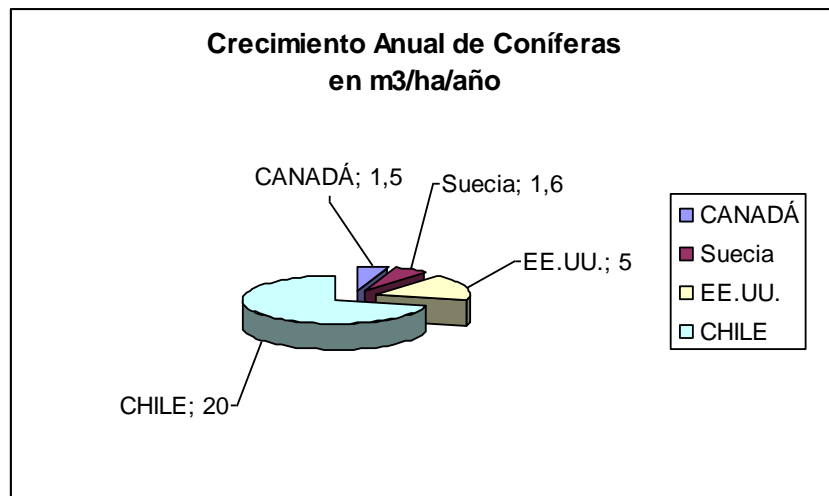


Figura Nº 1.2: Crecimiento Anual de Coníferas

Fuente: INFOR  
Concepción, 2001

Chile (así como Argentina y Brasil) también presenta una gran ventaja natural en la producción de la madera destinada a la producción de los diferentes productos del complejo. En término medio el crecimiento del pino radiata es de 20-25 m<sup>3</sup> por hectárea por año; en cambio en Suecia el crecimiento de las coníferas destinadas a la producción de madera es, en promedio, de 4-5 m<sup>3</sup> por hectárea por año y en Estados Unidos es de 7 m<sup>3</sup> por hectárea por año . En concreto, esto significa que en Chile se puede tener un pino radiata en 20-22 años, mientras que en Suecia, por ejemplo, son necesarios alrededor de 60 años. También, en el caso del eucalipto existe una ventaja parecida que hace que sea posible tener un árbol de ese tipo en 8-9 años mientras que en el norte de Europa son necesario más de veinte años. Por último, podemos mencionar que el desarrollo de las plantaciones y los altos volúmenes de madera requeridos para el abastecimiento, ha obligado a forestar grandes masas, la industria se ha orientado hacia la producción de manufacturas de madera, integrando procesos del aserrío con productos pulpables.

### 3.- INDICADORES DEL SECTOR

En la siguiente tabla se muestra los resultados de las exportaciones e importaciones de productos forestales.



Tabla N° 1.2: Balanza Comercial de Productos Forestales. (En millones de US\$)

Año	1998	1999	2000
Exportaciones	1.661	1.971	2.365
Importaciones	504	440	542
Resultado	1.157	1.531	1.823

Fuente: INFOR  
Concepción, 2001

Según las estadísticas del Banco Central, el sector forestal aportó al Producto Interno Bruto \$213.148 millones de pesos en el año 1998. En el caso del rubro de madera, que incluye madera aserrada y elaborada, aporta el 34% del PIB total del sector. Además el sector forestal chileno en materia de empleo, generó durante 1998 un total de 123.921 empleos directos. De los cuales un 23,6% es absorbido por el rubro aserraderos.

Los principales destinos de la industria del aserrío son: los envíos al extranjero, como madera aserrada y el mercado interno. Considerando esta división, el 24% se exporta y el 76% se destina al mercado nacional. De éste 76%, existe un porcentaje importante de madera que se procesa en el país y luego se exporta como madera elaborada y otros.

La salida de madera aserrada del país ha ido en creciente aumento, esto se debe a que la industria maderera nacional, se decidió a comercializar madera elaborada, obteniendo un mejor precio por su producto final. Para ello la inversión en tecnología es cada vez mayor para cumplir con los estándares de calidad exigidos en el procesamiento de la materia prima.

## 4.- MERCADO

Entre los principales productos exportados encontramos madera aserrada, molduras, entre otros. El mercado de productos forestales se encuentra liderado por Estados Unidos y Japón.

En las siguientes tablas se muestra el consumo aparente de algunos países para el consumo de madera aserradas blandas.

Tabla N° 1.3: Países Exportadores de Madera Aserrada de Coníferas, en miles de metros cúbicos.

País	Año	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente
Finlandia	2000	13.320	263	8.535	4.824
	2001	12.600	250	8.370	4.650
	2002	12.900	200	8.450	4.550
Canadá	2000	68.556	769	48.928	19.925
	2001	66.000	650	45.550	19.902
	2002	66.000	700	47.500	19.700
Austria	2000	10.150	1.175	6.016	5.906
	2001	9.900	1.250	6.400	4.750
	2002	9.900	1.300	6.500	4.700
Rusia	2000	18.700	-	7.000	11.700
	2001	17.700	-	7.000	10.700
	2002	-	-	-	-
Letonia	2000	-	-	2.635	-
	2001	-	-	2.440	850
	2002	-	-	-	-
Suecia	2000	14.839	300	11.056	3.883
	2001	14.500	400	10.700	4.000
	2002	14.500	400	10.700	4.000
EE.UU.	2000	83.938	45.354	2.081	126.233
	2001	84.021	42.219	3.125	123.456
	2002	85.121	43.279	3.414	124.958
Noruega	2000	2.222	929	688	2.456
	2001	2.150	1.050	650	2.521
	2002	2.200	1.000	700	2.510

Fuente Sitio Madera  
Lumber Newsletter, Santiago Octubre de 2001

Para los principales países importadores la siguiente tabla muestra el comportamiento del consumo aparente.

Tabla N° 1.4: Principales Países Importadores de Madera Aserrada de Coníferas, en miles de m<sup>3</sup>.

País	Año	Producción	Importación	Exportación	Consumo Aparente
Bélgica	2000	950	1.499	505	1.924
	2001	925	1.280	465	1.760
	2002	925	1.250	440	1.745
Dinamarca	2000	300	2.326	-	2.462
	2001	300	1.950	-	2.300
	2002	300	1.900	-	2.250
Alemania	2000	15.100	5.000	2.800	17.300
	2001	14.800	4.600	3.200	16.200
	2002	15.100	4.600	3.200	16.500
Francia	2000	8.500	2.882	650	10.200
	2001	8.650	2.751	675	10.726
	2002	8.750	2.700	725	10.725
Gran Bretaña	2000	2.130	7.639	150	9.600
	2001	2.150	7.402	130	9.502
	2002	2.180	7.471	130	9.459
Italia	2000	820	6.329	100	6.848
	2001	700	5.600	100	6.400
	2002	700	5.700	100	6.300
Holanda	2000	247	2.986	216	3.042
	2001	200	2.885	210	2.850
	2002	200	2.800	200	2.800
España	2000	2.350	2.216	140	4.426
	2001	2.357	2.254	142	4.467
	2002	2.354	2.089	141	4.299

Fuente Sitio Madera, Lumber Newsletter, Santiago Octubre de 2001

## 5.- DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO

Esta industria ha evolucionado rápidamente en tecnología, con la incorporación de otros sectores forestales, esto lo podemos resumir en dos ideas:

- a. Una fuerte atomización en el número de establecimientos, propietarios y localización geográfica, como asimismo en su heterogeneidad de tamaños, tipos y calidad de tecnologías y productos.
- b. Es una industria concentrada hacia atrás ( Silvicultura y manejo de trozas) y hacia adelante en remanufactura y los canales comerciales, integrando una utilización máxima de la materia prima, (intercambio entre industrias de pulpa, tableros, cogeneración de energía).

Esta situación ha permitido ganar competitividad frente a un abastecimiento de madera en trozos, cada día de mayor costo y competencia. La madera es un producto intermedio y los clientes exigen cada vez una mejor relación precio calidad.

### 5.1.- Clasificación y Número de Aserraderos

Según el Instituto Forestal podemos encontrar tres tipos de aserraderos, según grado de tecnología incorporada y nivel de producción, en la tabla siguiente se especifican estos:

Tabla N° 1.5: Tipos de Aserraderos según capacidad de Producción

Tipo de Aserradero	Capacidad en m <sup>3</sup> al año
Mecanizados	Mas de 50.000
Tradicional, no Mecanizados	10.000 a 49.999
Temporales	Menos de 9.999

Fuente: INFOR, Concepción, 2001.

Los aserraderos mecanizados poseen un proceso de producción automatizado, además usan una serie de equipos sofisticados para la clasificación de trozas, y el manejo y clasificación de madera. Por lo general, los aserraderos mecanizados cuentan con una clasificación diamétrica de trozas, las cuales posteriormente son descortezadas. La mayoría de los aserraderos mecanizados poseen instalaciones que ya superan los diez años de antigüedad. La procedencia de los equipos es normalmente de países como Estados Unidos, Canadá, Alemania, Brasil, Suecia y Chile.

Los aserraderos no Mecanizados emplean normalmente la sierra huincha como maquina principal. La sierra partidora puede ser huincha o circular en algunos casos. La canteadora es por lo general circular móvil y el despuntado es de sierra circular. El proceso de producción es semiautomático, observándose incorporación de maquinaria nueva en plantas normalmente mayores a 20 años.

Los aserraderos temporales emplean máquinas antiguas, y el movimiento interno de la madera es manual. El proceso de aserrío es muy simple, llevándolo a cabo solo con una sierra principal circular de dientes postizos, que sirve a la vez de partidor y con una canteadora de sierra circular fija. La energía que habitualmente se utiliza proviene de antiguos locomóviles.

Las inversiones realizadas en los aserraderos se presentan en las siguientes tablas, según rango de producción.

Tabla N° 1.6: Trayectoria de Inversiones en la Industria de Aserrío según Rango de Producción de los Aserraderos.( miles de \$)

Rango de Producción	1996	1997	1998	1999	2000
Total	17.124.553	16.554.298	4.897.280	10.099.211	36.759.537
>50000	9.164.939	11.113.288	1.781.104	5.498.451	13.992.730
20001-50000	707.980	1.626.000	1.728.500	538.000	18.134.742
10001-20000	2.327.310	616.040	564.444	722.200	586.685
5001-10000	205.100	1.554.500	237.600	159.000	1.890.000
<5000	4.719.224	1.644.470	585.632	3.181.560	2.155.380

Tabla N° 1.7: Inversiones en Maquinaria e Instalaciones según tipo de aserradero y Rango de Producción (año 2000) (miles de \$)

Rango de Producción	Total	Maquinarias	Instalaciones
Total	36.759.537	25.222.977	11.536.560
Participación %	100	69	31
>50000	13.992.730	8036.975	5.955.755
20001-50000	18.134.742	14.837.723	3.297.019
10001-20000	586.685	135.249	451.436
5001-10000	1.890.000	821.000	1.069.000
<5000	2.155.380	1.392.030	763.350

En la siguiente tabla se detallan las principales empresas de aserrío, ordenadas según su producción medida en m<sup>3</sup>/año. Entre éstas se destacan Aserraderos Arauco S.A., Aserraderos Mininco, y Andinos S.A.

Tabla N° 1.8: Ranking de las principales Empresas de Aserrío ( Año 2000)

Razón social	Ubicación	Capacidad instalada (1turno) (m <sup>3</sup> )	N° Turnos	Producción (m <sup>3</sup> )	Exportación maderera (m <sup>3</sup> )	
					Aserrada	Elaborada
Total país		8.738.280		5.698.114	1.308.122	1.103.323
Otras empresas		5.550.669		1.487.852	257.425	365.765
Principales empresas		3.187.611		4.210.262	1.050.697	737.558
ASERRADEROS ARAUCO		1.103.100		1.599.000	480.602	339.855
Planta El Colorado	Curanilahue, VIII R.	165.000	2	250.000		
Planta Horcones 1	Arauco, VIII R.	156.000	2	245.000		
Planta Valdivia	Lanco, X R.	156.000	2	230.000		
Planta Cholgüán	Yungay, XII R.	150.000	2	200.000		
Planta Viñales	Constitución, VII R.	135.000	2	200.000		
Planta La Araucana	Los Alamos, VIII R.	65.1000	2	125.000		
Planta Horcones 2	Arauco, VIII R.	90.000	2	90.000		
Planta Mutrún	Constitución, VIII R.	60.000	2	78.000		
Planta Escuadrón	Coronel, VIII R.	45.000	2	70.000		
Planta Coelemu	Coelemu, VII R.	36.000	2	58.000		
Planta El Cruce	Constitución, VII R.	45.000	2	53.000		
CMPC MADERAS		354.900		709.770	364.686	84.958
Planta Nacimiento	Nacimiento, VII R.	131.400	2	263.098		
Planta Bucalemu	Cabrero, VII R.	117.600	2	234.983		
Planta Mulchén	Mulchén, VII R.	105.900	2	211.689		
ANDINOS S.A.	Cabrero, VII R.	138.600	2	266.000	46	82.546
SOCIEDAD FORESTAL SANTA ELENA LTDA.		99.927		175.485		
Planta Antihuala	Los álamos, VIII R.	45.000	2	78.000		
Planta Algol	Angol, IX R.	30.927	2	49.485		
Planta Nueva Imperial	Nva. Imperial, IX R.	24.000	2	48.000		
Aserraderos Paillaco S.A.	Paillaco, X R.	72.900	2	140.000	302	55.683
Aserraderos Cementos Biobio	Concepción, VIII R.	90.000	2	130.000	123.093	27.841
Forestal Copihue S.A.	Constitución, VIII R.	69.000	2	115.714	13.979	34.608
Industria Forestal Nacional	Marchihue, VI R.	63.000	2	91.500	19.447	21.294
Comercial E Industrias Jce	Los Angeles, VIII R.	69.000	2	80.000		
Forestal Tromen S.A.	Coronel, VIII R.	105.000	2	76.800		

Norwood S.A.	Coronel, VIII R.	104.100	2	53.189	247	12.689
Forestal Vigo S.A.	Coelemu, VIII R.	30.000	2	46.080	3.022	4.512
Productos Forestales Kamapu Ltda	Los Angeles, VIII R.	50.100	2	42.000	9.847	11.225
JAIME VENTURELLI Y CIA. LTDA.		46.392		40.206		
Planta Maule	Maule, VII R	34.020	1	28.866		
Planta Huepil	Tucapel, VII R.	12.372	1	11.340		
Soc. Versatil S.A.	Lebu, VIII R.	60.000	1	40.000	279	8.204
Aserradero Santa Blanca Ltda.	Constitución, VII R.	24.741	2	37.780		132
Maderera Rio Itata S.A.	Treguaco, VIII R.	51.000	1	36.000	5.247	25.432
Forestal Leon Ltda.	Florida, VIII R.	36.081	1	34.639		
Forestal Llaima Y Cia. Ltda.	Talcahuano, VIII R.	26.100	2	34.000	7.169	2.906
Aserradero Rio Colorado Ltda.	Los Angeles, VIII R.	17.319	2	33.254		
Proarauco S.A.	Los álamos, VIII R.	18.600	2	32.400	660	1.749
Soc. Agr. Y For. Maicoya Ltda.	Los Sauces, IX R.	43.299	1	30.928		
MADERAS POLCURA LTDA.		22.731		29.938	4.905	154
Planta Polcura	Tucapel, VIII R.	15.000	2	24.000		
Planta los Álamos	Los Álamos, VIII R.	7.731	1	5.938		
Maderera Martin Ltda.	Constitución, VII R.	21.087	2	29.691		
Forestal Coronel S.A.	Los Angeles, VIII R.	45.000	1	28.328		
Muebles Fourcade S.A. Maderas	Loncoche, IX R.	25.473	2	25.943	41	557
De Exportación Ltda.	Osorno, X R.	28.500	1	25.000		9.632
Aserradero San Joaquín Sa.	Chilán, VIII R.	36.000	1	24.480		
Mestre Y Cia. Ltda.	Constitución, VII R	15.465	2	24.258		
Foracion Chile S.A.	Curanilahue, VIII R.	120.000	1	24.000		5.773
Benjamin Weissglas Castro	Concepción, VIII R.	27.834	1	23.753		
Improfor Ltda.	Maule, VII R.	30.927	1	22.680		
Mario Tilerría E Hijos	Constitución, VII R.	33.735	1	22.680		
Maderas De Aysen S.A.	Coyhaique, XI R.	14.100	2	22.478	12561	2.664
Forestal Junquillar Ltda.	Maule, VIII R	39.000	1	22.080		621
Ind. Nacional De Productos	Temuco, IX R.	27.000	1	20.208		98
Forestal Russfin Ltda.	Timaukel, XII R	27.600	1	20.000	4.564	4.425

Fuente: INFOR  
Concepción, 2001

Para el año 2000 se registraron 1451 aserraderos, de los cuales 987 se encuentran trabajando y 464 están paralizados. De los aserraderos que se encuentran en operación 330 corresponden a aserraderos permanentes y 657 son aserraderos móviles. En la siguiente tabla se muestran los aserraderos según rango de producción para el período 1999- 2000.

Tabla N° 1.9: Número de aserraderos según rango de producción. Período 1999 – 2000.

Rango de Producción (m <sup>3</sup> /año)	Número de Aserraderos	
	1999	2000
>50000	19	23
20001-50000	26	27
10001-20000	38	28
5001-10000	50	56
<5000	849	853

Los aserraderos de la octava región operan con el 90% de la capacidad instalada, seguido de la séptima región, esto evidencia la ventaja de contar con materia prima disponible cerca del aserradero.

Finalmente la incorporación de tecnologías en los aserraderos, está basada en la necesidad de cumplir con los requerimientos de los clientes. Los mercados de madera aserrada cada vez son más exigentes en estándares de calidad y buscan el menor precio de compra.

## **CAPITULO III**

### **LA HERRAMIENTA DE SIMULACION**

#### **1.-INTRODUCCIÓN**

La Simulación es una herramienta poderosa que permite enfrentar diversos escenarios de un proceso, y ser capaz dentro de este ver cual o cuales son las variables que provocan fallas al sistema o que causan menores valores por ejemplo de rendimiento o productividad.

El proceso se conoce como sistema y para lograr estudiarlo se deben hacer una serie de suposiciones, estos supuestos toman la forma de relaciones lógicas o matemáticas, constituyendo un modelo que es usado para tratar de entender cómo se comporta el sistema completo.

El proceso de aserrado no es ajeno al uso de la simulación, de hecho es una de las industrias en las cuales los sistemas simuladores, generalmente orientados a la solución de



los patrones de corte, son parte importante del proceso en la toma de decisiones. El trabajo intenta describir aspectos del proceso que son bases para lograr construir un software, por ejemplo, las características de los productos que serán entidades desplazándose en el sistema, la definición de las estaciones de trabajo y las operaciones que se realizan en cada una de ellas.

## 2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS PARA LA SIMULACIÓN

Algunas características de los simuladores de sistemas de manufactura que deben ser considerados para la simulación los podemos definir a continuación:

- a. Tipos de partes moviéndose por el sistema
- b. Tipos de estaciones en el sistema**
- c. Capacidad de las estaciones
- d. Recursos empleados por el sistema
- e. Tiempo de procesamiento de las partes en cada estación
- f. Ruteamiento de las partes en el sistema
- g. Programación de las llegadas
- h. Paralización de equipos

Estas son solo algunas de las características que deben ser consideradas, una vez que estas estructuras han sido especificadas se puede dar paso a la simulación.

### **3.- SIMULACIÓN DE SISTEMAS**

La complejidad de los procesos productivos que involucran el uso de recursos tecnológicos, humanos y capital hacen que el manejo en forma eficiente sea más complejo e involucre decisiones que evaluarlas en forma tradicional resulten prácticamente imposibles.

Decisiones como instalación de una nueva línea, cambio de equipos, capacidad de recursos, son tipos de decisiones donde es posible aplicar la simulación.

Para la solución de problemas se realizan supuestos respecto de su comportamiento, que se expresan en relaciones matemáticas y lógicas que constituyen los modelos.

### **4.- ESTRUCTURA DE UN MODELO DE SIMULACIÓN**

Las siguientes son las estructuras de un modelo de simulación:

*Componentes:* Son los elementos constituyentes del sistema que son independientemente identificados (entidades, atributos, actividades, eventos, estado, etc.).

*Variables:* Representaciones de los componentes del sistema y de sus atributos, que toman distintos valores en el ciclo de vida del sistema.

*Parámetros:* Valores característicos de la operación de un sistema, cuyo valor no cambia durante el ciclo de operación, pueden ser definidos por el experimentador o por las condiciones del medio.

*Relaciones:* Conexiones entre componentes, variables y parámetros que reflejan las características de las interacciones del sistema y controlan los cambios de estado. Se expresan como relaciones matemáticas.

*Restricciones:* Limitaciones bajo las cuales fue construido el modelo, pueden ser impuestas por el modelador o por el sistema mismo.

*Función Objetivo:* Establece en forma explícita y libre de ambigüedad los objetivos y requerimientos del sistema en modelación y la forma en que estos serán evaluados en función de las variables y parámetros.

Estas estructuras están presentes en todos los procesos, así por ejemplo en la industria del aserrío las entidades podrían ser piezas de madera caracterizadas con atributos de dimensión y sobre las cuales se deben realizar una serie de actividades.

Entonces, y sobre la base estructural de los modelos se puede decir que algunos beneficios de la simulación son:

- a. Permite describir la conducta del sistema
- b. Construir teorías de hipótesis que tomen en cuenta la conducta observada.
- c. Usar teorías para predecir la conducta futura, esto es el efecto de los cambios en el sistema, en el ambiente o en el método de operación, lo que implica evaluar estrategias y políticas.
- d. El conocimiento adquirido en modelar y experimentar con el modelo puede ser utilizado para sugerir mejoras al sistema.
- e. Determinar la combinación óptima de parámetros en relación a la función objetivo.
- f. Verificar soluciones analíticas.

## **5.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SIMULACIÓN**

### **Ventajas**

- a. Permite trabajar con el modelo y no con el sistema
- b. El experimento puede ser repetido cuantas veces sea necesario, bajo las mismas condiciones.

- c. Permite un mayor control sobre las condiciones experimentales que al experimentar con el sistema mismo.
- d. Métodos de simulación son generalmente más fáciles de aplicar que los métodos analíticos.

#### Desventajas

- a. La simulación es a menudo costosa y supone bastante tiempo de desarrollo.
- b. Requiere usar gran cantidad de datos.
- c. Requiere numerosas corridas de simulación para obtener validez estadística.
- d. La simulación involucra recurso humano altamente capacitados en modelación, matemáticas, computación y estadística entre otras.
- e. Tiende a ser usada indiscriminadamente.

No debemos olvidar que la simulación debe ser usada cuando no exista una formulación matemática del problema o no existan métodos analíticos para resolverla. Por lo general si existen métodos analíticos, pero no existe recurso humano calificado, los procedimientos matemáticos son arduos o las herramientas computacionales son prohibitivas.

## **6.- EL USO DE LA SIMULACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO**

Algunas razones por las cuales debe usarse simulación en los aserraderos son las siguientes:

- a. Cualquier cambio en el sistema puede ser completamente estudiado antes de su costosa introducción en la planta.
- b. La simulación brinda la oportunidad de observar y hacer un muestreo de aquellos procesos cuya frecuencia es esporádica en la planta.
- c. La simulación es una herramienta clave para identificar y clasificar los problemas, por ejemplo, cuellos de botella, factor operacional de los recursos, tiempos de permanencia de la entidad en el sistema.

d. Podemos decir entonces, que los aserraderos deben contar con un sistema de simulación que les permita en forma eficaz tomar decisiones en la planta, permitiendo con esto mejorar la gestión de sus procesos.

La simulación debe considerar todo el espectro de posibilidades que pueden encontrarse en una planta, desde el número de operarios en cada estación de trabajo, tipo y características de los equipos, hasta cuales son los productos que se obtienen.

## **CAPITULO IV**

# **CARACTERIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA MADERA ASERRADA**

## **1.- INTRODUCCIÓN**

Definida como el principal producto que se obtiene de la Industria del Aserrío, la Madera Aserrada es hoy un producto del cual se suele hablar con mucho conocimiento. Sin embargo, la necesidad de un lenguaje común y la carencia de un sistema que permita estandarizar este producto en nuestro país, lleva a la confusión y por no decirlo menos al caos.

En Chile, existe una clasificación definida por el Instituto Nacional de Normalización, la que según una tabla de tolerancias de defectos clasifica la madera aserrada, (considera entre otros las grietas, médula, nudos, arqueaduras). Todo esto para un contenido de humedad.

A consecuencia de lo anterior y a fin de cumplir exigencias internacionales, se han asumido reglas y clasificaciones extranjeras que definen nombres y grados para la madera aserrada según el uso o la industria a la cual este producto es dirigido. Es así posible encontrarnos en algunas industrias con nombres como: select, shop, moulding & Better, entre otros. Todos estos nombres y grados clasificados según apariencia, porcentaje aprovechable de una pieza más grande de madera.

Sí lo expuesto anteriormente, es decir, la generación de parámetros que permitan generar estándares, permitiría que los productos pudiesen ajustarse a niveles de calidad y

alcanzar la optimización de este producto, sin considerar además la velocidad y transparencia con la cual operarían los mercados.

En el presente capítulo se señalan las características de clasificación de madera aserrada mas usadas en nuestro país, las cuales incluyen las clasificaciones internacionales usadas para la venta de madera en mercados extranjeros.

## **2.- PLANES DE CORTE**

Antes de seguir avanzando, queremos referirnos y detenernos, en un punto de suma importancia, este se refiere al tema de los planes de corte. Si se piensa en los aserraderos: ¿cómo se planifica la producción? la respuesta será: según los mercados y la disponibilidad de materia prima.

Hasta ahora no nos hemos referido a este tema, pero la materia prima o más bien llamada troza influye directamente en los niveles de productividad y rendimiento de las plantas. A la hora de planificar, se debe pensar: ¿La materia prima que se posee en stock es la necesaria y la mas adecuada para satisfacer la demanda de producto?.

Suele suceder que en algunos aserraderos podemos encontrar situaciones en las cuales el producto que es demandado es posible obtenerlo del centro de la troza, pero ¿qué hacemos con el resto?. Aquí es donde llegamos a darnos cuenta de la importancia de un patrón de corte en la planificación de un aserradero. Siendo más específicos, podríamos referirnos a la sección de la cual debe ser obtenida esta pieza, es común oír hablar de madera Central, lateral, Semilateral, pero: ¿cuales son las características de estas maderas? ¿De que sección de la troza provienen?. Estas son las primeras preguntas que debemos responder antes de clasificar la madera aserrada.

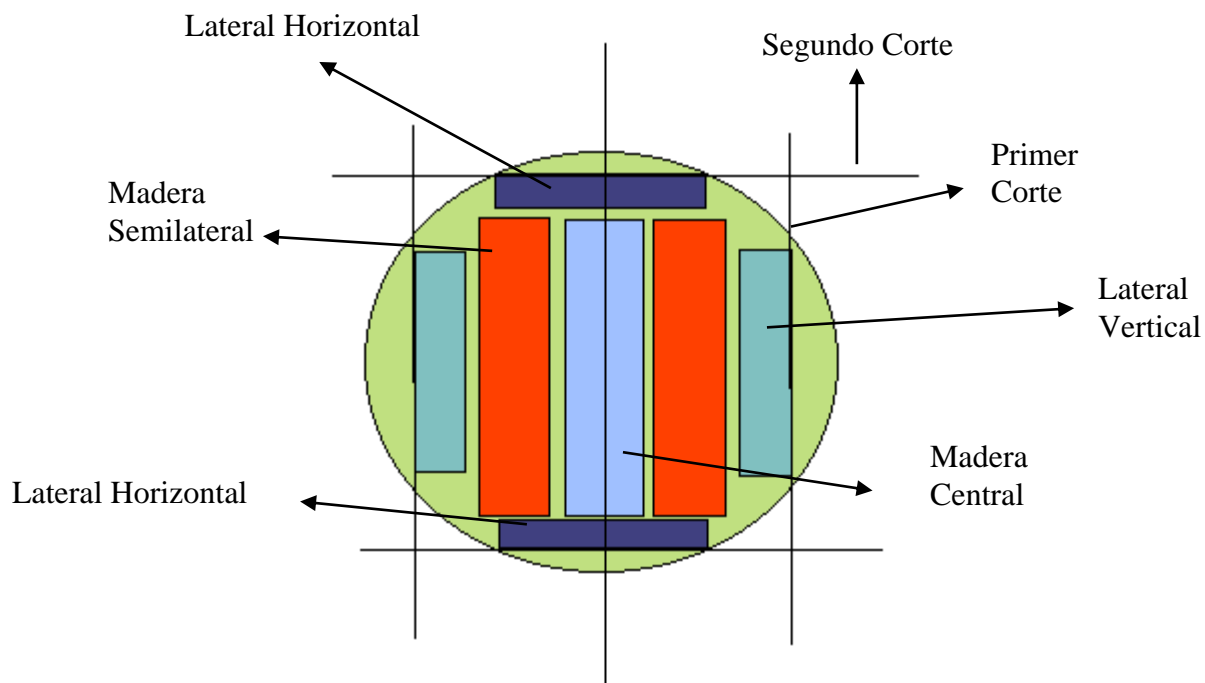
### **2.1.-Filosofía del corte**

Cuando hablamos de Filosofía de corte se refiere a dos aspectos: El primero es como se ingresan los trozos a la planta y el Segundo, como se realiza el corte en cada Troza. En el

primer caso esta referido a si la materia prima ingresa por clases diamétricas, es decir, existe una distribución de largos y diámetros, mezclado esto quizás con calidad de trozo, o bien, si al aserradero ingresan las trozas sin una clasificación previa de diámetros y largos. El segundo punto se refiere a como se aserrarán las trozas, aquí se distinguen dos tipos: Aserrío Cualitativo y Aserrío no cualitativo, el primero de ellos tiene por objeto obtener piezas de gran valor, cuyas características de apariencia determinan la calidad del producto final, por ejemplo cuando se busca obtener piezas para Moulding & Better. El segundo tipo de aserrío no busca obtener a priori calidades de madera para productos específicos, en este tipo lo que interesa es la cantidad de piezas a obtener, aunque lleva implícito el valor de la madera destinada a producto final.

## 2.2.- Calidad de madera en la troza

En la figura 4.1 , se ve un esquema de corte tradicional, en el cual se muestra el despiece de madera obtenida de una troza. En ella es posible distinguir las calidades de madera mencionados anteriormente, lateral, central, semilateral.



## Eje de Simetría

Figura N° 4.1: Esquema de Corte Tradicional

Es claro que cada pieza posee características distintas, físicas y mecánicas. Es por esto que ahora se definen cada una de ellas a objeto de tener en cuenta mas adelante que producto es posible obtener de esta zona y cuales son sus características. Debemos notar que se han considerado, por ahora, factores como tratamientos silviculturales, en particular la poda, que afecta el tipo o la calidad de la madera que puede ser obtenida de una troza. Por ahora se dará una definición para cada una de estos tipos de madera.

### **2.1.1.- Madera Lateral**

Estas piezas son obtenidas de la periferia del trozo y se caracterizan por ser maderas que están libres de nudos, o la cantidad de este defecto es poco relevante. Encontramos dos tipos: laterales verticales y horizontales, el primero de ellos obtenido después del primer corte y el segundo obtenido una vez realizado el segundo corte. Esta madera por ser libre de defectos, tiene un alto valor económico y esta orientada a la industria de remanufactura, su apariencia es muy buena y de ella es posible obtener piezas conocidas con el nombre de múltiplos o matrices, las cuales están orientados a la producción de uno o más productos a partir de una misma pieza, estas piezas mas pequeñas son obtenidas en el área de reaserrío. Este tipo de madera es principalmente llevado a cámara para realizar secado. Los anchos de estas maderas son variables, debido a que son obtenidas en el corte primario y secundario.

### **2.1.2.- Madera Semilateral**



Al igual que la anterior, se encuentra orientada a la industria de remanufactura, aunque la diferencia es que esta madera presenta una mayor cantidad de nudos y puede ser obtenida en el primer y segundo corte, el rendimiento de esta madera en remanufactura es menor debido a la mayor cantidad de defectos que deben eliminarse para producir el producto final. El ancho de estas maderas puede ser fijo o variable, dependiendo del corte en el cual son obtenidos.

### **2.1.3.- Madera Central**

Este tipo de madera, es obtenida de la parte central del trozo, se caracteriza por presentar gran cantidad de nudos y principalmente por la presencia de medula. Esta orientado a la industria de la construcción, y sujeto al igual que las anteriores a restricciones de escuadría y mercado. Por lo general este tipo de producto es bañado al final del proceso de aserrado. Una característica de esta madera es que el ancho de las piezas es fijo, se pueden obtener además piezas matrices, las cuales al igual que en la madera lateral son enviadas a reaserrio. Se obtienen una vez realizado el segundo corte.

### **2.3.- Optimización del Patrón de Corte**

La optimización del patrón de corte se encuentra ligada con la relación Product - mix y Log - mix, es decir consiguiendo la mejor relación entre el mix de productos y trozos, esto solo es posible con el nivel mas alto de complementariedad de escuadrías y calidades de productos y trozas. La clave del negocio de los aserraderos es aprovechar la materia prima que tiene tanto en volumen como en valor. En la figura 4.2 es posible ver productos que son obtenidos de la troza una vez realizada la optimización del patrón de corte.

Los aserraderos reciben pedidos y compran materia prima, el cómo responde la materia prima a los pedidos, o el pedido a la materia prima es un aspecto importante del negocio.



Figura N° 4.2: Optimización de la troza.

La distribución de calidades, la complementariedad de las escuadrías que permiten utilizar patrones de corte eficientes y aprovechar cada categoría de tronco son temas que hay que solucionar con cuidado puesto que una parte importante de la rentabilidad del aserradero depende de ellos.

### **3.- CLASIFICACIONES DE MADERA ASERRADA**

En nuestro país, como ya se mencionó se han adoptado clasificaciones extranjeras y nombres para la madera aserrada. Esta clasificación obedece a la demanda de mercado y están sujetas a características específicas para los distintos productos, características que se enmarcan en los defectos de la materia prima, como por ejemplo: nudos, grietas, agusanaduras, y los defectos del proceso, como lo son las marcas de sierra, astillamientos.

Es de esta forma que los nombres para cada producto están definidos según porcentaje aprovechable de las piezas de madera orientadas a la fabricación de pequeñas piezas que son parte de un producto final, por ejemplo el caso de la madera Shop, la cual es clasificada según el número de piezas que se puedan obtener para la fabricación de partes de puertas y ventanas.



Figura N° 4.3: Madera Aserrada

Al clasificar la madera aserrada, se debe referir a los atributos que esta presenta, entre ellas se mencionan la apariencia, especie, contenido de humedad, entre otros. Por otro lado, existe una tendencia a certificar los productos de acuerdo a su resistencia mecánica. En este punto podemos señalar la experiencia de Aserraderos Arauco y de CMPC empresas, quienes clasifican madera estructural, según norma Británica. En Chile, tan solo existe una clasificación visual para la madera de uso estructural, basada en la cantidad de nudos o defectos que esta pueda presentar.

### **3.1.- Atributos y variables a Considerar en la Clasificación de Madera Aserrada**

Ya se mencionó anteriormente que la madera es clasificada según atributos, entre los cuales se pueden citar: la materia prima, defectos del proceso, características de terminación como es secado y cepillado, las dimensiones. A continuación citaremos aquellos atributos que consideramos más importantes a la hora de clasificar un producto.

### 3.1.1.- Especie

Al hablar de la especie de madera, se refiere a dos grandes familias, las Maderas Duras y Blandas. En las primeras se encuentran especies como el roble, lenga, canelo, alerce. En la segunda clase podemos mencionar en nuestro país al pino radiata el cual se ha transformado en la fuente de producción de madera aserrada.



Figura N° 4.4: Pino Radiata

Las maderas duras presentan propiedades mecánicas mayores a las de madera blanda. Generan restricciones de velocidades de avance y corte en el aserrado.

Por el otro lado se encuentra el pino radiata representando a las maderas blandas, esta especie es una conífera de rápido crecimiento, altamente recomendado en el mercado mundial por su productividad y la calidad de su madera. Los árboles alcanzan su madurez entre los 16 y 25 años.

Algunos usos Comunes:

- a. Construcción
- b. Estructuras
- c. Paneles

- d. Cajas para Packing
- e. Madera Pulpable
- f. Enchapado
- g. Molduras
- h. Embalajes

La especie puede crecer a ritmos anuales superiores a 25 m<sup>3</sup> por hectárea y alcanzar alturas cercanas a los 40 metros, con crecimientos medios de 1,5 a 3 centímetros anuales de diámetro. De color blanco cremoso, su madera es permeable y muy fácil de secar e impregnar. Es posible pulirla hasta lograr un fino acabado.

Por su estabilidad y buena resistencia estructural, retiene muy bien clavos y tornillos, comportándose en forma excepcional ante pegamentos. Su color claro permite teñirla y pintarla en cualquier tono. Por todas estas características, se emplea como revestimiento de interior y de exteriores, en estructuras de viviendas, fabricación de muebles, y en molduras y embalajes. También es apreciada en la fabricación de postes para la agricultura y la transmisión eléctrica.

Su fibra resistente y de gran rendimiento es reconocida como materia prima para la elaboración de pulpa y papel, así como también en la fabricación de chapas y contrachapados, tableros de fibra o de partículas.

### **3.1.2.- Tipo de Materia Prima, Suministro**

En los últimos tiempos, la tendencia a llevar a preocuparse de la materia prima con la cual se va a trabajar, se habla de distribución de conicidad, curvaturas, defectos del trozo. Los tratamientos silviculturales, en particular la poda, hacen posible la obtención de calidades de trozas cuyo rendimiento no deja de ser sorprendente. Aserraderos Norwood, por ejemplo,

programa su producción sobre la base de tipos de trozos. Bajo este concepto es posible encontrar en el mercado trozos podados, trozos aserrables gruesos, P2-100, P2-50, P1-50. En nuestro país la norma NCh1222.Of76 establece una clasificación para trozas. En el Anexo N°1 se encuentran algunas calidades de trozos, donde se detalla los defectos que estos trozos soportan para su clasificación.

La empresa Ciris, involucrada en el área de Planificación de la producción en la industria del aserrío, señala que el rendimiento depende de la materia prima, de las características de los trozos, esto no es extraño pensarlo. Sin embargo, y a modo de ver la importancia de este atributo es que se mencionan cuales son las características relevantes en la producción de madera aserrada que depende de los trozos.

#### a.- Distribución de diámetros

El rendimiento de la materia prima crece con el diámetro del tronco. No es nada raro que el rendimiento de un tronco de 18 cm de diámetro sea al rededor de 45% cuando el rendimiento de un tronco de 30 cm puede ser mas cerca de 60% y aquel de un tronco de 60 cm cerca de 70%.Por tanto, queda claro que una distribución de diámetros con un diámetro medio de 35 cm influirá sobre el rendimiento de la materia prima de una manera diferente de una distribución diamétrica con un diámetro promedio de 18 cm.

#### b.- Distribución de largos

El rendimiento de la materia prima generalmente decrece cuando la longitud del tronco crece. Esto se puede comprender fácilmente debido a la conicidad del tronco que no permite sacar los productos laterales para conseguir un rendimiento idéntico que en largos mas cortos. Por tanto, una distribución con un promedio de 4 metros con conicidad idéntica y distribución diamétrica idéntica dará un rendimiento menor que con una distribución con largo promedio de 2 metros.

c.- Distribución de conicidades

Igualmente es fácil imaginar que generalmente una conicidad mayor da un rendimiento menor salvo que dicha conicidad permita sacar un producto lateral adicional que eventualmente pudiese aumentar el rendimiento.

d.- Distribución de curvaturas

La curvatura tiene un efecto muy directo en cuanto al valor del rendimiento ya que la madera no se puede aprovechar en las curvas para sacar productos y que por otro lado dicha madera se cuenta en el calculo del volumen del trozo. Dependiendo también de como se ubica dicha curvatura y de su forma real, las consecuencias pueden ser mas o menos importantes.

e.- Distribución de calidades:

Cada tronco tiene distintas calidades. Muchas veces, los productos que han sido pedidos, no necesariamente corresponden exactamente a las calidades que se encuentran. Por tanto, tal vez hay que sacrificar el volumen producido y en particular utilizando patrones de corte que no optimizan correctamente. Esta situación afecta obviamente el rendimiento de la materia prima.

f.- Distribución de defectos de forma

Los defectos de forma pueden afectar el rendimiento por dos razones. Por un lado los defectos de forma, una rama mal desramada en el bosque por ejemplo, pueden afectar el buen posicionamiento del tronco. Por otro lado un defecto de forma puede estropear unos diámetros del tronco y dejarlo sin fibras en un sitio donde se había previsto un producto. La consecuencia

es que la tabla que sale de dicho tronco , puede salir con canto muerto, tiene que ser canteada de nuevo o bien despuntada y por tanto bajando el rendimiento global.

La orientación de la planificación de la producción ha ido cambiando en el tiempo, los aserraderos se han dado cuenta de la importancia de la materia prima y ahora es posible encontrar aserraderos con clasificación por clases diamétricas, según proveedores, según calidades de trozos como las que mencionaban anteriormente. Cabe señalar por ejemplo que existen experiencias en aserraderos nórdicos, canadienses, americanos, donde la clasificación de los trozos se realiza con mas de una persona, estas observan los trozos por ambos extremos y una tercera revisa visualmente los defectos del manto, para luego clasificarlos.

Finalmente se puede mencionar que en nuestro país el avance tecnológico ha ido en pos del escaneo de los trozos antes del aserrado, al establecimiento de normas de defectos que son permitidos en los trozos.

### **3.1.3.- Apariencia**

La apariencia de la madera se puede definir como el aspecto visual que ella posee, en la cual se distinguen dos tipos de defectos, aquellos que son naturales a la madera y un segundo tipo que son debidos al proceso. Dentro de la clasificación de defectos naturales, se mencionan los nudos, bolsas de resina, presencia de médula, grietas, entre otros. Estos aspectos delatan la zona del trozo de la cual proviene la pieza obtenida, por ejemplo: Si la pieza presenta médula y gran cantidad de nudos, el origen de ella es madera central. Por el contrario, si la pieza presenta cantidad de nudos insignificante, es posible que esta pieza provenga de la periferia del trozo, lo que hemos llamado madera lateral.





Figura N° 4.5: Bolsa de Resina

A la hora de producir, es importante poner en cuenta clara con el cliente cuales serán los defectos que esta dispuesto a aceptar y en que grado. Los productos de madera aserrada son clasificados por este tipo de atributos, por lo cual es importante tenerlos en cuenta a la hora de planificar. Aserraderos Arauco por ejemplo, ha definido niveles para cada uno de los defectos, tanto aquellos propios de la madera y los debidos al proceso. A continuación se mencionan algunos de ellos:

### **3.1.3.1.- Defectos de la Madera**

a.- Nudos: Corresponde a la parte de una rama que se ha incorporado a una pieza de madera. Se clasifican por su forma, tamaño, calidad y frecuencia.

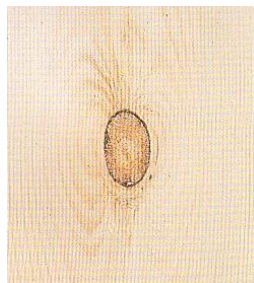


Figura N° 4.6: Nudo en la Madera

b.- Grietas: Es una separación de la madera, que casi siempre ocurre a través o por los anillos de crecimiento anual. También es frecuente encontrarla después del proceso de secado, en este caso pasaría a ser parte de defectos del proceso.

c.- Madera Comprimida: Esta es madera anormal que se forma en el lado inferior del árbol conífero que crece inclinado o chueco. Se conoce además por su color diferente, por ser madera dura y quebradiza y por su apariencia como sin vida. No se permite este defecto en forma que se distinga fácilmente o en las clases estructurales.

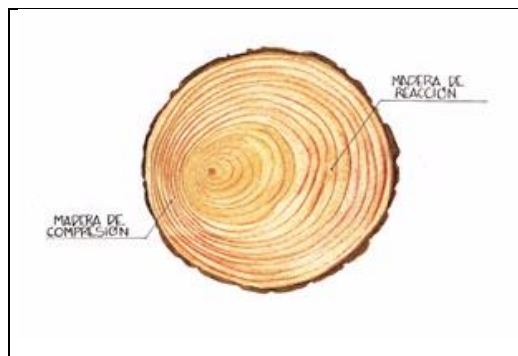


Figura N° 4.7: Madera de Compresión y Reacción

d.- Pudrición: Esta corresponde a una desintegración de la madera, debido a la acción de un hongo que destruye el material.

e.- Grano: Corresponde a la fibra de la madera, dirección, tamaño, apariencia y calidad.

f.- Corazón: Este defecto se refiere a la madera central de la troza, aquella que presenta médula, la cual se caracteriza por tener baja densidad, presencia de madera juvenil.

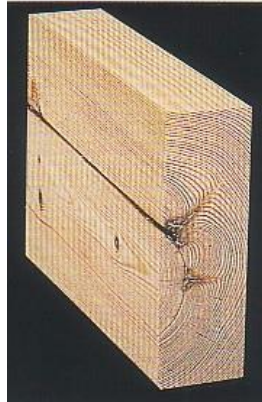


Figura N° 4.8: Medula en la madera

g.- Agujeros: Pueden ser originados por cualquier cosa, estos pueden penetrar toda la pieza o simplemente ser superficiales.

### **3.1.3.2.-Defectos del Proceso**

a.- Hilo roto: Es una irregularidad en la superficie de la pieza, causado cuando partículas de la madera se han quebrado debajo de la superficie del corte.

b.- Hilo arrancado: Es una irregularidad en la superficie de una pieza donde la madera ha sido arrancada o astillada durante el cepillado.

c.- Hilo levantado: Es un desnivel entre la madera de primavera y de verano en la superficie de la madera cepillada.

d.- Hilo Flojo: Es un separación u Holgura entre la madera de primavera y la de verano sin que halla desplazamiento.

e.- Saltos de cepillado: Son áreas en una pieza donde no se cepillo por completo. Pueden ser ligeros, medianos o severos.

Los anteriores defectos, son solo algunos de los que se consideran en aserraderos para la clasificación de productos. Existen además para cada uno de ellos niveles de severidad, por ejemplo para nudos podríamos citar: pequeños, medianos, grandes, densidad, muertos, vivos. Lo importante a destacar es que estos deben ser bien definidos por el cliente y el planificador, a modo de garantizar calidad en el producto demandado.

### **3.1.4.- Dimensiones**

Al referirnos al tema de las dimensiones, se debe entender que estas son un conjunto de medidas en unidades de longitud para un espesor, ancho y largo de una pieza. Los límites de estas medidas se especifican en el diseño basándose en las tolerancias para cada producto. Las dimensiones corresponden a variables que se manejan para cada producto.

De esta manera las tolerancias representan los límites de especificación para variables (dimensiones) y atributos de la madera en base a los mercados vigentes, se fijan tolerancias para dimensiones, atributos y para las clasificaciones.

Cuando se refiere a las dimensiones de la madera aserrada debemos tener en cuenta que esta variable está afectada por el proceso, así se tendrá lo que se conoce como Medida de Producción y Medida de Facturación. La primera de ellas corresponde a las medidas obtenidas en producción. La segunda a la medida con la cual se vende el producto. En el Anexo N°2 se encuentran algunas medidas de producción, facturación y tolerancias para los productos.

### **3.1.5.- Contenido de Humedad**

El contenido de humedad de una madera está en relación con las condiciones ambientales del lugar donde será usada, especialmente si es colocada en el exterior de un

edificio. El equilibrio higroscópico de una madera evidencia un estado sensible a los cambios ambientales, ya que el grado de humedad que la caracteriza en un momento dado, puede aumentar o disminuir, de acuerdo con las modificaciones de las condiciones de temperatura y humedad del aire. Como las condiciones ambientales de todos los sitios varían constantemente, ninguna madera se encuentra en equilibrio estable, sino que el contenido de humedad sigue las fluctuaciones que le condiciona el medio ambiente. Es por esto que el valor del equilibrio higroscópico de una pieza de madera hay que referirlo al lugar y momento de su verificación.

Todas las maderas, tienen la capacidad de absorber y ceder humedad, por lo que el contenido de humedad de la madera dependerá de la humedad relativa de su entorno. El contenido de humedad de la madera se expresa normalmente como porcentaje del peso. Este valor se calcula dividiendo el peso del agua contenida en una pieza de madera aserrada, por el peso seco de la misma pieza de madera. La madera aserrada sin un secado adecuado puede presentar algunas desagradables sorpresas al comprador; no olvidemos que la madera sin secar es mas sensible a ataques de microorganismos destructores. Y como el pino no se excluye de este problema, en los aserraderos de Chile la madera de Pino es secada para entregarles una mejor conservación y un mayor valor agregado.

### **3.1.5.1- Madera Seca 7- 13 %**

La investigación ha demostrado que un secado de la madera recién cortada, realizado en el aserradero, para conseguir un contenido de humedad adecuado para su uso final (12%, 8%, etc.), minimiza las deformaciones de la madera aserrada y reduce el riesgo de aparición de grietas, tanto superficiales como internas, de forma más efectiva que si el secado lo realizara el propio usuario final. En el Anexo N°3 se muestran porcentajes de humedad de madera seca que se requiere para cada subproducto o uso final.

#### **3.1.5.1.1.-Tipos de Secado**

##### **3.1.5.1.1.a.- Secado en cámara**

El secado artificial (tradicional con aire caliente, por condensación o al vacío) puede ser sin duda una preparación para obtener después una buena y duradera conservación de la madera. La madera secada con aire caliente tiene una mayor uniformidad pero si se trabaja correctamente también el sistema al vacío garantiza igual resultado. El secado al vacío permite eliminar buena parte de las sustancias resinosas presentes en la madera. El aumento de la humedad en la madera, por encima de los valores normales para el uso destinado hace que el material se hinche, aumentando las piezas sus medidas en el ancho y espesor, con los consiguientes perjuicios en pisos, muebles, aberturas. En cambio, cuando la madera acusa un contenido de humedad correspondiente a un equilibrio higroscópico y es llevada a un medio atmosférico para menor equilibrio, sufrirá contracciones que pueden producir grietas, rajaduras y deformaciones

#### 3.1.5.1.1.b.- Secado con Aire

Este tipo de secado es muy lento puede demorar incluso un mes, sin embargo, los aserraderos pequeños en Chile todavía lo utilizan.

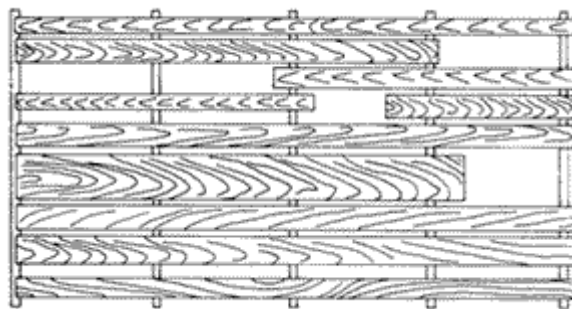


Figura N° 4.9: Madera Secada al Aire

### 3.1.5.2.- Madera Verde Sobre 40%

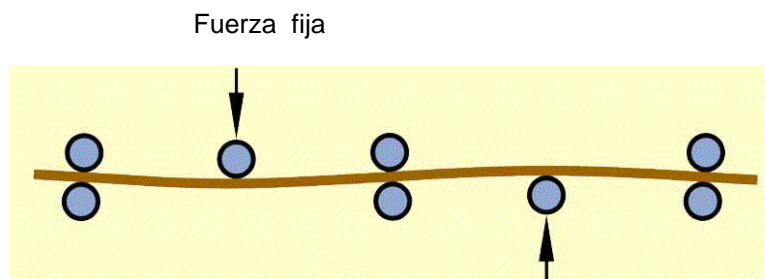
La mayor contracción de la madera aserrada se produce en la dirección tangencial, paralelamente a los anillos de crecimiento; esto puede motivar que las tablas muy delgadas tiendan a alabearse y arquearse durante el secado. El contenido de humedad de la madera recién cortada puede variar desde un 50% hasta un 120%. Los productos cepillados se secan hasta una humedad media del 12%.

### 3.1.5.3.- Estabilidad dimensional

Cuando aumenta la humedad, la madera se hincha y cuando disminuye, la madera se contrae y reduce su volumen. Este fenómeno es una de las causas de la deformación de las piezas en el proceso de aserrado de la madera, de las contracciones que surgen en el proceso de secado y del movimiento que sufre una vez transformada y dispuesta en su destino final. En resumen, todas las maderas varían sus dimensiones en función de la humedad. La estabilidad de una madera se mide mediante el valor de contracción total

### 3.1.6.- Resistencia Mecánica

La clasificación mecánica es una forma no destructiva de predecir la resistencia de la madera, que se basa en la relación que existe entre la rigidez (deformación al ser sometida a una carga) y la resistencia a la flexión, tracción y compresión. En las plantas el proceso lo hace una máquina de clasificación compuesta por una serie de rodillos por los que pasa la madera. Uno de los rodillos aplica una carga fija.



#### Figura N° 4.10: Medición de Resistencia

La norma chilena establece nueve niveles de clasificación, cada uno de los cuales está vinculado a una razón de resistencia. La madera sin defectos corresponde a la razón de resistencia de 100%. Un nivel con razón 85% corresponde a defectos tales que rebajan la resistencia de la pieza en un 15%. Según la norma chilena Oficial NCh993.E0f72 de clasificación de la madera, existen procedimientos que se pueden definir para cada especie maderera para clasificar la madera según su resistencia mecánica.

### **3.1.7.- Tratamiento**

Cuando se refiere al tratamiento de la madera se habla de Impregnación, Baño Antimancha, Secado y Cepillado. Los cuales intentan evitar el deterioro de esta frente a agentes biológicos, como hongos e insectos y de dar una mayor calidad superficial a la madera.

Los dos primeros son aplicados a madera en estado verde, cuyo riesgo de contaminación, provoca en la madera una disminución de su calidad. No se debe olvidar que la madera aserrada suele ser llevada a su destino en barcos, donde el riesgo de contaminación con estos agentes que deterioran el producto solo puede ser evitado con estos tipos de tratamientos. El baño Antimancha entrega una protección temporal contra la mancha azul y los mohos en madera recién cortada y aserrada. El baño Antimancha puede ser realizado de manera manual, mecanizado en línea o estacionario mecanizado. En este tipo de tratamiento se controlan variables como humedad de la madera, tipo de superficie, densidad de la madera, niveles de retención.





Figura N° 4.11: Cámara de Impregnación

Para el proceso de impregnación, al igual que el tratamiento Antimancha, intenta aumentar la durabilidad natural de la madera frente al ataque de agentes deterioradores. Es posible encontrar procesos de impregnación por pulverización al Vacío, Vacío y Vacío Presión y tratamiento por nebulización.

El tercer tratamiento es el secado, este tiene por objeto eliminar el agua existente en la madera y llevar el contenido de humedad a niveles de 8 a 15%. Valores comunes de madera requerida para procesos secundarios.

El cepillado lo que hace es mejorar la calidad de la madera desde un aspecto visual, y ocasiona que la madera que ha sido cepillada deba volver a ser clasificada.

En la siguiente tabla se presentan los niveles de madera aserrada que fueron sometidas a los tres primeros tratamientos.

Tabla N° 4.1: Volumen de madera Aserrada por tratamientos aplicados según rango de producción

RANGO DE PRODUCCION	VOLUMEN DE MADERA ASERRADA POR TRATAMIENTO APLICADO
m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>

Total	Antimancha	Secado Artificial	Impregnación	Total
	2.852.078	2.202.919	77.491	5.132.488
> 50.000	2.180.005	1.697.153	3.500	3.880.568
20.001-50.000	451.575	294.885	45.981	792.441
10.001-20.000	101.874	137.674	6.882	246.430
5.001-10.000	100.805	45.600	8.140	154.545
< 5.000	17.819	26.607	12.988	57.414

Fuente: INFOR, 2000

### **3.1.7.1.- Durabilidad**

La duración natural de la madera de pino insigne es similar a la del resto de los pinos, es decir, baja. No obstante, dada la porosidad de su madera los tratamientos preventivos contra agentes bióticos o abióticos son fácilmente aplicables. También la homogeneidad de su madera de albura proporciona muy buen rendimiento en los tratamientos por inmersión o al vacío. Por tanto, la madera de pino insigne es susceptible de mejorar su durabilidad mediante la aplicación de tratamientos químicos tanto en verde como en seco. A pesar de que no producen daños estructurales en la madera, existe un tipo de hongos que la atacan en verde generando una decoloración, azulado, que deprecia considerablemente el valor de las piezas.

### **3.1.8.- Calidad Superficial**

La calidad superficial se puede dividir en dos grupos: madera cepillada y madera rústica o Rough. La madera Rough es comercializada en las dimensiones obtenidas en aserraderos

en estado verde y en dimensiones obtenidas después de secado, sin realizar el cepillado. La calidad superficial de la madera depende estrictamente de las herramientas de corte.

### **3.1.8.1.- Madera Cepillada**

Es la madera que recibe una terminación superficial de calidad de acuerdo a sus requerimientos de demanda. Existen distintos grados de terminación, los cuales le entregan el valor agregado al producto final que obtiene el aserradero. Existe madera cepillada en 1, 2, 3 y 4 caras(S1S, S2S, S3S y S4S).

La madera cepillada es toda una pieza de madera cepillada por sus cuatro lados y de sección rectangular. Madera con una cara aserrada, se refiere a las piezas de madera que, después del secado y coincidiendo con el cepillado, es aserrada longitudinalmente por su centro. Generalmente es de poco grosor y se suele usar como revestimiento. Madera con una cara y dos cantos cepillados es la madera que se usa en el sector de la construcción sueco, noruego y finlandés, siendo sustituida cada vez más por la madera cepillada. A pesar que el tratamiento de cepillado es usual realizarlo en madera en estado seco, también es posible encontrarlo aplicado a madera en estado verde.

### **3.1.8.2.- Rough/Rústica**

Esta madera es la que se obtiene directamente del aserrado, sin un posterior procesamiento del producto rústico. Se utiliza en vigas ocultas de construcciones y diferentes usos donde no se necesite terminaciones superficiales.

### **3.1.9.- Tipo de Corte**

Existen tres tipos de cortes que se pueden presentar en la madera: Tangencial, radial y mixto. El primero de ellos se caracteriza por que los anillos de crecimiento son paralelos a las

caras de las piezas (corte transversal), su comportamiento en secado es bastante bueno, debido a que los rangos de contracción son menores a aquellos encontrados en madera radial, debido a que la presencia de radios leñosos en sentido perpendicular a los anillos de crecimiento entregan resistencia a la madera.

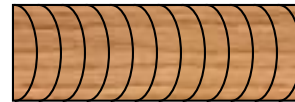


Figura N° 4.12: Dirección de Corte en la madera

Corte  
Tangencial  
floreado

Corte  
Radial  
Cuarteado

El segundo tipo de corte se caracteriza por la posición de los anillos de crecimiento, los cuales son perpendiculares a las caras de la madera, (en un corte transversal de la pieza). Este tipo de piezas tiene una contracción mayor en el área longitudinal, debido a la madera de primavera, la cual presenta menor resistencia mecánica.

Finalmente, se tiene la madera de corte mixto, la cual se caracteriza por que en la cara transversal los anillos de crecimiento no son paralelos ni perpendiculares a las caras de la pieza, en un corte transversal.

### 3.2.- Productos de Madera Aserrada

Como ya se mencionó la madera aserrada es clasificada según atributos, los cuales determinan porcentajes de madera libre de defectos, orientada a la producción de pequeñas piezas. Podríamos considerando lo anterior, clasificar la madera aserrada de acuerdo a lo siguiente:

#### 3.2.1.- Madera de Ancho Variable

Este tipo de madera es obtenida de la periferia del trozo, y corresponde principalmente a madera lateral o semilateral. Como lo indica su nombre el ancho de esta madera es variable

y debido al uso que esta va a tener es sometida a secado. Bajo esta clasificación la madera puede ser definida como madera de grado Shop.

### 3.2.1.1.- Shop

Este tipo de madera se define como madera dimensionada que contiene en el área de sus caras cortes clasificados para la fabricación de puertas y ventanas. Esta madera se clasifica en función del porcentaje de área que representan los cortes respecto del área total de la pieza, de esta manera se tienen Select Factory, Shop 1, Shop 2, Shop3, Shop N.C., Shop P.C., P99. La clasificación de este tipo de madera exige que los cortes estén alineados, teniendo presente que esta madera será primero cortada en el largo y luego trozada.

La calidad superficial de esta madera puede ser cepillada o rústica.

El contenido de humedad varía entre 10 a 14 %, y esta orientada a mercados como Estados Unidos y Chile.

Tabla N° 4.2: Dimensiones nominales madera Shop.

Medidas (pulgadas)		
Espesor	Ancho	Largo
4/4 y 5/4"	Desde 5" y más	Desde 8 a 16 pies
Medidas (mm)		
Espesor	Ancho	Largo
24 y 38mm rústico y 33,3mm cepillado	Desde 125mm y más	De 2.400 y 4.800mm

Fuente: Portal CMPC maderas

En la clasificación de madera Shop se incluye la clasificación de madera Moulding Stock.

a.- Moulding Stock

Este tipo de madera define los cortes en función de listones para fabricar molduras. El nivel de calidad para los listones es similar al de los cortes para puertas y ventanas. Cada pieza contiene el 66,7% del área en listones para molduras en 1 pulgada de ancho y 10 pies de largo como mínimo. Acepta listones de 6 a 9 pies, siempre que el 66,7% este en listones de un solo largo y que el volumen no supere el 10% del pedido.

b.- Factory Select ( Clear N°3)

Cada pieza contiene 70% o más del área, en cortes para puertas de calidad N°1. Si existe un larguero o dos cortes para puerta de calidad N°1, se acepta un larguero de calidad N°2. No se aceptan travesaños superiores. Tampoco se aceptan mas de dos verticales centrales.

c.- Shop 1

Cada pieza contiene 50% o más del área, en cortes para puertas de calidad N°1. En caso de tener un corte para puerta de calidad N°1, se acepta un larguero de calidad N°2. No se aceptan travesaños superiores y tampoco verticales centrales.

d.- Shop N°2

Cada pieza contiene uno de los porcentajes para puerta según se indica:

25% calidad N°1

33.4% calidad mixta N°1 y N°2

40% calidad N°2

e.- Shop N°3

Cada pieza contiene 30% del área, en cualquier combinación de las siguientes:

Cortes para puertas de calidad Mixta

Cortes para ventana

Cortes para los marcos y puertas de ventanas

Listones para molduras,( ancho 2 pulgada y largo de 10 pies).

f.- P99

Cada pieza contiene en su peor cara 50% del área en cortes finger Joint de calidad N°1 y N°2 y/o adicional al finger joint.

g.- Shop N. C.

Esta es madera de ancho variable que no clasifica como P99, son también Shop N.C. aquellas piezas con defectos críticos. No son Shop N.C. aquellas piezas que se encuentran subdimensionadas.

h.- Shop P. C.

Estas son piezas de ancho variable para clasificar, no contiene piezas Moulding ni Shop N.C.

i.- Shop out

Esta madera se clasifica respecto al % de cortes finger joint que se pueden obtener de una tabla. Este tipo de madera es de calidad inferior a la madera P99.

### **3.2.2.- Madera de Ancho Fijo**

En esta clasificación de madera, las piezas se caracterizan por ser de ancho fijo y es clasificada según cortes que contabilizan el ancho de la pieza por el largo que se especifica en producto llamado Rips, esta madera es obtenida de la parte central del trozo. Este tipo de clasificación considera en los rendimientos los cantos muertos, astillamientos y daños aceptables.

Tabla N° 4.3: Cortes para clasificar de madera ancho fijo.

Ancho	Ancho de la pieza : RIP 2 Y RIP 3 ( incluye a cantos muertos, Astillamientos y daños aceptables)
	Una pulgada : RIP 1 ( no acepta canto muerto, Astillamientos y daños aceptables)
Largo	Mínimo 6 pulgadas : RIP 3 Mínimo 20 pulgadas: RIP 2 Mínimo 10 Pulgadas: RIP 1

Fuente: Normas Clasificación Arauco

a.- Rip 1

Esta madera esta orientada a la producción de Moulding & Better. Cada pieza contiene en su peor cara 67% (2/3) del área en cortes para molduras de ancho mínimo 1 pulgada y diez pies de largo mínimo. Esta madera esta orientada a mercados como Estados Unidos y Chile, el contenido de humedad varía entre un 10 a 12 %, y es comercializada con calidad superficial rústica.

Tabla N° 4.4: Medidas nominales Madera RIP 1.(Moulding & Better).

Medidas (pulgadas)			
Espesor	Ancho	Largo	
4/4 y 5/4"	Desde 4" y más	Desde 6 a 16 pies	
Medidas (mm)			
Espesor	Ancho	Largo	
24 y 38mm	Desde 150mm y más	Entre 2.400 y 4.800mm	

Fuente: Portal CMPC maderas

b.- Rip 2



Cada pieza contiene en su peor cara 50% del área en cortes de calidad N°1 del ancho de la pieza por veinte pulgadas de largo. Esta madera esta orientada a la producción de Cutstock.

c.- Rip 3

Cada pieza en promedio debe contener en su peor cara 65% en cortes de calidad N°1, N°2 y adicional finger joint del ancho de la pieza por 6 pulgadas de largo.

No se aceptan pieza con rendimiento inferior a 50% de largo.

d.- Rip P.C.

Son pieza de ancho fijo para clasificar, no incluye piezas Rip 1 o Rip N.C. En promedio, las piezas contienen en su peor cara 65% en cortes de calidad N°1 y N°2 y adicional finger joint del ancho de la pieza por 6 pulgadas de largo.

No se aceptan pieza con rendimiento inferior a 50% de largo.

e.- Rip N.C.

Esta es madera de ancho fijo que no clasifica como Rip 3, también son Rip N.C., las piezas Rip 3 con defectos críticos.

No son Rip N.C. piezas que están subdimensionadas.

### **3.2.3.- Tapas**

Este producto es madera que es obtenida de la periferia del trozo y cuya característica principal es la presencia de canto muerto generalizado. Podemos distinguir dos niveles de calidad, estas se definen a continuación:

a.- Tapa de Primera: En cada pieza se obtiene como mínimo un rips de 85% del ancho de la pieza que tiene un rendimiento mínimo de 70% en cortes de calidad N°1 y N°2 y/o adicional finger Joint de 6 pulgadas del largo por el 85% del ancho de la pieza.

b.- Tapa de Segunda: Para esta pieza solo basta cumplir con mantener espesor y ancho en todo el largo, al observar la pieza por la trascara es canto vivo y al proyectar el canto su espesor permanece

### **3.2.4.- Madera Estructural**

Este tipo de madera tiene como fin el área de la construcción, y es utilizada por ejemplo en vigas de piso y cerchas. La normalización chilena gradúa este tipo de madera visualmente estableciendo grados estructurales. Por otro lado Aserraderos Arauco y CMPC maderas realizan clasificación de la madera considerando la resistencia mecánica de las piezas, la cual es graduada según la norma Británica BS EN 519, siendo sometida esta a los requerimientos de resistencia mecánica para los grados estructurales C16 y C24. El proceso es certificado por BM TRADA, organismo certificador en Europa y otros continentes.



Figura N° 4.13: Madera Estructural

Este tipo de producto es secada en cámara y llevada a contenidos de humedad de 18 a 20 %. Esta orientada a mercados como Inglaterra y Chile.

Tabla N° 4.5: Medidas nominales madera Estructural.

Medidas (mm)		
Espesor	Ancho	Largo
47mm	Desde 75 a 225mm en incrementos de 25 pulgadas, incluyendo medidas regularizadas en 195 y 220mm.	Desde 2.400 a 4.800mm en incremento de pie.

Fuente: Portal CMPC maderas

Existe un tipo de madera estructural comercializada como madera para revestimiento y de uso industrial, la cual posee un contenido de humedad de 8 a 12%, es posible además encontrarla en calidades cepillada y rústica. Este tipo de madera se encuentra dirigida a mercados como Holanda y Bélgica. Las dimensiones nominales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 4.6: Medidas nominales madera para uso de Revestimiento y uso Industrial.

Medidas (mm)		
Espesor	Ancho	Largo
24mm rústica; 22mm cepillada	150mm rústica; 145mm cepillada	3.000, 3.300, 3.600 y 3.900mm.

Fuente: Portal CMPC maderas

Una clasificación de madera que se puede nombrar dentro de la madera estructural es aquella que va orientada al área de embalaje y uso industrial, específicamente en productos

como pallets y moldajes en la industria de la construcción. Orientada a mercados como Asia, Medio Oriente y Europa es comercializada en estado verde y con tratamiento antimancha.

Tabla N° 4.7: Medidas nominales madera de Embalajes y Moldaje.

Medidas (mm)		
Espesor	Ancho	Largo
11mm y más	58mm y más	Hasta 4.800mm

Fuente: Portal CMPC maderas

### 3.2.5.- Basas

Este producto es obtenido de madera central, se caracteriza por presentar la médula embazada, y una mayor cantidad de nudos. Las dimensiones de estas piezas son mayores en el espesor que las maderas antes mencionadas.

Dentro de esta clasificación existen los siguientes tipos de basas:

- a.- Baby: Su espesor es igual o mayor 4 1/2 pulgadas y menor a 6 pulgadas.
- b.- Delgada: El espesor y ancho son iguales a: 6 x 6, 6 x 7 y 7 x 7 pulgadas.
- c.- Médium: El espesor y ancho son iguales a: 6 x 8, 7 x 8 y 7x 9 pulgadas.
- d.- Gruesa: Basa con espesor entre 8 y catorce pulgadas

e.- Especiales: Estas son basas de espesor y ancho: 6 x 6 1/2, 6 1/2 x 6 1/2, 6 1/2 x 7, 6 1/2 x 8 y 7 1/2 x 7 1/2 pulgadas.

### **3.2.6.- Boards**

Este tipo de madera se caracteriza por ser madera delgada, 19 a 20 mm de espesor. Se caracterizan por ser un producto que proviene principalmente de rollizos delgados y/o de laterales desclasificados como madera para Factory. En este tipo de madera encontramos la siguiente clasificación:

a.- Thinboards: Esta es madera Board con espesor igual o menor a 19 mm.

b.- Regularboards: Esta es madera Board con espesor mayor a 20 mm.

c.- Crosscut: Este tipo de madera son Board con largo igual o menor a 3 metros con largo exacto.

### **3.2.7.- Mercado**

Finalmente se puede decir que existe un último tipo de madera que se comercializa en las plantas de aserraderos, que esta sujeta al mercado de destino. Estas maderas, están restringidas por normas propias a cada país o a normas que certifiquen grados de calidad, como por ejemplo las normas americanas, británicas o nórdicas.

Algunos de estos mercados son los que se mencionan a continuación

- a. Japón
- b. Inglaterra
- c. Estados Unidos

- d. Holanda Bélgica
- e. Medio Oriente
- f. Europa
- g. Taiwan
- h. Corea
- i. Norte de Africa

Nota: La clasificación de cortes y niveles de calidad para los productos mencionados anteriormente se encuentran en el Anexo N°4.

### **3.3.- Clasificación de madera según normas**

Como hemos visto hasta ahora, la clasificación de madera aserrada se realiza considerando los defectos de la madera, aquellos debidos al proceso y los debidos a la materia prima. A continuación se dará a conocer las normas Chilenas, Americana y Nórdica de Clasificación.

#### **3.3.1.- Clasificación Chilena**

En Chile se puede realizar una clasificación de la madera de acuerdo a su aspecto, esta clasificación se realiza mediante métodos previamente normalizados, según norma chilena de clasificación, los cuales dirigen la inspección visual otorgando importancia a los defectos de la madera, para ello primero se deben definir los defectos a testear, seguidamente se debe definir el método de medición de los defectos, para luego realizar la determinación de niveles o categorías de defectos, para finalmente elaborar la norma de clasificación.

Además la norma chilena ha establecido una clasificación por aspecto donde considera diez niveles de clasificación de la A a la J, dentro de los cuales se han ubicado todas las magnitudes que pueden presentarse en un determinado defecto. El nivel A corresponde siempre a la madera libre de defectos. Los valores siguientes corresponden a valores

crecientes del tamaño de los defectos, hasta llegar a magnitudes consideradas como máximas. La norma Oficial NCh993.E0f72 presenta un procedimiento para clasificar la madera de cualquier especie.

### **3.3.2.-Clasificación Americana**

Se ha querido mencionar esta norma, debido a que los productos que definidos anteriormente están ligados a las especificaciones de esta. En particular esta norma, establece una primera división de madera aserrada según la materia prima utilizada, esto es maderas Duras y Blandas.

#### **3.3.2.1.- Madera duras (comerciales)**

Los principales usos:

- a. -Remanufactura para productos de mueblería.
- b. -pallets
- c. -pisos
- d. -paneles
- e. -molduras

Esta madera ha sido graduada en tres categorías :

##### **3.3.2.1.1.- Madera industrial (Factory Lumber)**

Esta regla considera el tipo de madera cortada y orientada a la producción de pequeñas piezas para fabricar muebles o fabricar otros productos. En estas reglas el grado de la pieza

de madera es determinada por la porción de pieza que puede obtenerse en % de pequeñas piezas de material, comúnmente llamados cuttings, generalmente limpios en un lado, el reverso de la cara sana, y no pequeños especificados en tamaño. El mejor grado en la madera Factory es llamada Primera (first) y el segundo grado second. La madera de primera y segunda son combinadas en un grado llamado FAS. Un tercer grado es llamado select, seguido por: N°1 Common, N°2 Common, Sound Wormy, N°3A Common y N°4B Common.

Tabla N° 4.8: Dimensiones de madera clasificación Americana

Largos estándar (pies)
4/ 5/ 6/ 7/ 8/ 9/ 10/ 11/ 12/ 13/ 14/ 15/ 16

Espesores estándar (pulg), cepillado dos caras			
Rough	Cepillada	Rough	Cepillada
3/8	3/16	2-1/2	2-1/4
1/2	5/16	3	2-3/4
5/8	7/16	3-1/2	3-1/4
3/4	9/16	4	3-3/4
1	13/16	4-1/2	(*)
1-1/4	1-1/16	5	(*)
1-1/2	1-5/16	5-1/25	(*)
1-3/4	1-1/2	6	(*)
2	1-3/4		

Anchos estándar (pulg)	
Primera	6
Segunda	6
Select	4
N°1,2,3A,3B Common	3

Fuente: Norma americana WWPA



(\*): el tamaño final no es especificado en las reglas y se encuentra sujeto a contrato con el cliente.

La madera es manufacturada en anchos variables. El ancho es especificado por contrato, Cepillada en un canto (S1E) o S2E es 3/8 pulg del tamaño nominal, en madera de menos de 8 pulgadas, y es 1/2 pulg. en madera de 8 pulg. y más.

#### **3.3.2.1.2.- Dimensiones y partes**

Este tipo de madera está orientada a procesar espesores, anchos y largos específicos o múltiplos de estos. Este tipo de madera es normalmente secada en cámara y graduadas por reglas de la National Dimension Manufacturers Association(NDMA).

Las clases pueden ser definidas como rough, cepillada o semifabricada, o completamente fabricada.

#### **3.3.2.1.3.- Productos terminados**

Algunas maderas duras son graduadas y terminadas a la forma con pocos o varios procesos anteriores. Los pisos (Flooring) son probablemente el mayor volumen de este producto terminado.

El piso es generalmente graduado por Maple Flooring Manufacturers Association (MFMA). Cada especie es graduada en 4 categorías: primera, segunda, tercera y cuarta. Combinaciones de segundo grado y mejorado (best) y, tercera y mejorado son algunas especificadas. De estos algunas son basados en grados especiales por color y especie. El primer grado de piso está con una cara libre de cualquier imperfección. Además variaciones en el color natural son permitidos. El segundo grado admite nudos sanos y otros defectos ligeros, pero nada de madera podrida. El tercer grado tiene pocas restricciones como imperfecciones permitidas, pero son permitidas en trazados particulares y proveen un excelente producto para pisos de servicios. Los espesores estándar de 25/32 pulg, con anchos en las caras de 1-1/2, 2, 2-1/4 y 3-1/4 pulg. Los largos estándar son de 2 pies y mayores en el primer y segundo grado y 1-1/4 pies en el tercer grado.

### **3.3.2.2.- Maderas Blandas**

En Estado Unidos las maderas blandas han demostrado versatilidad sirviendo como material primario en construcción y manufactura. Frente a la diversidad de productos que eran obtenidos de distintas especies, en el año 1919 y 1925 fue organizada una conferencia organizada por el Departamento de Comercio de Estados Unidos, donde se trató el tema de clasificación de la madera, en esta participaron ingenieros, manufactureros, constructores. El resultado fue la obtención de una representación relativa de tamaños, definiciones y procedimientos para remitirse a diseñar propiedades, formulando una estandarización de la madera aserrada.

La madera aserrada proveniente de especies blandas es clasificada para el mercado según manufactura, especies y grados. Para muchos productos la American Softwood Lumber Standard ofrece un servicio básico de referencia.

En lo que sigue se refiere a esta clasificación americana, estableciendo la clasificación que ella utiliza.

#### **3.3.2.2.1.- Clasificación de Madera Aserrada Blanda**

Estas pueden ser clasificadas en dos categorías: Construcción y Remanufactura. La primera área es definida en función del grado de la madera después de aserrado y cepillado. El área de remanufactura se refiere a la madera que será utilizada después de pasos y operaciones consecutivas, ya sea en la fabricación de molduras o de paneles de canto, entre otros.

##### **3.3.2.2.1.1.- Construcción**

La madera destinada a propósitos de construcción puede ser subdividida en tres categorías:

- a. Madera Clasificada por esfuerzo

- b. Madera No Clasificada por esfuerzo
- c. Madera Clasificada por Apariencia

a.- Madera Clasificada por esfuerzo

Esta categoría incluye madera en espesores nominales de 2 a 4 pulgadas, y es referida a una madera llamada "Dimension". Ejemplos de productos de esta madera son las maderas estructurales, donde el esfuerzo es realmente importante. Cualidades como esfuerzo, rigidez y uniformidad del tamaño son importantes en esta clasificación. Los rangos de esfuerzo pueden ser determinados visualmente o mecánicamente, entregando valores de trabajo para propiedades como esfuerzo en flexión y módulo de elasticidad. Las dimensiones encontradas son 2, 4, 6, 8, 10 y 12 pulgadas en ancho y 8 a 18 pies en el largo, en múltiplos de 2 pies.

b.- Madera No Clasificada por esfuerzo

La madera no clasificada por esfuerzo es primero graduada por el servicio que esta va a presentar, sin embargo la apariencia también es importante, especialmente en los mayores grados de clasificación. Imperfecciones como nudos y agujeros son los mayores y mas frecuentes defectos a considerar a la hora de clasificar. El producto principal es el llamado Board cuyo espesor no es menor a 2 pulgadas y 2 pulgadas o más en el ancho, medida nominal. El estándar es de  $\frac{3}{4}$  en espesor y anchos nominales de 2, 3, 4, 6, 8, 10 y 12 pulgadas. Los largos son usualmente de 6 a 18 pies en incrementos de 2 pies. La madera que clasifica como Board puede ser unida para fabricar Square-edged, Tongue-and-Grooved o Shiplapped.

Para finalizar este tema a continuación se presentan las escuadrías de estos productos, según la clasificación americana.

Tabla Nº 4.9: Clasificación Americana de tamaños estándar para madera aserrada que pertenecen a la clasificación de madera clasificada por esfuerzo y no clasificada por esfuerzo destinada al área de construcción.

Ítem	Espesor			Ancho		
	Nominal	Mínimo		Nominal	Mínimo	
		seco	verde		Seco	verde
	Pulgadas			Pulgadas		
Board	1	$\frac{3}{4}$	25/32	2	1-1/2	1-9/16
	1-1/4	1	1-1/32	3	2-1/2	2-9/16
	1-1/2	1-1/4	1-9/32	4	3-1/2	3-9/16
				5	4-1/2	4-5/8
				6	5-1/2	5-5/8
				7	6-1/2	6-5/8
				8	7-1/4	7-1/2
				9	8-1/4	8-1/2
				10	9-1/4	9-1/2
				11	10-1/4	10-1/2
				12	11-1/4	11-1/2
				14	13-1/4	13-1/2
				16	15-1/4	15-1/2
Dimension	2	1-1/2	1-9/16	2	1-1/2	1-9/16
	2-1/2	2	2-1/16	3	2-1/2	2-9/16
	3	2-1/2	2-9/16	4	3-1/2	3-9/16
	3-1/2	3	3-1/16	5	4-1/2	4-5/8
	4	3-1/2	3-9/16	6	5-1/2	5-5/8
	4-1/2	4	4-1/16	8	7-1/4	7-1/2
				10	9-1/4	9-1/2
				12	11-1/4	11-1/2
			14	13-1/4	13-1/2	
			16	15-1/4	15-1/2	
Timbers	5 y más		Menores a $\frac{1}{2}$ en	5 y más		Menores a $\frac{1}{2}$ en

			medida nominal			medida nominal
--	--	--	-------------------	--	--	-------------------

Fuente: Norma americana WWPA (Wood Western Products Association)

### A.1.3.- Madera Clasificada por Apariencia

La madera clasificada por apariencia (clasificada como Finish o Select), no es graduada por esfuerzo pero es una categoría separada de aquella no clasificada por esfuerzo, ya que esta da gran importancia a la apariencia. La madera Board en esta categoría puede mostrarse como un material de trabajo haciendo que la calidad de la madera dependa de los defectos naturales. Este grupo incluye madera aserrada que ha sido cepillada en sus 4 caras. El mayor grado de apariencia es Finish. El siguiente nivel es Select, el cual es clasificado por designaciones de números y letras, y combinaciones de estos, como B&BTR, C Select, D Select. En vista de la complejidad de muchos trabajadores de madera, han encontrado que esta puede ser dividida en cuatro grados Select. Estos son denotados por A, B, C y D. Donde A es el mayor grado y D el menor.

- a. A Select: No contiene nudos, rajaduras, u otros defectos visibles. Es usada en mobiliario, trim y flooring.
- b. B Select: Esta pieza acepta pocos defectos, los cuales deben ser pequeños, es una pieza casi perfecta. Es usada en mobiliario, trim flooring.
- c. C Select: Esta madera acepta pequeños nudos firmes. Puede ser una pieza casi perfecta en uno de sus lados. Es usada para mobiliario, shelving, trim y flooring.
- d. D Select: Se caracteriza por presentar numerosos nudos en forma de alfiler y otros pequeñas manchas. Es usada en mobiliario, shelving, en algunos trim y flooring.

### 3.3.2.2.1.2.- Remanufactura

La variedad de especies, grados y tamaños de las maderas blandas, hacen que estas sean suministro por la industria de piezas cortas, que son componentes de otros productos, como muebles, puertas y ventanas. En la industria secundaria, la descripción de grados y tamaños y a menudo la apariencia de las piezas de madera son combinadas. Lo típico en la industria secundaria es la transformación a grados Factory, Industrial Clear, molduras y Elementos laminados. A continuación se muestran esta clasificación.

#### A.2.1.- Factory Grades ( Shop)

Tradicionalmente la madera aserrada de maderas blandas son usadas para cortes siendo llamadas Factory o Shop. Esta madera forma parte del material básico para muchas operaciones de la industria Secundaria. La materia Shop es clasificada en base a las características de corte a usar en el uso final, o en base al tamaño de cortes para puertas y ventanas. Factory Select, Select son los grados mas altos, seguidos de Shop 1, 2 y 3.

La clasificación de las tablas esta influenciada por el ancho y largo, y espesor de las piezas básica y están basadas en la cantidad de material de alta calidad que puede ser obtenido mediante cortes.

#### A.2.2.- Industrial Clear

Esta clasificación es usada para trim, muebles de cocina y otros componentes de productos, donde la apariencia debe ser excelente, características físicas y mecánicas son importantes en la terminación. Los principales grados son B&BTR, C y D Industrial. Los grados están basados en la mejor cara, aunque la influencia del corte es importante y varios dependen del espesor y ancho de la pieza.

#### A.2.3.- Molduras

Las reglas de clasificación delinean los requerimientos para una variedad de clases de madera orientadas a especificar productos de consumo. Los consumidores y las características de la madera determinan los diferentes grados, descripciones y terminología.

Este tipo de madera también es usada en productos destinados a la confección de escaleras y similares. Algunas clasificaciones tienen un solo grado, unos pocos poseen 2 a 3 grados. Clases especiales de estos productos pueden incluir restricciones de madera de albura, requerimientos especiales de inclinación del grano y crecimiento de anillos.

#### A.2.4.- Estructuras Laminares

Los grados de estructura laminares describen las características a usar para las estructuras laminares. Generalmente las propiedades no son asignados separadamente a los grados de laminación, a lo mas, los grados permitidos son basados en el efecto esperado para el grado de laminación. Aquí existen dos tipos de materiales, aquella madera que proviene de clasificación visual y por Clasificación grado E.

La madera visualmente graduada es clasificada de acuerdo a una de tres set de reglas. El primer set esta basado en las normas de American Softwood Lumber Standard en requerimientos adicionales para laminación. La segunda regla envuelve los grados típicos de laminación usados para la clasificación visual de especies. El tercer set de reglas incluye requerimientos especiales para la tensión de los miembros y para tensión en laminación o miembros en flexión.

La clasificación grado E son categorizadas por una combinación de clasificación visual, con clasificación por criterios y rigidez de la madera aserrada. Estos grados son expresados en términos del tamaño de máximo en el canto (como fracción del ancho) a lo largo con especificaciones en el largo del módulo de elasticidad.

#### 3.3.2.2.- Tamaño

Para la dimensión de largo, estas son entregadas en dimensiones reales y el ancho y espesor son tradicionalmente dadas en dimensiones nominales.

Las maderas aserradas blandas son manufacturadas en largos de 1 pie como especifican varias reglas de clasificación. En la práctica, múltiplos de 2 pies son las reglas para

madera de construcción. El ancho de las maderas blandas varía comúnmente desde 2 a 16 pulgadas nominales. El espesor de madera puede ser generalmente categorizado como:

Board: esta es madera menor a dos pulgadas en espesor nominal

Dimension: Esta es madera de 2 pulgadas a 5 pulgadas no incluyendo este último valor.

Timber: Esta es madera de 5 a mas pulgadas en espesor nominal.

La madera para remanufactura es ofrecida en tamaños específicos para los requerimientos de producto. Los grados Factory para cortes generales son ofrecidos en espesores nominales desde 1 a 4 pulgadas. Los largos son de varios largos y anchos. La madera para laminaciones es ofrecida en sobre tamaño, comparada a las dimensiones estándar, para permitir cepillado o laminación. Industrial Clear puede ser ofrecida rústica o cepillada en varios tamaños comenzando desde espesores menores a 2 pulgadas y angostos como 3 pulgadas

#### **3.3.2.2.3.- Terminación Superficial**

La madera aserrada producida puede ser rústica o cepillada. La madera aserrada rústica tiene imperfecciones en la superficie causada por las primeras operaciones de corte. Esta puede ser mayor que el target - size por cantidades variables en ambos espesores y anchos, dependiendo del tipo de equipo de aserrío. La madera rústica sirve como material más amplio para manufactura y también para propósitos decorativos. La madera en la superficie es cepillada en 1 o 2 caras, o en 1 o 2 cantos, o combinaciones de caras y cantos. La calidad de la superficie puede estar en tamaño uniforme para los anchos.

#### **3.3.2.2.4.- Contenido de Humedad**



El contenido de humedad de la madera es clasificado en madera verde y seca. Los contenidos de humedad de Dimension y Board se encuentran alrededor de 15% como máximo y un promedio de 12%.

Finalmente, en el Anexo N°5, se encuentran algunas tablas de dimensiones de productos americanos, y de las especificaciones de contenido de humedad.

### **3.3.3.- Clasificación Nórdica**

Como es sabido los aserraderos Nórdicos (Finlandia, Noruega y Suecia ), son especialistas en la producción de madera aserrada, es por esto que se señalará este punto a hablar algunos datos relevantes de esta clasificación de madera, basados en algunos aspectos como dimensiones, contenido de humedad, clasificación de calidad, entre otros.

La madera nórdica aserrada es secada en cámara hasta una humedad igual o inferior al 20%, de acuerdo con la norma INSTA 141, o bien, hasta el contenido de humedad especificado por los clientes.

Con objetivos como racionalizar el trabajo de los constructores, permitir una reducción de gastos a las industrias que utilizan grandes cantidades de madera aserrada y facilitar que se concentren en sus actividades más rentables, los aserraderos nórdicos ofrecen una gran variedad de productos industriales especiales entre los que destacan los siguientes:

- a. Madera aserrada secada en cámara hasta la humedad especificada.
- b. Madera estructural cortada con exactitud a la longitud demandada.
- c. Tablas y tablonés para industrias transformadoras de la madera.
- d. Productos cepillados y mecanizados para trabajos de construcción: revestimientos interiores, molduras, suelos.
- e. Madera estructural clasificada según resistencias mecánicas y propiedades importantes.
- f. Madera con uniones multidentadas.

- g. Productos de madera laminada: vigas, perfiles y tableros alistonados.
- h. Clasificaciones visuales especiales o con criterios de clasificación especificados por los usuarios finales.

### **3.3.3.1.- Clasificación de calidad**

El sistema de clasificación Nórdico ha evolucionado gracias a la cooperación con los principales mercados internacionales. Como consecuencia de varias revisiones profundas efectuadas en la década de los 90, el sistema líder de la actualidad es el de Clasificación de Maderas Nórdico, presentado en 1994 (el "Libro Azul"), y que coexiste con la antigua clasificación del "Libro Verde".

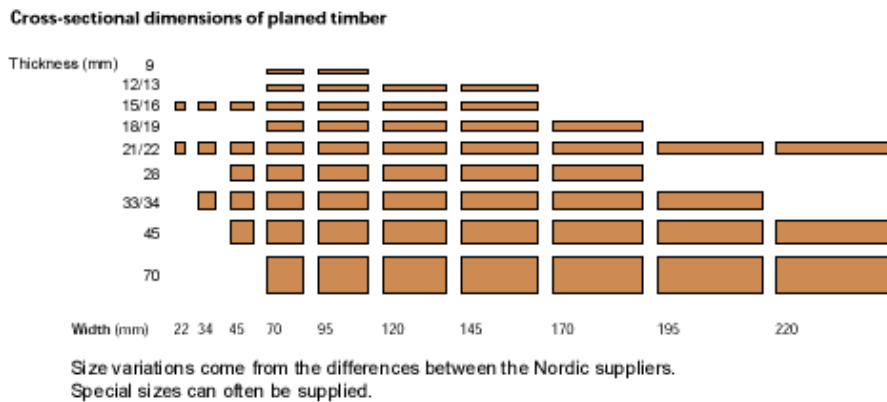
### **3.3.3.2.- Clasificación, dimensiones y secado**

Las principales calidades pertenecen a los grados A, B, C y D. El grado A, correspondiente a la calidad más alta, se divide en subgrados que parten del A1 (superior) y llegan al A4. Los grados B, C y D no tienen subdivisiones. El grado inferior, D, se destina a usos domésticos (no se exporta) y no se le han asignado valores numéricos que indiquen las características de la madera. Esta madera es clasificada visualmente. En el Anexo N°6 se encuentran los nudos, como defecto principal, y los porcentajes que se aceptan.

### **3.3.3.3.- Madera clasificada según resistencias mecánicas**



de entre 1,80 y 6,00 metros de longitud, en incrementos de 30 cm. La más frecuente: entre 2,70 y 5,40 metros.



Figuras N° 4.14: Mapa de escuadrías Aserraderos Nórdicos

Los Largos en estos aserraderos corresponden a las siguientes dimensiones, todas ellas en metros:

1.80	2.10	2.40	2.70	3.00
3.30	3.60	3.90	4.20	4.50
4.80	5.10	5.40	6.00	

### 3.3.3.5.- Contenido de Humedad

Para finalizar, se destaca la importancia del secado de la madera, la cual en estado verde puede presentar desagradables sorpresas al comprador con la presencia de microorganismos. Por estas razones toda la madera se suministra en estado seco, algunos contenidos de humedad son los que se presentan en la tabla siguiente:

Tabla N° 4.10 : Contenidos de Humedad según uso final de la Madera

Producto	Contenido de Humedad %
----------	------------------------

Secada en horno para muebles	6 - 10 %
Secada de interior, secado de carpintería	10 - 15 %
Secado para madera laminada	14%
Secado para madera cepillada	15 -19%
Secada al aire	15 - 23 %

#### **4.- ESTANDARIZACIÓN DE PRODUCTOS DE MADERA ASERRADA**

De acuerdo a lo expuesto anteriormente y a entrevistas realizadas se ha llegado a la conclusión de que los atributos más importantes a considerar en la estandarización de madera aserrada son el contenido de humedad, dimensiones (tolerancias) y apariencia, estas características son las que permiten estandarizar un producto.

Con respecto al contenido de humedad es importante destacar que los clientes solicitan al aserradero primero que todo el porcentaje de humedad, es decir, si la madera que le ofertan es verde o seca. Este es determinado por el uso final que se le va a dar a la madera aserrada. El contenido humedad también esta en directa relación con las condiciones ambientales del lugar donde se utilice la pieza, especialmente si es colocada en el interior de un edificio, ya que afecta directamente su equilibrio higroscópico y éste puede aumentar o disminuir de acuerdo con las modificaciones de las condiciones de temperatura y humedad del aire. Por ejemplo la madera secada artificialmente puede retomar humedad durante períodos de humedad relativa y en tales condiciones, los plazos de almacenamiento deben ser disminuidos.

Con respecto a las dimensiones del producto estas deben ser con un grado de exactitud relativo, puesto que dependen del uso final y del tratamiento, los cuales lo va a determinar el mercado. Por ejemplo según China, las escuadrías son diferentes a las que requiere Medio Oriente. Por esto que los aserraderos según el tipo de materia prima que dispongan y los pedidos que tengan en carpeta, se disponen a producir y maximizar el tipo de producto que requiere cada mercado, dando un mayor valor agregado al producto maximizando su utilidad. En la actualidad, una creciente cantidad de productos es suministrada con las dimensiones estándar a los países de exportación, así como en dimensiones no estandarizadas que son cortadas expresamente para cumplir los requisitos del cliente. Las dimensiones especiales pueden aserrarse a partir del rollizo, a partir de madera fresca (para reducir el riesgo de contracción del material destinado a marcos de ventana, por ejemplo), o reaserrando productos de tamaño estándar.

La apariencia de la madera permite caracterizar la madera según resistencia, área disponible libre de defectos, mercados. La apariencia es de gran relevancia a la hora de ser requerida por los clientes, generalmente los compradores quieren que se les entregue la mejor calidad superficial y visual (en cuanto a aspecto) y que el producto se pueda aprovechar al máximo en su utilización final. Es decir, que este sea de su entero gusto, sin embargo el productor no va entregar a un bajo precio este producto que le costo mucho más dinero y tiempo producir. Es por esta razón que se producen largas negociaciones por partes de los interesados.

Ahora que se ha hecho referencia a los productos, se tratará el tema del proceso de aserrado describiendo las etapas que lo constituyen y por las cuales el trozos debe pasar para ser transformado e en los productos descritos en este capítulo.

## **CAPITULO V**

### **CONSIDERACIONES DEL PROCESO DE ASERRIO**

## **1.- INTRODUCCIÓN**

La Conversión Primaria de la Madera, más conocida como Industria del Aserrío, ha evolucionado en los últimos años, gracias a la introducción de nuevas tecnologías que han permitido aumentar los márgenes de la industria. Estas tecnologías han sido enfocadas a la disminución de canal de corte en las máquinas, aumentando la exactitud del corte, mejorando la lectura de la materia prima y en cierta medida intentando establecer procedimientos para cada etapa del proceso.

En el proceso de aserrío se debe considerar que la materia prima, alcanza entre un 60 a 70% del costo del producto, por lo cual es lógico pensar que toda innovación dentro de las plantas y de las tecnologías que se han ido desarrollando van dirigidas a mejorar el rendimiento de la materia prima, considerando tres aspectos que son los relevantes: Volumen, Valor y Calidad.

Tecnologías de medición son incorporadas al proceso, en cada una de sus etapas, desde la clasificación de la materia prima, pasando por el proceso de corte hasta llegar finalmente a la clasificación de la madera aserrada según calidades definidas para los distintos productos.

Hoy en día la conversión de los troncos debe hacerse a alta velocidad y la productividad debe ser la mas alta posible, por ejemplo: en aserradero el Colorado, esta alcanza lo 65 m<sup>3</sup>/hr, aserradero en el cual la capacidad de diseño de la planta fue superada desde 18000 m<sup>3</sup>/mes hasta 25000m<sup>3</sup>/mes, en promedio.

La concepción de aserraderos hoy no debe hacerse a ciegas, esto provoca pérdidas en el rendimiento de la materia prima, mezcla calidades, no produce los productos esperados, lo que disminuye el precio de venta, los métodos de corte no son los mejores, generando mas desventajas que flexibilidad para el que debe planificar la producción.

## **2.- ESTANDARIZAR EL PROCESO**

Como una buena práctica dentro de los aserraderos, a fin de aumentar los rendimientos y parámetros de gestión que se manejen en ella, es importante conocer en que consiste cada

etapa, es decir, tener pleno conocimiento de los procedimientos. Esto es lo que llamamos Estandarización del Proceso.

La estandarización consiste en definir y uniformar las condiciones de trabajo de modo que las personas que participen en el proceso usen de forma permanente los mismos procedimientos. Cuando los empleados u operadores de máquinas emplean diferentes formas de hacer una operación aumenta la variabilidad del producto y el proceso se hace ineficiente.

Como se mencionó anteriormente, los procesos de aserrío están orientados al mejoramiento de rendimiento de la materia prima, requieren necesariamente de mejoramiento continuo y de la capacidad de poder establecer procedimientos claros para cada etapa del proceso, estos van por ejemplo desde cómo se debe ingresar un trozo al aserradero, hasta la manera en que una tabla debe ser clasificada según atributos para una calidad de producto determinada.

Entonces se puede decir que para desarrollar la estandarización es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Definir el proceso de una manera general que sea clara para cualquier persona, ligada o ajena al proceso, de tal manera de que sea capaz de percibir cual es el objetivo general de este.
2. Definir y detallar las etapas dentro del proceso macro, es decir, subprocesos, actividades y tareas. Conociendo cada una de ellas y los requerimientos para poder cumplirlas a cabalidad.
3. Definir las secuencia entre las etapas del proceso, de manera que se conozca el flujo del material dentro de la planta y hacia donde este se dirige después de cada operación.
4. Definir en detalle las características para la inspección de insumos y productos, y en que puntos dentro de la planta se deben realizar los controles, el cómo se debe hacer y los criterios de aceptación o rechazo.



5. Realizar actividades de mantenimiento, de tal manera de asegurar que el proceso no se vea interrumpido por algún problema en los equipos.

### **3.- DEFINICIÓN DEL PROCESO**

De una manera simple el Proceso de aserrado debe entenderse como la transformación de un trozo proveniente de una sección del árbol en tablas las cuales están asociadas a calidades y características para satisfacer ciertos mercados.

Por un lado los trozos son obtenidos del árbol, de las secciones mas cercanas al fuste, mientras el resto del árbol es orientado a otras industrias como la de pulpa y tableros. Además, como mencionó en el primer capítulo, existen calidades de trozos para la industria, y aquellos mas conocidos son los regulares, podados y aserrables. Otros aspecto a considerar en la materia prima es la zona geográfica de donde son obtenidos. Las calidades de madera aserrada están definidas según los clientes y obedecen a características para usos finales.

El como se logra la transformación de la materia prima se detallará más adelante, cuando se hable de las etapas involucradas en el proceso y de las características de ellas. Por ahora se puede decir que la transformación esta ligada a un complejo sistema donde se toman decisiones según cada etapa del proceso, y cada decisión esta orientada o ligada mas bien dicho a obtener los productos finales, atendiendo a variables como rendimiento, productividad y consiguiendo en cada una de ellas el mejoramiento continuo.

### **4.- CONSIDERACIONES GENERALES**

Los aserraderos, o más bien la industria del aserrío, ha ido creciendo en sofisticación, existiendo un gran aporte de nuevas experiencias y Know How, los que permiten afirmar que el aserrío no es sólo una técnica sino que también un arte.

Nunca existe una única solución para realizar un determinado programa de trabajo: distintas máquinas insertadas en distintos Layout pueden realizar tareas semejantes, eventualmente en situaciones igualmente rentables.

El éxito de un aserradero radica, en gran parte, en lograr los mejores rendimientos posibles sin perjudicar al producto deseado, tanto en calidad como en dimensiones. La tecnología moderna se orienta así, por un lado, a perfeccionar el corte en cuanto a velocidad, minimización del ancho de corte y precisión para disminuir la producción de aserrín y, por otro, a analizar la materia prima, pieza por pieza, tanto a su entrada como en las diferentes etapas de su procesamiento con el fin de llegar al máximo aprovechamiento de la madera útil contenida en cada troza. En este sentido, es esencial respetar los siguientes principios:

- a. Armonizar la geometría de una troza con las dimensiones del producto final, es decir, aplicar un correcto plan de corte buscando para cada troza el tipo y dimensión de producto que optimicen su rendimiento.
- b. Posicionar perfectamente las piezas con respecto a las líneas de corte, lo que implica la instalación de sofisticados dispositivos que combinen alta tecnología mecánica y electrónica.
- c. Aplicar tecnologías que permiten disminuir considerablemente el impacto de la curvatura y conicidad de los rollizos en el aprovechamiento de la materia prima

El último punto puede ser tomado como una extensión del primero, considerando que los trozos no son completamente cilíndricos y que están sujetos a presentar defectos como los ya mencionados. La primera de estas técnicas que es absolutamente operacional es el aserrado Curvo, el que permite que las líneas de corte sigan perfectamente la forma del trozo. La segunda técnica es el aserrado Cónico que permite minimizar las pérdidas por conicidad al trasladarlas a la zona de menor valor (centro) mediante el corte de las tablas de la periferia en línea paralela a la superficie. Esta técnica se practica con sierras huinchas, así como también es posible lograrlo usando Chipper Canter.

Un aserradero debe ser una instalación cuidadosa y metódicamente dirigida, con intervenciones oportunas y mejoras introducidas en forma permanente. En este sentido el factor humano es importante de ser considerado, existen puestos claves dentro del proceso que

son relevantes para el rendimiento, estaciones de canteado por ejemplo, y otros destinados para la calidad, selección de materia prima adecuada para productos finales.

En aserradero es necesario fijar o establecer algunos parámetros importantes de producción, entre ellos podemos mencionar:

- a. Largo troza media típica
- b. Consumo de materia prima
- c. Turnos
- d. Eficiencia de equipos
- e. Volumen troza
- f. Diámetros típicos de troza
- g. Trozas por turno, año o minuto
- h. Productividad
- i. Nivel de Producción

Estos son algunos de los parámetros importantes a considerar a la hora de planificar la producción en aserraderos.

## 5.- PRINCIPIOS DE DISEÑO

Los aserraderos requieren de ciertos criterios de funcionamiento y de diseño que les permitan operar sin interrupciones y lograr de la mejor manera posible los objetivos de la planta. La experiencia ha hecho ver los posibles problemas que presentan algunos aserraderos, y cuyas soluciones se transforman en principios básicos para el diseño de estos.

El instituto forestal define estos principios en el siguiente listado, no obstante debe entenderse que esto no es lo único que debe considerarse, también existen factores relevantes relacionados con el aspecto humano dentro de las plantas, se puede decir que cuando los aserraderos no poseen la capacidad de contar con estaciones de medición, ya sean escáner o similares, son los operadores quienes llevan el control de la producción y quiénes definen los rendimientos de estas.

Entre los principios de diseño relevantes a considerar son:

- a. Se requiere disponer de un volumen suficiente de trozas de buena calidad a lo largo del tiempo y en cada momento de la operación de la planta.
- b. Se requiere un adecuado stock de materia prima en la planta para mantenerla operando con la máxima eficiencia a lo largo del tiempo y en cada instante.
- c. La mesa de entrada para trozas debe ser lo suficientemente grande para evitar pérdidas de tiempo, como resultado de interrupciones en el suministro de la cancha de trozas.
- d. La capacidad de trozado y descortezado debe ser lo suficiente para procesar el volumen requerido, considerando una capacidad adicional por precaución a interrupciones cortas.
- e. Trozar la madera de forma que se obtenga la máxima longitud recta posible.
- f. Medir el diámetro y longitud de las trozas para calcular el volumen de madera de cada troza alimentada al sistema.
- g. Mantener una cantidad apropiada de madera trozada en largos y diámetros adecuados a la máquina principal.
- h. Donde existan dos máquinas principales, se debe contemplar un transporte entre las dos líneas, para en caso de ingreso de trozos en línea incorrecta, estos puedan ser llevados a la máquina que es capaz de procesarlos.
- i. Se deben medir las trozas en diámetro y longitud, alimentar las trozas por el diámetro menor. Se deben evitar apariciones de curvaturas, torceduras u ovalaciones. Esto permitirá obtener piezas de anchos máximos, y máxima recuperación.
- j. Sujetar la troza firmemente mientras esta pasa por las máquinas de corte, para evitar cualquier movimiento lateral que pueda provocar daños en la máquina.
- k. Maximizar la cantidad de piezas a pasar por la máquina principal.
- l. Evitar perdidas de tiempo por causa de exceso de madera inmediatamente después de la sierra Principal,
- m. Contemplar adecuado espacio delante de cada máquina posterior a la máquina principal.
- n. Evitar atochamiento detrás de las canteadoras y otras máquinas secundarias de corte.

- o. Donde varias máquinas secundarias de corte descargan piezas sobre un solo transportador delante de la despuntadora, dejar adecuado espacio entre los diversos puntos de descarga y evitar que la madera sea lanzada bruscamente.
- p. Incorporar un desvío alternativo a la despuntadora para aquellas piezas que no necesitan ser despuntadas.
- q. Considerar posibilidad de un sistema de transporte y apilado automático, con adecuado manejo desde el apilado a las cámaras de secado o a la planta de elaboración.
- r. Donde existan secadores, debe existir una suficiente capacidad de secado para procesar la producción.

Estos son solo algunos principios, es necesario incluir aquellos relacionados con las nuevas técnicas de escáner o de medición de las piezas, las ya mencionadas con el aspecto humano, y por supuesto aquellas asociadas con el mejoramiento continuo del proceso, considerando cada etapa de este como un Centro de trabajo, el cual esta sujeto a modificaciones y cambios.

## **6.-DISTRIBUCIÓN EN PLANTA: LAYOUT**

En cualquier proceso de fabricación un factor importante a considerar es la ubicación de la maquinaria, de una distribución correcta depende la efectividad y calidad del trabajo.

La industria del aserrío no es ajena a esto, existen un sin número de combinaciones posibles de equipos que definen lo que se conoce como Layout. Un layout esta sujeto a las necesidades de producción, y para su ejecución es necesario considerar las capacidades de

los equipos a instalar. Un factor en la elección de la planta y características es el hecho que sea capaz de originar capacidades de equilibrio en la producción. Por otro lado la elección de la maquinaria tiene un efecto sobre el tiempo de preparación o puesta a punto, la minimización de los tiempos de preparación depende en gran medida de la elección de la planta.

Un flujo sencillo entre departamentos a nivel de fábrica, y una disposición en línea, a nivel de planificación de procesos dentro de los departamentos son necesarios para una máxima eficiencia operativa. Dentro de las ventajas de establecer una distribución adecuada de las operaciones en la planta podemos mencionar:

- a. Mejora la Organización de Producción
- b. Mejor Control de la Producción
- c. El tiempo de transportación de la materia prima entre puestos de trabajo es corto
- d. La ocupación del lugar de trabajo es más racional
- e. La rentabilidad del suelo por metro cuadrado del sitio de trabajo es más alta.
- f. Se puede implementar la ingeniería de métodos, tiempos y costos de producción
- g. Se puede localizar un almacén de partes para cumplir las fechas de entrega
- h. Control en la utilización de las máquinas implementando un mantenimiento preventivo y no correctivo.
- i. **En la programación de la producción el esquema en sí exige que la relación debe ser hombre por máquina.**

La localización de las máquinas, las zonas de trabajo y las circulaciones no obedecen a unas medidas estándar, simplemente su ubicación depende del proceso y de los tamaños en que se va transformando la materia prima.

Finalmente se puede decir que el Lay Out debe presentar una versión simplificada de la planta, debe mostrar una secuencia detallada del parque de máquinas. En el Anexo N° 7 se encuentran una serie de lay out de plantas visitadas y de algunos encontrados en memorias realizadas en años anteriores, con la identificación de las figuras usadas.

## **7.- DIAGRAMAS DE CORTE**

Se denomina así al esquema gráfico en el cual se representan las distintas piezas de madera aserrada en forma de rectángulos, factibles de obtener de un trozo de diámetro determinado, representado por una circunferencia, de acuerdo a las características del proceso, considerando una separación entre cada pieza la que corresponde en la realidad a los espesores de corte dados por las máquinas que intervienen en el proceso. Se les conocen además con los nombres de Esquemas o planes de Corte.

### **7.1.- Factores Importantes a Considerar en el Patrón de Corte**

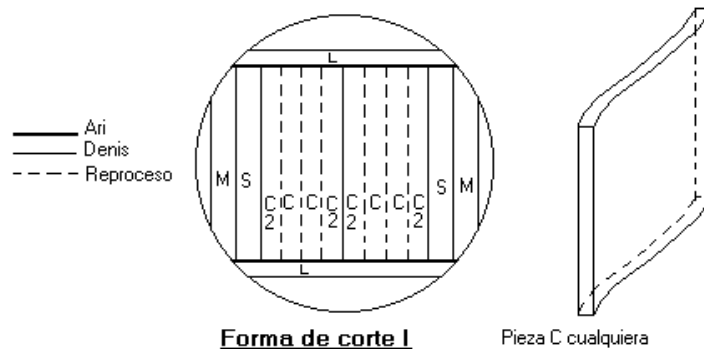
- a. Diámetro de la troza: el diámetro de la troza considerado para calcular el volumen de la troza, influye en el área de la sección transversal de ella.
- b. Proceso Tecnológico: este se entiende en el sentido de que se debe conocer previamente el flujo que sigue la línea de producción de la materia prima, el grado de automatización y el nivel de mantenimiento, esto porque máquinas en mal estado no respaldan a un plan de corte.
- c. Maquinaria: este factor es muy importante ya que del estudio de las características y capacidades de las máquinas depende la factibilidad de realizar un esquema de corte determinado. Esto es, las máquinas limitan la altura y anchos máximos de corte, las especies madereras mas favorables para procesar de acuerdo a las potencias de corte requeridas para su proceso. La maquinaria de la que se dispone también puede limitar el tipo de corte, el diámetro de troza máximo factible de procesar, además de la cantidad de cortes por pasada.
- d. Materia Prima: Este es de gran importancia, tanto en la selección del plan de corte como en la selección de la maquinaria a utilizar, u otros aspectos del aserrado. La materia prima restringe, dependiendo de la especie que se trate como en el

eucalipto, a una zona determinada de la troza el diagrama de corte a realizar, debido a madera no deseada comercialmente.

Los esquemas de corte tienen una gran importancia en cuanto a la utilización de la materia prima, de ellos depende el aprovechamiento que se puede obtener de las trozas, la minimización de pérdidas por concepto de desechos ( aserrín, lampazos y otros), la productividad, y son una herramienta para la planificación de la producción.

## 7.2.- Calidad superficial y Esquema de Corte

Los esquemas de corte, indican donde se deben generar las piezas, lo cual nace de haber escogido las máquinas que se utilizarán y por ende de la calidad superficial que estas poseen. Por ejemplo, en la siguiente figura tomada de aserradero Planta Nacimiento, es posible ver las calidades de corte de las máquinas y como estas pueden afectar la calidad de la madera, cuando estas tienen variaciones al realizar el corte.







## **8.- EXACTITUD DEL PROCESO**

La exactitud en el aserrado es un factor que influencia la cantidad de recuperación de madera desde el trozo y es una combinación de la variación del aserrado y de las sobre medidas. Por un lado la variación es una medida de la precisión mecánica en la fabricación, en espesor y ancho. Los requerimientos de tamaño mínimo están determinados por los requerimientos finales y llevan consigo los agregados de madera verde y seca, agregando además los factores influenciados por cepillado y contracción de la madera.

### **8.1.- Dimensión Objetivo (Target Size)**

El Target Size de la madera es determinado por la suma de las adicionales medidas, las cuales representan la variación del aserrado. Cualquier adición en espesor o ancho asignados representa sobre medidas. El target size puede estar definido como la diferencia entre el tamaño requerido y el tamaño al cual se aserrea la madera. Cualquier exceso de sobremedidas o variación de aserrado resultará en bajos niveles de recuperación. En estados unidos por ejemplo para la evaluación del proceso se usan los factores de variación del aserrado y de las sobremedidas. ¿ Cuanto es el aumento Adicional de madera si aumentamos la exactitud del corte? La pregunta anterior no puede ser respondida a priori, la exactitud del corte y el rendimiento, esta influenciada con las decisiones de administración a observar en invertir en nuevos equipos. Esta relación esta influenciada además por lo programas de corte y de mantención de equipos.

### **8.2.- Canal de Corte (Kerf)**

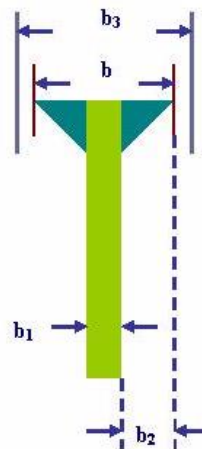
El kerf o canal de corte puede ser definido como la cantidad de material que la herramienta de corte va a retirar de la madera. Podemos decir que existen dos tipos, uno teórico que es posible calcularlo de la siguiente manera:

**KERF teórico = ancho de la hoja de sierra + dos veces el huelgo del diente.**

Si esto fuera cierto en las plantas o se cumpliera, entonces los rendimientos serían mucho mayores, sin embargo, el Kerf real está influenciado por una serie de variaciones entre las cuales se encuentran las relacionadas con la mantención de los equipos, el tipo de máquina, vibraciones durante el corte. Entonces el Kerf real lo podemos obtener como:

**KERF real = KERF teórico + variaciones (mantención, tipo de equipo, vibraciones)**

En la siguiente figura se explica los detalles de este concepto:



b: Kerf Teórico  
 b1: Espesor de la Hoja  
 b2: Huelgo del Diente  
 b3: Kerf Real

Figura N° 5.2: Kerf de las máquinas.

Algunos rangos se presentan en la tabla siguiente:

Tabla N° 5.1: Kerf para las máquinas de aserrío

Máquina	Kerf (mm)
Sierra Circular	2 – 12
Sierra Huincha	1,5 – 6

Sierra Alternativa	1,5 - 6
--------------------	---------

En estado unidos se han realizado algunos estudios acerca de la selección de máquinas asociadas al kerf y al rendimiento de madera aserrada, estos se pueden resumir en la continuación. Estos estudios dan señales de los kerf que debieran usarse en la máquina principal y secundaria, para esto se habla de Kerf vertical cuando se haga referencia al primer corte en la madera y de kerf horizontal para el corte secundario de esta. Algunos de los resultados obtenidos son los siguientes.

- a. Para cualquier kerf el rendimiento crece exponencialmente según se provea de exactitud de corte.
- b. Se probaron combinaciones de kerf de 0,375 pulg para la máquina principal (MP) y 0,125 para la máquina secundaria (MS) versus la combinación 0,125 (MP) y 0,375 (MS), para la cual el rendimiento aumentó cuando el kerf horizontal disminuía, también se deben tomar en cuenta los aspectos de exactitud de corte.

Estos resultados nos permiten tener una noción de los equipos que se deben usar en las etapas del proceso.

## **9.- FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE LA MATERIA PRIMA**

Como se ha mencionado la materia prima es el mayor costo en el que se incurre para el funcionamiento del aserradero, de ahí que este es un parámetro clave en el éxito económico.

Ciris (Empresa relacionada con la planificación y producción de aserraderos ) señala que los siguientes parámetros afectan el rendimiento de la materia prima.

- a. Parámetros que dependen de la materia Prima
- b. Tipos de Aserrío
- c. Parámetros que dependen de los Productos
- d. Tipos de Aserraderos
- e. Optimización y Ejecución de los Patrones de Corte
- f. Espesor de Corte y target Size
- g. Relación Mix de Productos –Mix de Trozos

Algunos de estos se han ido tratando dentro de temas anteriores, por lo cual ahora se hará énfasis en aquellos temas que queda por comentar.

### **9.1.- Parámetros que dependen de la materia Prima**

Este tema fue considerado en el capítulo de los productos de madera aserrada, ahora bien se puede decir que es claro que el rendimiento de un proceso dependa como es de esperarse de su materia prima principal, en nuestro caso: Trozos de Madera. En este punto es importante destacar las distribuciones de diámetros, largos, conicidad, curvaturas, calidades, distribución de defectos entre otros.

### **9.2.- Tipos de Aserrío**

Al hablar de tipo de aserrío se refiere a la manera como se corta la madera. El Instituto Forestal define tres categorías, estas son Respecto a la Calidad de la Materia Prima, Respecto de la geometría de la troza y Respecto a la geometría de las piezas obtenidas.

Antes de seguir en este tema es interesante comentar acerca de la manera en la cual se intenta maximizar el aprovechamiento de la materia prima en cuanto a la calidad y el valor económico de la madera que se puede obtener. En un principio los aserraderos cumplían la función de recuperación luego de realizar los cortes en la madera, se intentaba en cierta medida obtener la mayor cantidad de piezas desde el centro del trozo y las piezas laterales

eran desechadas para lampazos o astillas. Ahora la industria ha cambiado, la optimización de los trozos se realiza desde afuera hacia adentro, dando preferencia a las piezas laterales que reportan mayor valor económico, las técnicas se han mencionado de sistemas de visión, han ayudado en esta nueva manera de aserrar los trozos. A continuación se explica la manera en como se realiza el corte en la madera, según la configuración del Instituto Forestal.

### **9.2.1.- Respecto a la Calidad de la Materia Prima**

#### **a.- Individual**

En el aserradero individual, en cada pasada de la troza a través de la máquina, se obtiene solo una pieza. Para obtener una segunda pieza la troza debe pasar otra vez. En este tipo de aserrado, las superficies de las piezas quedan a la vista, y dependiendo de la calidad, se puede decidir sobre el espesor que se le dará. Por esta razón, este método de aserrado es conocido como abierto y se utiliza en máquinas principales que cuentan con una sola sierra y el avance se realiza con carro. Este tipo de aserrío se conoce también como cualitativo, es usado en maderas de gran valor, como por ejemplo maderas nativas o trozos que tienen tratamientos silviculturales, trozos podados.

#### **b.- Masivo**

En el aserrado masivo, la troza pasa a través de la máquina sólo una vez, obteniéndose diversas piezas con espesores iguales o variados. Normalmente las piezas deben cantearse en una máquina secundaria para eliminar el canto muerto y obtener el ancho final de la pieza. En este tipo de corte no existe posibilidad de observar las superficies de corte y los defectos internos que pudiera tener la troza. La clasificación por calidad se debe efectuar después del aserrado. Este tipo de aserrado se conoce con el nombre de cerrado o aserrío no Cualitativo, es usado principalmente en especies de bajo valor. El aserrado masivo se realiza con máquinas alternativas, circulares múltiples o grupos de sierras huinchas.

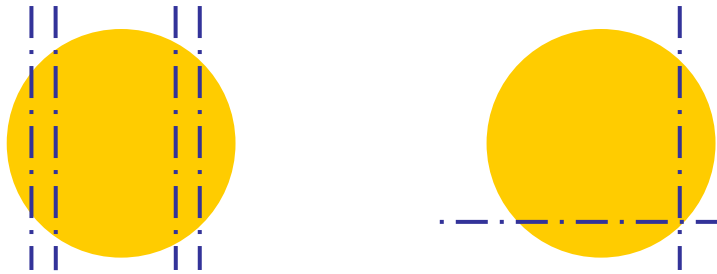


Figura N° 5.3: Aserrado Respecto a la Calidad de la Materia Prima

### 9.2.2.- Respecto de la Geometría de la troza

Dependiendo de la dirección del avance de la troza con respecto a su eje de simetría, se distinguen dos tipos de aserrado, por el eje de la troza y por la generatriz, este último conocido como paralelo a la corteza.

#### a.- Por el Eje de la Troza

En este tipo de aserrado los cortes se realizan en forma paralela al eje longitudinal de la troza. Las piezas se obtienen con veta atravesada, producto de la conicidad del Rollizo.

#### b.- Por la Generatriz

En este tipo, los cortes son paralelos a una de las generatrices, en una de las caras de la pieza no se observa veta atravesada, pero en la cara posterior esta es mayor.

### 9.2.3.- Respecto a la Geometría de las piezas obtenidas

#### a.- Aserrado Uniforme

En este tipo los cortes necesarios para el aserrado total son paralelos entre sí, obteniéndose piezas con canto muerto. Las piezas luego se cantean en una segunda máquina, determinando el ancho.

#### b.- Aserrado Prismático

En este tipo, la troza se aserrea primero como corte uniforme, obteniendo una semibasa del centro, y piezas de la periferia que requieren una segunda máquina para eliminar el canto muerto.

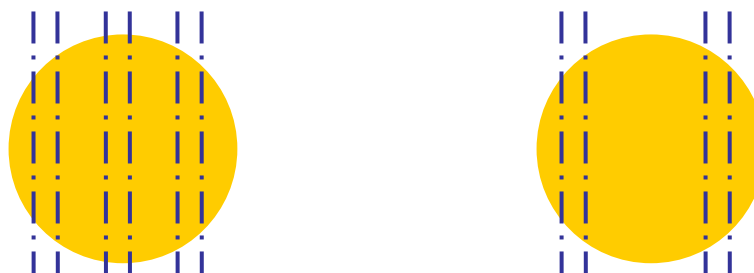


Figura N° 5.4: Aserrado Respecto a la Geometría de las Piezas Obtenidas

Generalmente las trozas de diámetros pequeños , se aserrear de manera uniforme y los trozos mayores se aserrear en forma prismática. El aserrío prismático facilita el proceso tecnológico, ya que se obtienen gran cantidad de piezas sin canto muerto e igual ancho, descongestionando canteadoras, clasificación y almacenamiento de las piezas.

### 9.3.- Parámetros que dependen de los Productos

Por un lado el rendimiento depende de las características de la materia prima, y es lógico pensar que además dependa de las características de los productos que se quieran obtener, por ejemplo si se piensa en una planta cuyo objetivo solo es producir basas, es claro que el rendimiento de esta será mucho mayor que una planta cuyo producto sea madera



delgada. Algunas características de los productos que influyen el rendimiento se nombran a continuación:

### **9.3.1.- Escuadrías**

Aquí se hace referencia en términos sencillos a la generación de aserrín, para obtener piezas de espesor delgado es necesario realizar mayores cortes en la madera lo que trae como consecuencia una mayor generación de aserrín y una disminución en el rendimiento. Esto no quiere decir que solo se deban producir escuadrías gruesas, si se hace esto es difícil completar el patrón de corte de la mejor manera posible, lo cual indica que la combinación de piezas delgadas y gruesas hace posible el mejor aprovechamiento del trozo.

### **9.3.2.- Largos**

Se sabe de antemano que los trozos no son rectos, que poseen defectos de forma que alteran los patrones de corte, por esta razón es más difícil ingresar un producto más largo que uno más corto en el patrón. Por tanto el rendimiento aumentará con productos más cortos y en particular cuando se habla de productos laterales cortos que fácilmente se encuentran en la conicidad de un tronco largo.

### **9.3.3.- Sobre Medidas**

Este tema ya lo hemos mencionado, y de otra manera podemos decir que consiste en una forma de compensar errores de corte debidos a la falta de precisión y por otro lado a la contracción durante la etapa de secado. En conjunto con las desviaciones de las máquinas de corte y el espesor de la madera es que se debe fijar una medida de corte o Target Size. Es claro que mientras las sobremedidas sean menores, los rendimientos de madera se ven beneficiados, sin embargo no se debe olvidar que se debe dar respuesta a los clientes, no se puede sacrificar un mercado con el fin de aumentar unos puntos en el rendimiento de la materia prima.

#### **9.3.4.- Calidades**

Aquí se hacer referencia a la calidad del producto, las cuales están asociadas a escuadrías particulares. Cuando un producto no tiene una calidad correspondiente a su escuadría, generalmente hay que cortar de nuevo la escuadría para buscar una de tamaño inferior que sea compatible con otra calidad. Por lo tanto hay una pérdida de rendimiento de la materia prima.

#### **9.3.5.- Complementariedad de las Escuadrías**

Este tema es específico a los aserraderos, la materia prima tiene características particulares, cada trozo no puede dar más de lo que su geometría le permita. Es por esto que las escuadrías se deben complementar de tal manera de encontrar en el trozo la mejor manera de ubicar las piezas, combinando las distintas calidades de los productos con sus respectivas escuadrías en el centro y periferia del trozo. Si se respeta el hecho que piezas gruesas van al centro y delgadas en la periferia, entonces el rendimiento puede ser aumentado, al contrario si no existe un equilibrio en esta complementariedad el aserradero deberá sacrificar trozos destinados a otros productos a fin de cumplir con sus pedidos, lo que trae como consecuencia disminución del rendimiento.

#### **9.3.6.- Complementariedad entre Volúmenes y Calidad**

Aquí se refiere a la calidad de los productos y cuales son los trozos que se deben asignar para ese pedido, no se debe olvidar que un trozo esta sujeto a que de el podamos obtener más de una calidad de madera aserrada, por lo cual es necesario buscar aquella combinación diámetrica que permite aumentar el rendimiento de la planta.

## **9.4.- Tipos de Aserraderos**

Los primeros aserraderos carecían de tecnología que les permitieran medir la geometría de la materia prima o de las piezas dentro del proceso. Hoy, las cosas han cambiado. La tecnología ha evolucionado mucho y es posible: “medir con precisión, calcular el óptimo, para que la máquina haga lo calculado según las características del tronco y su posición relativamente a la maquina de corte”.

Las decisiones de corte desde que la materia prima entra a la planta hasta que es clasificada, es tomada con conocimiento de las operaciones que seguirá la o las piezas obtenidas del trozo. El rendimiento de la materia prima ha sido afectado mucho por esta tecnología nueva. Se habla de mejoramientos superiores a los diez por cientos del rendimiento anterior. Para entrar un poco mas en los detalles de los tipos de aserraderos y de como estos conceptos diferentes influyen sobre el rendimiento podemos decir que hay tres categorías de principios de concepción de aserraderos:

### **9.4.1.- Con cancha de clasificación de troncos**

Los aserraderos con cancha de clasificación consideran que cuando los troncos están clasificados por diámetros en categorías de un centímetro de incremento, es suficiente después, determinar el patrón de corte que mas conviene y cortar todos los troncos de la misma manera. Sin embargo, cuando la clasificación esta hecha de forma rígida y permanente y que por otro lado los pedidos van cambiando, los diámetros seleccionados no corresponden al mejor aprovechamiento que se puede sacar de los troncos. Además, cuando los troncos tienen mas curvatura, ovalidad, conicidad y defectos de forma, la clasificación no puede ser precisa. Los diagnósticos hechos en aserraderos de pino demuestran frecuentemente que solo unos 60 a 70 % de los troncos están clasificados correctamente en la categoría a la cual pertenecen.

Otro tema es que este tipo de aserradero con patrón de corte fijo no permite resolver correctamente en madera de pino, es que cuando el tronco clasificado llega a la sierra nunca se presenta de manera idéntica que cuando se clasificó. Por tanto el patrón de corte tiene alta probabilidad de no ser el más provechoso.

#### **9.4.2.- Sin cancha pero con optimización en línea de cada tronco**

Los aserraderos con optimización en línea y sin clasificación son frecuentes en América del norte y del sur, en sur de Europa y de manera general en las zonas donde hay madera de pino con características geométricas más complicadas. El principio mismo es que nos es necesario clasificar los troncos ya que cada tronco tiene que ser medido para conocer su forma y sus dimensiones, pero también su posición relativamente a la máquina donde tiene que ser cortado. Este tipo de aserradero permite conseguir rendimientos de la materia prima muy altos. Una optimización de la producción respecto a los pedidos es necesaria para que la planta produzca en forma óptima en cuanto al aprovechamiento y a los pedidos.

En cuanto a la optimización del tronco y de la semibasa este tipo de aserradero tiene dos ventajas adicionales : el corte , o sea la posición de las máquinas para cortar puede ser adaptada a cada tronco. Por otro lado, la nueva tecnología de scanner de forma real también permite tomar en cuenta la realidad de cada tronco de manera individualizada.

Si no es fácil comparar directamente aserraderos de tipos diferentes, es completamente claro que estos conceptos impactan muchísimo en el rendimiento de la materia prima que cada uno puede conseguir. Lo que tiene que ser claro también es que el tipo de madera influye mucho y que las ventajas o las desventajas que uno puede sacar de cada tecnología depende mucho de como dicha tecnología se adapta a su madera. La experiencia de 20 años en la

optimización de aserraderos permite afirmar que la madera de pino necesita una optimización individualizada de cada tronco.

#### **9.4.3.- Con preclasificación de troncos y optimización en línea**

Dichos aserraderos tienen generalmente las ventajas de cada una de las tecnologías comentadas mas arriba. La clasificación en este caso facilita el manejo de los plazos del pedido. Cuando dicha clasificación no molesta al rendimiento de la materia prima ya que hay una optimización en línea en el aserradero consideramos que en cuanto a la madera mal conformada es una solución aceptable.

En conclusión, se puede confirmar que el tipo de aserradero influye muchísimo sobre el rendimiento de la materia prima. Esta influencia es mayor cuando el tipo de aserradero elegido no esta adaptado a la materia prima que hay que cortar y por supuesto las malas consecuencias son mas importantes en dichas condiciones.

#### **9.5.- Optimización y Ejecución de los Patrones de Corte**

La optimización del patrón de corte esta generalmente hecha por una computadora. Hay varios programas disponibles para hacer estos cálculos. La optimización tiene que hacerse en valor principalmente con opción en volumen. El cálculo en valor tiene que ser bien conocido y determinado con criterios que cumplan con las expectativas del aserradero.

El rendimiento en valor de la materia prima depende también de esta optimización. Cuando la optimización está hecha contemplando también un modelo cualitativo del tronco o de la semibasa, es importante igualmente considerar la calidad del escenario de corte, o sea el escenario que determina como el patrón de corte tiene que ser determinado para que el tronco sea cortado correctamente puesto las calidades que tiene.

En cuanto a la ejecución lo que importa es que después de haber calculado con precisión donde las maquinas tienen que cortar, las maquinas se pongan en la posición que se ha decidido con rapidez y precisión. Parece esto un tema obvio, sin embargo en la realidad de cada día no lo es realmente ya que no todos los sistemas posicionadores son de precisión y son fiables.

## **9.6.- Sistema de Medición**

Es claro que el rendimiento depende de la manera en la que se mida la materia prima, es fácil comprender y aceptar que tenga un impacto sobre el rendimiento la forma en la que se realizan las mediciones de volúmenes, no solo de los trozos sino también de las tablas, y semibasas. Existen muchas tecnologías en el mercado que apuntan a esto, con varios niveles de precisión. No debemos olvidar que un sistema de medición debe ser preciso, de lo contrario no se justifica su adquisición.

## **9.7.- Otros Factores**

Otros factores no menos importantes que tienen que ser considerados son:

- a. La calidad superficial del corte: cuando esta calidad esta tan mala que hay que cepillar o reprocesar las piezas es una perdida de rendimiento que tal vez hay que considerar.
- b. La precisión y la calidad del clasificado de tablas: una perdida importante viene también de estos aspectos que mandan en la malas categorías de clasificación tablas que no corresponden.
- c. La calidad del apilado: productos mal apilados son productos mal secados con pérdidas de ventas a la salida.

d. La calidad del acondicionamiento: productos mal acondicionados pueden crear reclamaciones del cliente y por tanto crear pérdidas o de materia prima o mas bien tal vez de clientes.

Finalmente se puede decir que los factores antes nombrados deben ser considerados a la hora de realizar la planificación del aserradero. Las tecnologías modernas permiten conseguir resultados mucho mejores, es posible entonces encontrar soluciones para casi todos los problemas, sin embargo cada una de las distintas tecnologías deben ser adaptadas a las particularidades del aserradero

## **10.- TIEMPOS EN ASERRADERO**

El parámetro que mas se debe considerar a la hora de simular consiste en la distribución de los tiempos de proceso. Los aserraderos y en general las plantas que buscan mejorar su productividad y eficiencia se encargan de realizar estos estudios, a fin de obtener información acerca de su proceso. Los estudios de tiempo permiten considerar cuanto es el tiempo que toma una entidad u objeto en ser procesada dentro de un centro de trabajo, para operaciones particulares de este.

Entonces se puede definir como el Tiempo de Permanencia, el cual consiste en el total de tiempo requerido para procesar una cantidad de material a través de un sistema de flujo. El tiempo de permanencia consta de un tiempo operativo o tiempo de proceso (cuando se esta aplicando la operación) y un tiempo de espera que es cuando se halla en espera de proceso de fabricación.

En las plantas existe una tendencia a reducir los tiempos de proceso y espera, ya que este permite aumentar la productividad de la planta y de los equipos. En la siguiente tabla se muestran algunas distribuciones de tiempo usadas para simular el aserradero Horcones II.

Tabla N° 5.2: Distribución de Tiempos de Falla

LINEA	MAQUINA/EQUIPO	DISTRIBUCION DEL TIEMPO DE DURACION DE FALLA	DISTRIBUCION DEL TIEMPO ENTRE FALLAS
Sistema Trozos	Ingreso	Mesa de Alimentación	GAMM(231,243) + 0,5
		Unitizador 2	LOGN(6,34,5,69) + 0,5
Principal	Chiper canter 1	LOGN(13,4,20,7) + 0,5	WEIB(0,8,3,24)
	Twin Principal	EXPO(128) + 1	BETA(0,61,0,26)*0,881 + 0,12 BETA(0,78,3,37) - 0,001
	Chiper canter 2	LOGN(6,83,8,2) + 0,5	LOGN(0,39,0,29)
	Sierra Múltiple	WEIB(13,7,1,29) + 1	BETA(0,64,0,54)
	Separador de Laterales	BETA(0,16,3,5)*200 + 1	EXPO(0,24) - 0,001
	Conveyor T220	BETA(0,17,2,42)*104 + 1	
Canteadoras	Canteadora 1	LOGN(8,03,9,39) + 0,5	BETA(0,53,0,14)
	Canteadora 2	LOGN(11,8,31,2) + 1	BETA(0,66,0,21) - 0,001
Newnes	Mesa alimentación Newnes	BETA(0,63,203)*54 + 25	BETA(0,23,0,04)*0,88 + 0,1
	Unitizador Newnes	GAMM(8,76,1,12) + 1,5 EXPO(118,2) + 0,5	UNIF(0,12,1)
	Sistema Trimmer		BETA(0,29,0,08)*0,77 + 0,23
Manejo de Subproductos	Astillador	WEIB(8,31,0,75) + 2	BETA(0,83,0,35)
	Transportes Vibratorios	LOGN(8,49,11,5) + 0,5	BETA(0,71,0,18)

Fuente: Schulz Segura, Carlos, 2001.

### 10.1.- Elementos sobre el Estudio de Tiempos

La planificación de las operaciones implica un esfuerzo en inversión extra que de alguna manera puede verse justificado. Esta justificación se encuentra al poder optimizar los costos



de operación y facilitar el control de la producción durante la ejecución. Por esta razón se definen como están divididos los tiempos en el aserradero:

- a. Tiempo Trabajado, que a la vez se subdivide en Trabajo Productivo y Trabajo No Productivo.
- b. Tiempo No Trabajado, que se subdivide en Tiempo Justificado y Tiempo No Justificado

Estos Tiempos de Trabajo consisten en:

- a. Tiempo Total : es el tiempo total incluido dentro del período considerado.
- b. Tiempo Programado : es el número de horas que se programa para trabajar en una determinada actividad en un día; normalmente son 8 horas y se expresa en horas programadas.
- c. Tiempo Productivo : es el número de horas en que los operarios, máquina u otro elemento está verdaderamente trabajando; se expresa en horas efectivas.
- d. Tiempo No productivo o Atrasos :en esta categoría se incluye el tiempo durante el cual la máquina u operarios no están produciendo.

El uso de esta forma de medir los tiempos nos permiten obtener parámetros como Factores de Operación, Factor de uso de equipos, los cuales pueden ser obtenidos como datos de salida de un sistema simulador, estos factores permitirán comparar entre distintas configuraciones propuestas por el simulador. Existen dentro de estos tiempos una definición un poco mas detallada que consiste en la definición de los tiempos muertos de máquinas o de la planta así como también tiempos perdidos que no son considerados en el análisis general de tiempos.

## 10.2.- Tiempos Muertos

Son aquellos tiempos en los cuales no se realiza la operación, las causas de estos se pueden agrupar en:

- a. Tiempos muertos debidos a Mantenición: definidos como la relación directa, por fallas causadas por mantención, ejemplo: fallas imprevistas o correctivas.
- b. Tiempos muertos propios del Proceso: Es todo tiempo que se relacione en forma directa con fallas causadas por operación, y que se pueden minimizar mediante algún proyecto de implementación o mejora. Ejemplo: cambio de medidas (sierras), atochamientos, etc.
- c. Tiempo Muerto Externo: Relacionado en forma directa con fallas causadas por agentes externos. Ejemplo. Corte de energía.

En la tabla siguiente se presentan algunos tiempos muertos para aserraderos Horcones II, los cuales fueron tomados para realizar una simulación en software Arena.

Tabla N° 5.3: Tiempos Muertos utilizados para simulación en Arena de Aserradero Horcones II

LINEA	MÁQUINA/EQUIPO	TIEMPO MUERTO	% DEL TOTAL
-------	----------------	---------------	-------------

			(min)	
Sistema Trozos	Ingreso	Mesa de Alimentación 1	401	8,42%
		Unitizador 1	516	10,83%
		Mesa de Alimentación 2	577	12,11%
		Unitizador 2	1636	34,35%
		Mesa de Alimentación 2	1306	27,42%
		Conveyor T110	327	6,87%
TOTAL			4763	100%
Principal		Chiper canter 1	660	2,78%
		Twin Principal	4882	20,58%
		Separador de Laterales 1	225	0,95%
		Chiper canter 2	596	2,51%
		Sierra Múltiple	11420	48,14%
		Separador de Laterales 2	3928	16,56%
		Conveyor T210	767	3,23%
		Conveyor T220	1245	5,25%
TOTAL			23723	100%
Canteadoras		Mesa de Entrada T410	207	4,34%
		Canteadora 1	1076	22,57%
		Coveyor T420	288	6,04%
		Mesa de Entrada T510	312	6,54%
		Canteadora 2	2551	53,51%
		Coveyor T520	333	6,99%
TOTAL			4767	100%
Reaserrío		Mesa Twin 1	127	11,81%
		Twin 1	79	7,35%
		Mesa Twin 2	258	24,00%
		Twin 2	78	7,26%
		Mesa Twin 3	239	22,23%
		Twin 3	294	27,35%
TOTAL			1075	100%
Newnes		Mesa alimentación Newnes	363	12,97%
		Unitizador Newnes	609	21,76%
		Sistema Trimmer	1442	51,51%
		Sistema Buzones	216	7,71%
		Sistema Stacker	169	6,05%
TOTAL			2799	100%
Linea Kalfass		Unitizador Kalfass A	77	7,55%
		Mesa Kalfass A	139	13,63%
		Kalfass A	124	12,16%
		Signode A	144	14,12%
		Unitizador Kalfass B	10	0,98%
		Mesa Kalfass B	283	27,75%
		Kalfass B	161	15,78%
		Signode B	82	8,04%
TOTAL			1020	100%
Manejo de Subproductos		Astillador	3064	41,60%
		Harnero	29	0,39%
		Transportes Vibratorios	1787	24,26%
		Cinta Transportadora silo astillas	1552	21,07%
		Cinta recolectora aserrín	280	3,80%
		Cinta recolectora silo aserrín	422	5,73%
TOTAL			231	3,14%
TOTAL			7365	100%

Fuente: Schulz Segura, Carlos, 2001.

## 11.- INDICADORES DE DESEMPEÑO DEL PROCESO

Para mejorar un proceso es absolutamente necesario conocerlo en su totalidad, esto permitirá identificar de mejor manera los errores, fallas, desperdicios, que puedan existir. Un indicador es una variable que es necesario medir con el objeto de tener información objetiva que describa el comportamiento del proceso. Por ejemplo: número de errores, porcentaje de fallas, tiempo de ciclo, dimensiones, frecuencias.

Existen dos tipos de indicadores. Los primeros relacionados con el producto, en estos se incluyen las propiedades que debe tener el producto para lograr la satisfacción del cliente. Una forma de cumplir con estas por ejemplo es hacer referencia a normas de calidad establecidas entre el productor y el cliente. El segundo tipo de indicador esta relacionado con el proceso, estos se centran en cualquier causa o condiciones que permitan mantener operando de manera eficiente el proceso. En referencia a lo anterior se mencionará los indicadores de desempeño del proceso en las plantas, estos indicadores se pueden obtener como respuesta a estudios de tiempo, a la materia prima o a la toma de datos. Los indicadores referente a los productos fueron detallados en el capítulo de los productos.

### **11.1.- Factor de Uso**

El factor de uso en términos simples corresponde a la capacidad de uso de las máquinas, mide si el equipo fue operado a velocidad compatible con la velocidad de diseño de la máquina. Lo podemos calcular por ejemplo:

$$\text{FU} = \text{velocidad real promedio de trabajo} / \text{velocidad de diseño del equipo} \%$$

### **11.2.- Productividad**

La productividad indica el volumen producido durante el tiempo total, es el resultado del volumen de madera y el tiempo. Dentro de ella se calcula la productividad hombre y máquina. En aserradero Bucalemu la productividad alcanza valores de 54,4 m<sup>3</sup>/hr, en Planta Mulchén este valor es de 38 a 42 m<sup>3</sup>/hr, en aserradero El Colorado es de 60 m<sup>3</sup>/hr. Se calcula Como.

$$\text{Productividad} = \text{Volumen Madera Producida} / \text{Tiempo total ( m}^3\text{/hr)}$$

Algunos factores que afectan la productividad son:

- a. Si el producto esta diseñado de modo que resulte imposible emplear procedimientos o métodos de fabricación más económicos.
- b. Diversidad excesiva de productos o falta de normalización.
- c. Fijación incorrecta de normas de calidad.
- d. Para dar cumplimiento de producto, es necesario sacrificar demasiado material.

### 11.3.- Factor de Disponibilidad

Es la relación entre el tiempo en que realmente se produjo durante un periodo de tiempo determinado y el tiempo disponible para la producción a ese mismo período de tiempo. Refleja la calidad de la mantención y el estado de los equipos, ya que corresponde a que % del tiempo total los equipos están disponibles para efectuar una tarea.

$$\text{Fd} = \text{tiempo real Producción} / \text{Tiempo disponible para Producción} \%$$

### 11.4.- Factor de Operación

Se puede decir que consiste en el tiempo utilizado en el tiempo disponible. Indica la eficacia operacional y técnica de la planta de aserrío.

$$\text{FO} = \text{tiempo real trabajado} / \text{tiempo Disponible} \% = \text{FU} \times \text{Fd} \%$$

Este parámetro nos indica que tan eficiente se es en el uso del tiempo, los aserraderos con buena planificación, mantención, operación pueden alcanzar valores de hasta 80%.

### 11.5.- Aprovechamiento (Yield)

El rendimiento esta en estrecha relación entre los productos que se obtuvieron, por ejemplo en volumen, y la cantidad de materia prima que se utilizó en la producción. Los factores que afectan están relacionados a la materia prima y defectos que esta pueda traer, como a los productos que sea posible obtener de cada trozo. Este valor se ve afectado además por la forma en la que se cúbica la madera. En el siguiente cuadro vemos una tabla de simulación para distintos rangos de diámetros considerando la curvatura de los trozos.

Tabla N° 5.4: Rendimientos de madera

SIMULACION DE PERDIDA DE RENDIMIETNO (LONEL)							
Diámetro	Curvatura en (mm)						
(cm)	0	30	45	60	75	90	110
18	46,1%	43,4%	40,2%	35,3%			
20	46,7%	44,4%	35,2%	34,2%			
22	49,0%	46,9%	41,0%	39,9%			
24	53,2%	52,4%	47,2%	41,6%	41,5%	41,2%	
26	53,0%	51,6%	48,3%	43,6%	39,9%	39,5%	
28	53,3%	52,5%	45,2%	44,2%	40,8%	38,9%	
30	55,2%	54,2%	46,7%	43,3%	43,4%	43,7%	
32	56,6%	55,6%	47,0%	46,7%	46,7%	46,8%	46,4%

Fuente: Rodrigo Yobanolo, 2001

### 11.6.- Velocidad de la Línea

Corresponde a la velocidad de la línea principal que es la que determina la capacidad del Aserradero. Es la velocidad a la cual es posible procesar un trozo ( semibasa o basas), esta en relación directa con su altura de corte y características de forma y calidad.

Para el caso de máquinas que trabaja con cortes selectivos asimétricos, aserrío cualitativo, la velocidad esta determinada por el número de pasadas o cortes necesarios a aplicar a cada troza y por ello si la troza es de mayor envergadura el número de cortes también es mayor, por esta razón la velocidad de la línea varía. En el siguiente gráfico se muestra como varía la velocidad de la primera máquina según las alturas de corte.

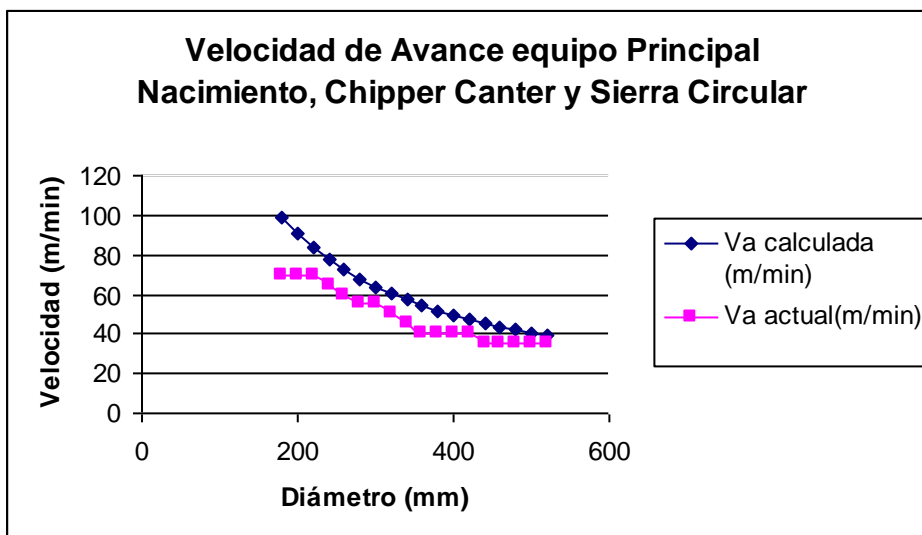


Figura N° 5.5 : Velocidad de avance para máquina principal aserradero Nacimiento

### 11.7.- Gap

Con este nombre se describe a la distancia necesaria entre piezas para ser procesadas, este factor se considera mas importante en la primera máquina, ya que es esta quien controla la velocidad de la línea. Esta distancia se recomienda no mayor a un metro entre trozos para la primera máquina, y a medida que este valor disminuye la productividad aumenta considerablemente. Un factor que condiciona la distancia entre piezas es la capacidad de

lectura de los equipos de scanner o en su defecto la capacidad que tienen los operadores de las máquinas de poder ver donde se encuentra el mejor aprovechamiento del trozo o pieza.

Los aspectos considerados anteriormente, son esenciales al considerar la idea de analizar un aserradero, ellos son algunas de las bases para considerar en la planificación de la producción. En el siguiente capítulo se analiza el proceso en esencia del aserrado, definiendo cuales son las estaciones de trabajo, pero antes de todo realizaremos la definición de Centros de Trabajo.

## **CAPITULO VI**

### **ENFOQUE DEL PROCESO DE ASERRADO**

#### **1.- INTRODUCCIÓN**

Al hablar de Enfoque, se refiere a la búsqueda de alguna metodología que permita explicar y detallar al máximo posible el proceso de aserrado. Luego de conversaciones entre los autores de esta memoria y conversaciones con nuestros tutores, se llego a la idea de que podríamos explicar el proceso a través de la división de áreas de trabajo, dentro de las cuales existe una serie de operaciones que deben ser realizadas para dar cumplimiento a la planificación de la producción.

Esta definición de operaciones esta asociada por supuesto a áreas específicas dentro del proceso, pero además, se encuentra relacionada con equipos que realizan o actúan sobre el material, alguna lógica que permite tomar decisiones, y por supuesto un lazo de control. Estos ítems se encuentran



asociados a través de una estructura a la cual se ha llamado Centro de trabajo, o al que también se le puede concebir como un conjunto de Template, los cuales en lenguaje de simulación denotan entidades, acciones, recursos, rutas, entre otros.

## **2.- DECISIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL ALCANCE DEL CAPITULO**

Como ya se ha dicho anteriormente el proceso de aserrado consiste en la transformación de los trozos en productos de escuadrías diferentes, y para lo cual es necesario pasar por distintas etapas, desde la recepción de la materia prima hasta el mismo aserrado. Sin embargo, existen operaciones posteriores al aserrado de la madera, las cuales dan una mayor valor agregado al producto final, entre ellas se encuentran secado, cepillado, baño Antimancha e impregnación.

Frente a lo anterior y a fin de entregar información que realmente sea valiosa surgen las siguientes preguntas:

- a. ¿Hasta donde debe ser considerado el Proceso de Aserrado?
- b. ¿Es posible considerar como un solo proceso los tratamientos y el mismo aserrado de la madera?

A lo anterior se ha dado las siguientes respuestas, considerando conversaciones con los profesores tutores y la experiencia que hemos visto en las plantas de aserrado visitadas.

Respecto al tratamiento Antimancha y considerando que este es de suma importancia para los productos que no son secados, es de interés que es relevante considerarlo dentro del proceso, por lo cual mas adelante se detalla un ítem para este tratamiento, considerando variables, y por supuesto equipamiento necesario para poder realizarlo.

Frente al tratamiento de Impregnación, se considera que este solo se realiza en algunas plantas, y por lo tanto para efecto de este trabajo solo se considera como reseña, entregando por supuesto alguna referencia de sus alcance y aplicaciones.

Para el secado de la madera, se considera que este es un tema que debe considerarse fuera del proceso de conversión primaria, ya que solo algunas plantas poseen este tipo de instalaciones, aunque existe una tendencia a instalar este tipo verdaderas plantas al proceso. Mas adelante se entregarán algunas referencia respecto a este tópico.

Finalmente el cepillado, es un proceso que se considera como parte de aserraderos y remanufactura, frente a esto se ha decidido dejarlo fuera del proceso, y al igual que los dos tratamientos anteriores, referencias de él se realizarán en el transcurso de este capítulo.

### **3.- CENTROS DE TRABAJO**

Dentro de la planta es fácil distinguir ciertas áreas donde se realizan operaciones que tienen como fin cambiar la forma de la materia prima o del material que se desplaza dentro de ellas, estos son los Centros de trabajo. Como una primera impresión pareciera ser que solo estuvieran compuestos por máquinas que interactúan de alguna manera física en la madera, sin embargo cada centro de trabajo es un conglomerado de unidades que entrelazadas por algún lazo de control, y bajo alguna lógica programada son capaces de realizar la operación en cada centro. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de centro de trabajo para la estación de canteado, en un sistema diseñado por CAE NEWNESS.

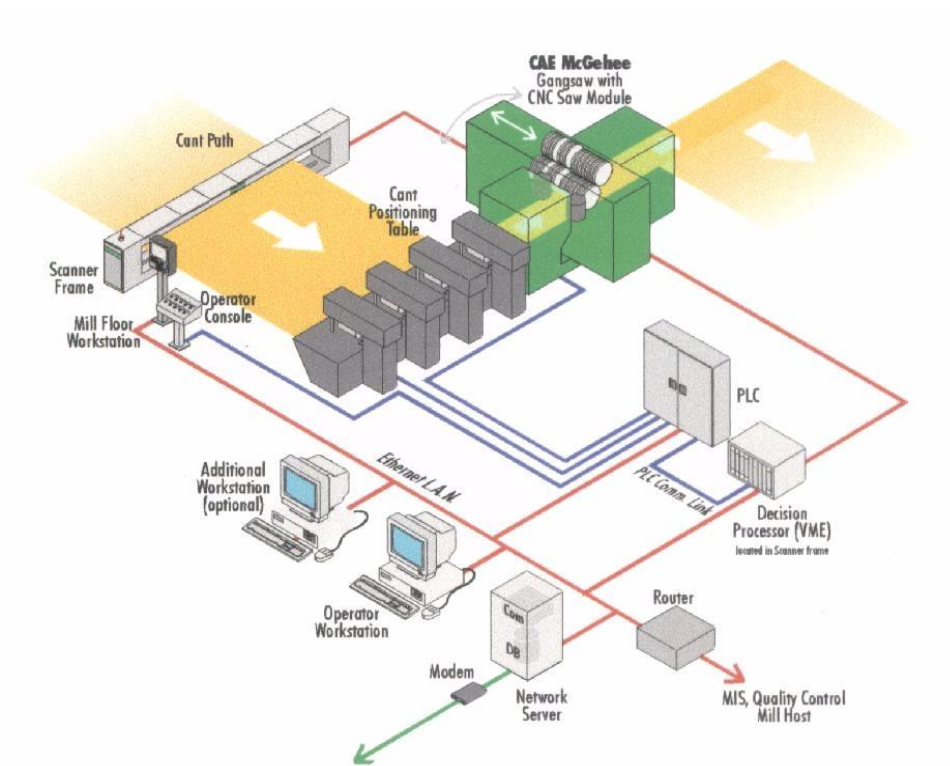


Figura N° 6.1: Centro de Trabajo propuesto por empresa CAE NEWNESS para corte secundario con sierra circular múltiple de doble eje.

Entonces se puede decir que cada centro de trabajo esta compuesto por unidades de distinto tipo que intentan dar de la mejor manera, respuesta a la operación que debe ser realizada. Luego se puede decir que un centro de trabajo esta compuesto por básicamente tres unidades esenciales:

- a. Definición de la Operación que deben realizarse y de las posibles soluciones o configuraciones para cada una de ellas.
- b. Conjunto de máquinas que permitan tomar información del sistema, y que puedan realizar una operación física sobre el material, ya sea para realizar el posicionado, transporte o para el corte.
- c. Toma de decisión de corte. En este tema se debe considerar una lógica que permita tomar las mejores decisiones frente a cada operación, la cual obedece a datos que ingresan al sistema, asociados a un software y hardware que son los encargados de tomar las decisiones y enviar las ordenes a los equipos para realizar la operación.

La siguiente figura muestra esta asociación, y nos permite ver cual es la lógica que se realiza en el proceso de aserrado:

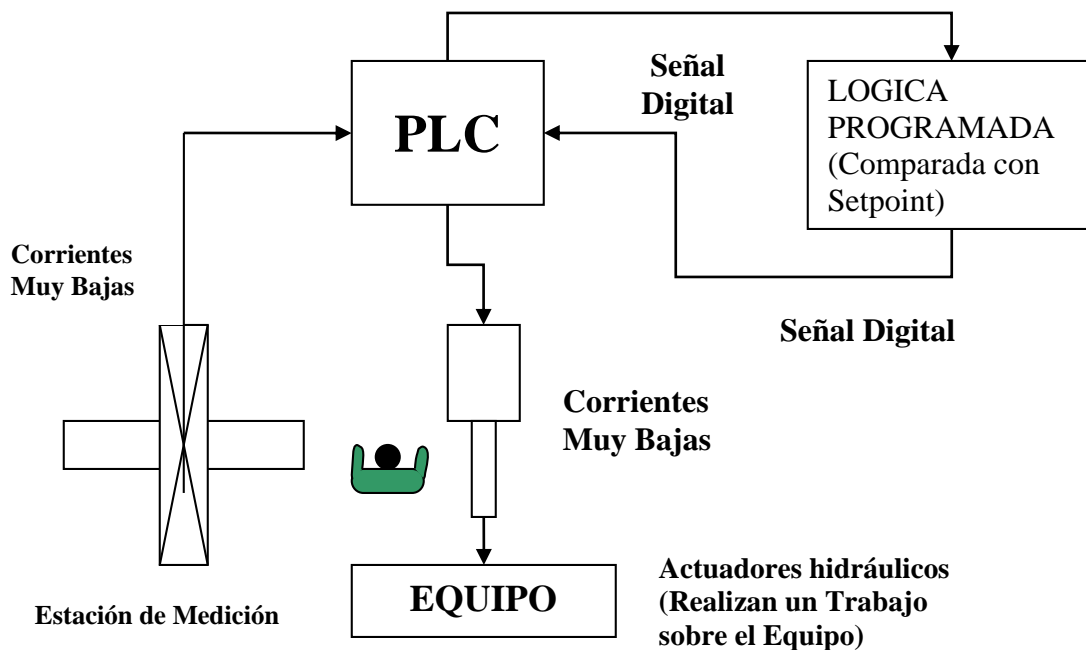


Figura N° 6.2: Ejemplo de equipo de lógica de decisión marca SODERHAMM ERIKSSON, modelo C20.

Los puntos anteriores serán analizados en el transcurso de este trabajo, primero nos insertaremos en el último punto, para luego dar paso a la definición de las operaciones, y finalmente el tema de los equipos será considerada en el siguiente capítulo.

#### 4.- TOMA DE DECISIONES EN EL PROCESO

La decisión de corte no consiste solo en cortar la madera de aquella forma que se cree será la mejor, esta decisión esta sujeta a una lógica que se programa en el sistema o el centro

de trabajo. Por otro lado los sistemas de medición y el posicionamiento de la madera o de las herramientas deben ser consideradas en el proceso.

A continuación se tratan estos temas, para poder entender que es lo que se realiza en cada centro de trabajo.

No se debe olvidar que la forma en la que se toman las decisiones es el lazo que une las estaciones de medición y los equipos actuadores sobre la madera, bajo un sistema de control que intenta optimizar el proceso.

#### **4.1.- Lógica Programada**

La lógica programada puede entenderse como un conjunto de reglas que permiten tomar una decisión frente a un problema, o a la necesidad de realizar una operación. Esta lógica necesita obtener datos del mundo externo y compararlos con estas reglas, las cuales se basan en Heurísticas, modelos matemáticos, entre otros.

La lógica programada cumple con restricciones que otorgan al sistema un mayor grado de complejidad que es a la cual se debe responder. Entre estas restricciones podemos mencionar:

- a. Producir escuadrías que están demandadas en calidad y cantidad.
- b. Tener presente la forma de la materia prima previamente medida.
- c. Responder a un margen financiero que permita hacer rentable el negocio.

Cada una de estas componentes hace complejo al sistema y el responder a cada una de ellas sin afectar el resultado global, en términos de perjuicios, es bastante difícil lograrlo de la mejor forma. Hoy en día estas decisiones son confiadas a sistemas de software que son capaces de combinar estos ítems entregando las mejores soluciones.

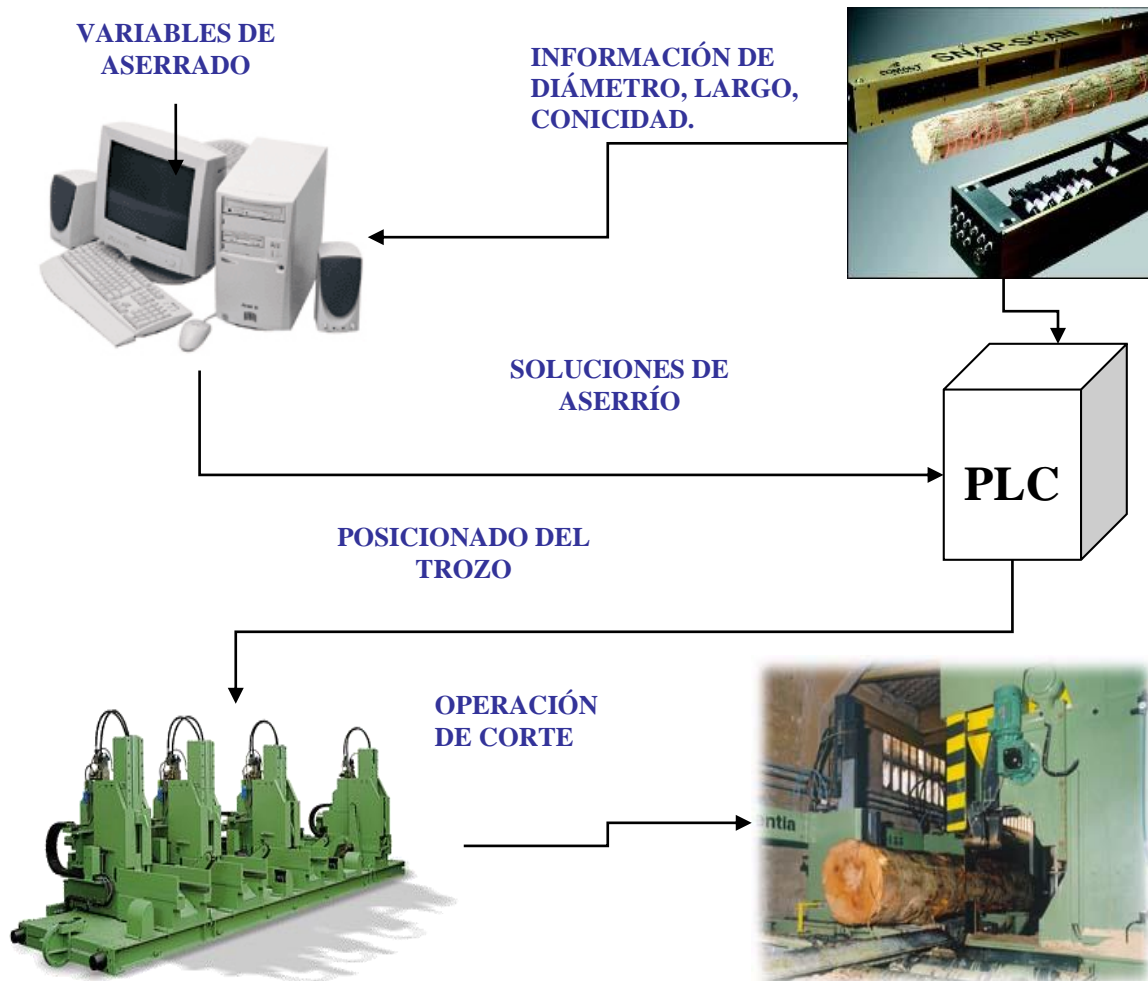


Figura N° 6.3: Lógica Programada aplicada a sistema de carro Huincha.

Un punto que se debe considerar en la lógica de programación y en general, en todos los pasos de optimización, como en el posicionamiento de la madera o de las máquinas, es la participación de los operadores en la operación. ¿Qué sucede cuando no existen sistemas de recolección? ¿acaso el sistema vuelve a funcionar como los primitivos aserraderos, donde solo se cortaba la madera y luego se aplicaba el principio de la recuperación?, la verdad es que no es así, los operadores son capaces de distinguir donde realizar los cortes en la madera, basado en sus experiencia y en información de los productos que se desean obtener. También son

capaces de realizar el movimiento de sierras para realizar el corte o bien realizar el posicionamiento de la madera para realizar el corte.

A continuación se hace referencia acerca de los componentes restantes para la toma de decisión, entre ellos los software, posicionamiento de las piezas de madera y herramientas de corte, y aspectos referentes a como se realiza la medición de la pieza.

#### **4.2.- Hardware y Software**

No basta solo con saber la lógica para poder tomar o calcular una decisión, es necesario entonces contar con un sistema que permita poder tomar toda la información del sistema recolectada y analizarla en el menor tiempo posible. Esto solo se logra con la mejor combinación de software y hardware.

Por un lado los software poseen información acerca de la lógica que se debe tomar en el sistema y en el otro extremo se encuentran los computadores que son capaces de procesar toda la información. Se ha hablado acerca de que los operadores también podrían realizar esta tarea, sin embargo existe la componente de la velocidad a la cual se toma la decisión, junto con otros factores como el cansancio, estado de ánimo que afectan el desempeño de los operarios.

El desarrollo de sistema computacionales de gran capacidad de procesar información, permite analizar la información tomada por los sistemas y transformar esta en decisiones que permitan optimizar el material.

Estos computadores reciben el nombre de Controladores Lógicos Programables (PLC), la lógica intermedia usada esta programada gracias a sistemas de software de programación



especial, la ventaja de estos PLC es la flexibilidad, es decir, basta cambiar algunas líneas en el programa para cambiar la secuencia de funcionamiento, sin intervenir físicamente.

Los PLC manejan todos los componentes del aserradero moderno, no solo la secuencia de funcionamiento de la máquina, sino además la coordinación entre escáner, posicionadores, diagnóstico de fallas, entre otros. En cuanto a los software de optimización, se encuentran aquellos que son capaces de realizar Simulación, esto es off- line, y aquellos que son capaces de optimizar en línea, (on-line).

Algunas de las tareas que los software de optimización realizan son:

- a. Determinar mejor esquema de corte o categoría de trozo, permitiendo mejorar el rendimiento de materia prima, mix de productos, entre otros.
- b. Determinar la mejor categoría de trozos para realizar un producto en particular
- c. Optimizar el recurso de trozo sobre una base de tiempo global. Considerar la distribución global del trozo al momento de tomar una decisión, ya que, la decisión global será mejor optimizada que una solución particular.
- d. Realizar costos de producción precisos
- e. Estimación de los volúmenes producidos y optimización del mix de productos óptimo

En cuanto a los software de optimización en línea, son capaces de transmitir una señal a las máquinas de corte, para que esta se posicione y realice el corte.

#### **4.3.- Medición de la pieza**

La medición de las piezas de madera permite aumentar las posibilidades de conseguir mayores resultados en cuanto a rendimiento de materia prima, los equipos existentes han sido diseñados para esto, mediciones de distancia entre piezas, dimensiones de las piezas, detección de defectos, entre otros, combinando decisiones basadas en la lógica programada con la información acerca de lo que se esta midiendo.

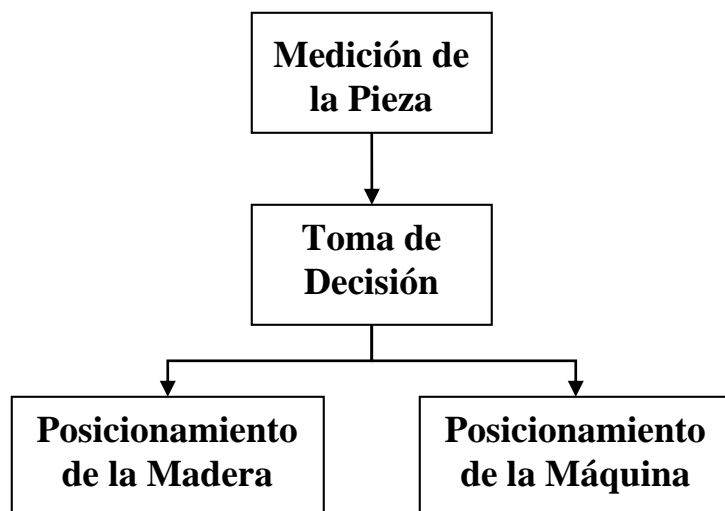


Figura N° 6.4: Toma de decisión y tipo de posicionado

Las decisiones que toman los equipos de medición se ven afectados claramente por aquello que se quiera medir, por ejemplo hablamos de tablas, basas, semibasas, trozo, entre otros. Existe entonces una componente dentro del proceso asociada a la geometría de los objetos o identidades que se desplazan entre estaciones de trabajo. A lo anterior se debe agregar una componente referida a la calidad de los productos o a tratamientos después del aserrado, por ejemplo el cepillado. La siguiente figura explica esto:

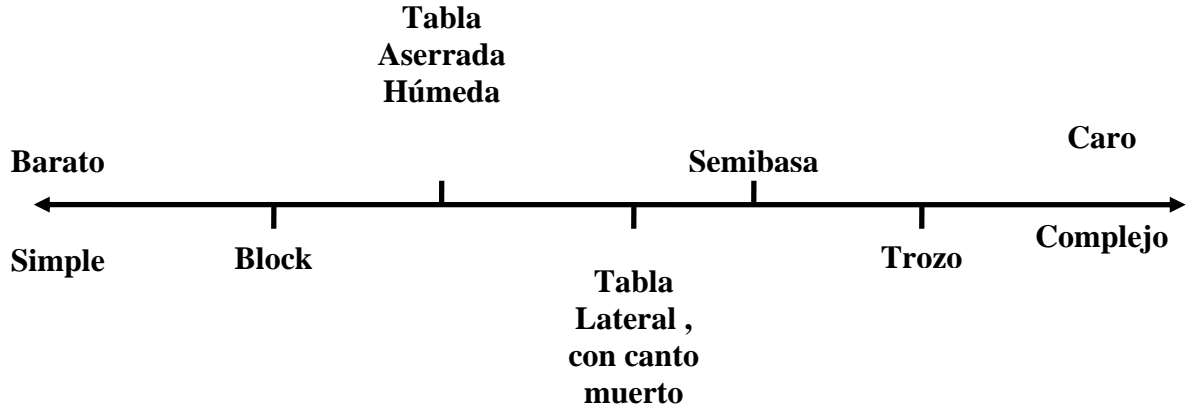


Figura N° 6.5: Grado de dificultad en la medición de las piezas.

#### 4.4.- Posicionamiento de Herramientas y Madera

Esto es realizado una vez que ya se han tomado las mediciones correspondientes en las piezas de madera. El primer punto consiste en posicionar la madera frente a los equipos para que estos realicen el corte, aquí se deben considerar las dificultades que presentan las formas que toma el material dentro del proceso, desde una tabla de fácil posicionamiento hasta la troza, la cual es la más complicada. El segundo tiene relación con la forma en la cual son ubicadas las herramientas de corte, en este, son las herramientas las que se posicionan, algunas combinaciones son posicionamiento de varias herramientas, movimientos de guías y herramientas fijas o viceversa

Con esto se dejará el tercer punto de la lógica de control y como se toman las decisiones en el proceso de aserrado, mejor dicho en cada estación o centro de trabajo, ahora entonces se hará referencia abocaremos a la definición de las operaciones y al enfoque bajo el cual se tratará el proceso de aserrado.

## 5.- DEFINICIÓN DE OPERACIONES POR ÁREA DE PROCESO

La metodología para tratar este tema consistió en decidir de que manera era posible abarcar el aserradero, distinguiendo a nivel macro las principales áreas de trabajo, que cumplían una función importante dentro del proceso. Con esto en mente, y con ayuda de las visitas realizadas a las plantas del complejo CMPC y ARAUCO, fue posible distinguir en la planta tres áreas de trabajo, cada una definida con características particulares.

Antes de pasar a este punto, se hará mención al tema de como entender el aserradero, se ha dicho que posee entradas y salidas, una primera aproximación, puede ser presentarlo como una caja negra como la siguiente figura:

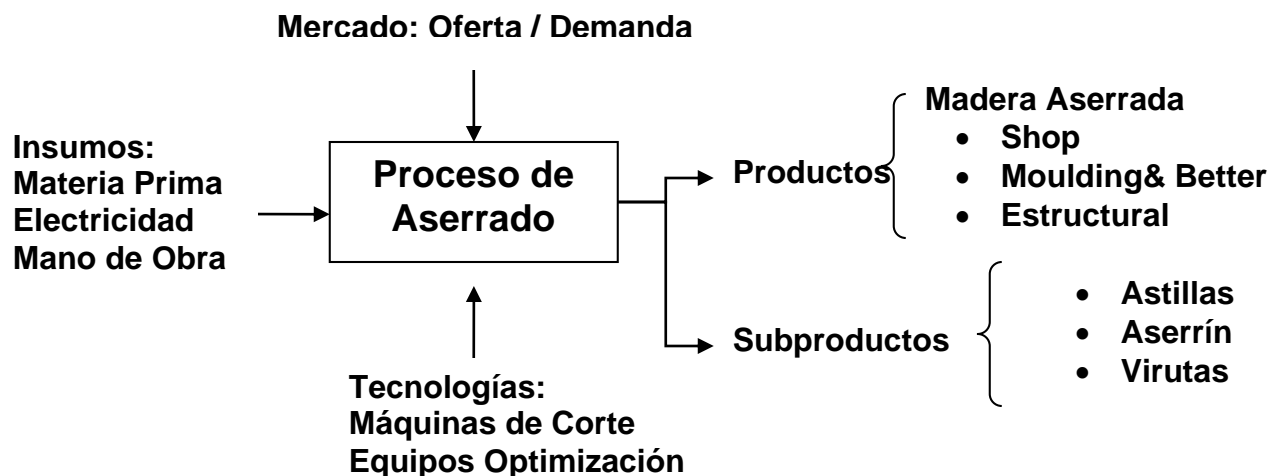


Figura N° 6.6: Proceso de aserrado como una caja negra.

Considerando la figura anterior es que en este trabajo se busca conocer el proceso en cada una de sus operaciones, conociendo sus requerimientos y por supuesto la definición de cada una de ellas. Esta es la razón por la cual se decidió trabajar en base a áreas dentro de la planta y desagregar en cada una de ellas las operaciones posibles a realizar.

Entonces el proceso de Aserrado baja a un nivel mas de detalle, basado en la presencia de tres áreas de trabajo que se presentan a continuación

- a. Preparación de Materia Prima.
- b. Aserrado de Trozas.
- c. Tratamientos realizados a la Madera Aserrada.

Cada una de estas áreas posee componentes distintos basados en las operaciones que deben realizarse y con una lógica que permite tomar decisiones. Además, cada área se encuentra ligada con el resto a través de las salidas, esto se verá con más detalle en cada una de estas áreas.

Otro aspecto que se ha considerado en este capítulo es la creación de Centros de trabajo para cada operación principal que se realice, estos centros se irán mostrando a medida se avance en el capítulo. Además, se hará referencia a centros de trabajo que existen en la industria y que servirán como una primera aproximación a la toma de decisión frente a que equipo o combinación de estos seleccionar.

### **5.1.- Área preparación de materia prima**

En esta primera área, los trozos que ingresan al aserradero son recepcionados y clasificados según calidad y clases diamétricas, esto último es una práctica común en

aserraderos. En esta etapa además se realiza el descortezado y trozado de aquellos rollizos que exceden la capacidad técnica de los equipos. A continuación podemos ver una figura donde se encuentran las operaciones o tareas en la preparación de materia prima.

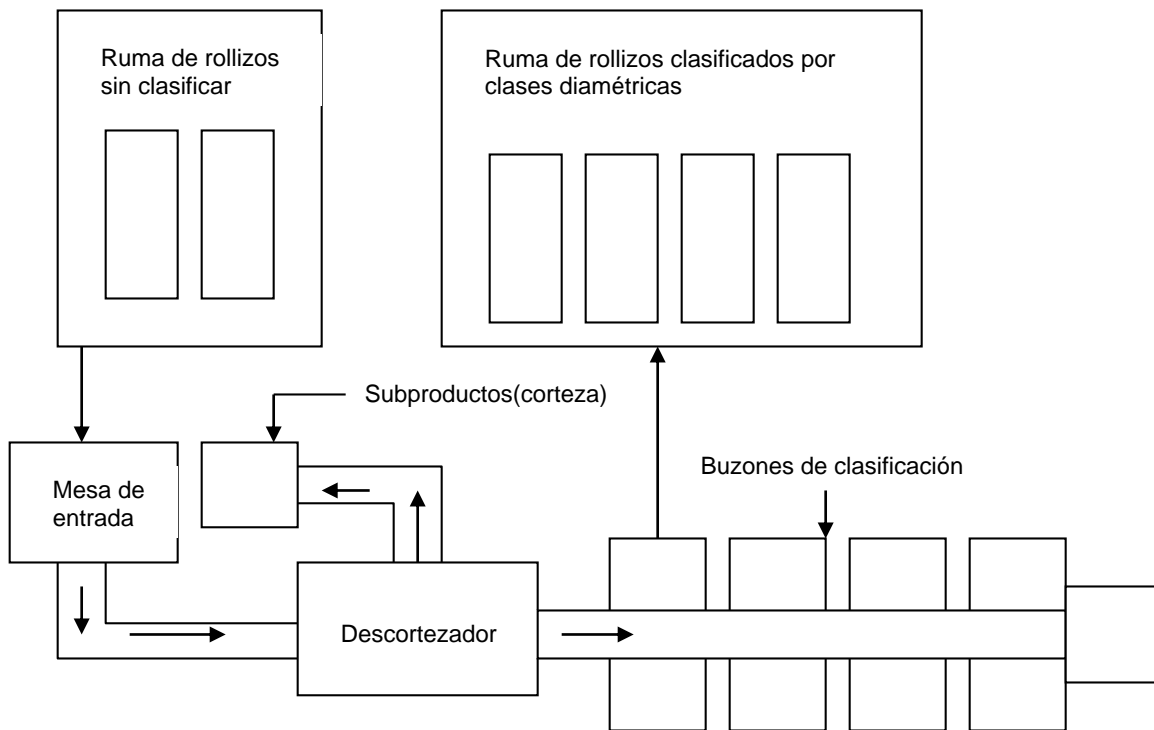


Figura Nº 6.7: Esquema Área Preparación de materia Prima.

Cada una de las operaciones que se pueden encontrar en esta área poseen principios básicos y razones por las cuales son realizadas, las operaciones que se pueden encontrar son las siguientes:

- a. Recepción de Trozos
- b. Clasificación de Trozos Con corteza
- c. Descortezado
- d. Clasificación de Trozos sin corteza
- e. Trozado

f. Tratamiento de subproductos

### **5.1.1.- Recepción de trozos**

Esta tarea se realiza a la entrada del aserradero, en ella se revisan las guías de despacho y se inspecciona el material en los camiones. Algunos factores que se observan en la recepción son:

- a. Presencia de mancha azul
- b. Trozos de diámetros y largos requeridos para la operación
- c. Comparación de cantidad de trozos en camión con guía de despacho.
- d. Calidades de los trozos (considerando desrame, %curvatura, trozos con doble flecha)

No siempre la revisión de camiones con trozos se realiza en cada uno de ellos, se debe imaginar que cuando el flujo de camiones es bastante grande, es decir, que a cada hora o un tiempo razonable se presenta un camión a la planta, es necesario tomar la decisión de revisar aleatoriamente los camiones, pudiendo entonces pasar trozos que no son aptos para el proceso, los cuales ocasionaran en las etapas posteriores problemas de flujo o la necesidad de desalojo de la línea de producción.

### **5.1.2.- Clasificación en cancha de trozos con corteza**

Existen dos tipos de cancha de trozo en la planta, aquella con corteza y la cancha de trozo sin corteza. Ambas cumplen funciones distintas o su existencia esta justificada por consideraciones distintas, sin embargo ambas funcionan bajo los mismos principios, es decir, los trozos son generalmente separados en calles, donde se diferencian por calidades,

diámetros y largos. Estos trozos permanecen un tiempo en cancha, el tiempo que se estime necesario para entrar al proceso.

Algunas plantas poseen sistemas de riego por aspersión para evitar la presencia de mancha en la madera, sin embargo esto no es una práctica que se realice en todos los aserraderos, si existe un buena planificación del material que se quiere tener y el nivel de abastecimiento es seguro, entonces los sistemas de riego por aspersión no son necesarios. Esta metodología es común encontrarla en plantas con niveles bajos de stock en cancha y cuya rotación desde la recepción hasta el proceso no supera los dos a tres días.

En la siguiente tabla se muestran los tipos de clasificación de trozas, donde vemos sus desventajas y ventajas asociadas.

Tabla N° 6.1 : Tipos de Clasificación de Trozos

Tipo Clasificación	Ventajas	Desventajas
Por Diámetro y Calidad	<p>Maximiza la productividad del Aserrió.</p> <p>Reduce los tiempos de setup de las máquinas.</p> <p>Facilita la Planificación de la Producción.</p> <p>Muy adecuado para bajos diámetros.</p>	<p>Requiere de una acuciosa clasificación diámetrica, de lo contrario es muy ineficiente.</p> <p>Es muy rígido, hay que planear lotes de producción extensos.</p> <p>Requiere de una inversión significativa en equipos y espacio.</p>
Solo por Calidad	<p>Maximiza la obtención de madera clasificada por aspecto</p> <p>Es flexible en la medida en que se sacrifique productividad</p> <p>No requiere de clasificación Diámetrica</p>	<p>Es lento y de baja productividad.</p> <p>Requiere de un continuo setup de máquinas.</p> <p>Laterales a cantejar son de ancho muy variable, lo que hace menos productivo la etapa de canteado.</p>



	<p>Muy adecuado para grandes diámetros y maderas de gran valor</p> <p>No requiere de mayores inversiones en clasificación de trozos.</p>	
--	--	--

Otro aspecto a considerar en la clasificación es el tema de las clases diamétricas, cuantas usar, y preguntarse si realmente es necesario realizarlas. En el capítulo anterior se habla de tres tipos de aserraderos; uno con cancha de clasificación de troncos, sin cancha pero con optimización en línea de cada tronco, y con preclasificación de troncos y optimización en línea.

El tema de la clasificación esta relacionado por un lado con la calidad y confiabilidad del material, empresas como Aserraderos Arauco son provistas de materia prima desde sus propios bosques y esto asegura a ellos un grado mayor de confiabilidad para su proceso. Y por otro lado asociado a la velocidad de trabajo que se espera lograr en el proceso. Algunas plantas realizan clasificación centímetro a centímetro, esto permite por ejemplo asociar con mayor exactitud los patrones de corte a una clase definida, algunas ventajas de esta clasificación pueden ser una disminución de los costos en materia prima por clasificación inadecuada o pérdidas de madera en un patrón de corte que no se ajusta adecuadamente.

Por último se debe recordar que las clases diamétricas ya no se encuentran solo ligadas a diámetros de trozos, sino que la clasificación esta asociada a los patrones de corte, que serán utilizados en la planta, lo cual permitiría planificar de manera más fácil las operaciones.

### 5.1.3.- Descortezado

Esta etapa se encuentra ubicada entre la clasificación de trozos con corteza y sin corteza, y en algunas ocasiones los trozos descortezados son alimentados directamente al aserradero.

El descortezado consiste en la separación de la corteza de los trozos de la madera. La corteza pasa a ser así un residuo, mientras que la madera, sigue el proceso de transformación. Algunas razones que justifican el proceso descortezado son:

- a. Mejorar la conservación de las herramientas de corte en el aserradero
- b. El descortezado permite aprovechar los residuos del proceso del aserrado, transformándolos en astillas pulpables.
- c. Permite que el operador o sistema de escáner pueda evaluar el trozo antes del aserrado principal

La figura siguiente muestra el principio de descortezado mas común, la corteza del trozo a través de la presión de cuchillos u otros elementos es arrancada de la superficie.



Figura N° 6.8: Principio de Descortezado tipo Cambio

Uno de los factores más importantes a considerar en la planificación del proceso de descortezado, es proveer un volumen suficiente de materia prima, de manera tal que no existan interrupciones en los procesos que siguen al descortezado.

El equipo mas utilizado para esta operación es el descortezador de anillos mecánico o tipo cambio. También existen otros métodos, como el descortezado manual, que por lo general se realiza en el bosque y permite que la cantidad de agua presente en la madera sea menor y con ellos los costos de transporte pueden ser afectados, así como el volumen real de madera a transportar.

En la operación de descortezado, es común encontrar un equipo de descortezado que es complementado con sistema de escáner que se encarga de clasificar los trozos en clases diamétricas y enviar estos a buzones, luego estos pueden ser llevados a la mesa de entrada de aserradero, o bien a patio de trozos sin corteza. Esta clasificación de los trozos es la más común en las plantas, sin embargo se debe recordar que los operadores pueden realizar la clasificación de trozos, por ejemplo usando huinchas de medir o algún sistema similar de medición, claro que este tipo de medición no es de la misma calidad que aquella que usa sistemas de escáner. En la siguiente figura se observa esta operación.

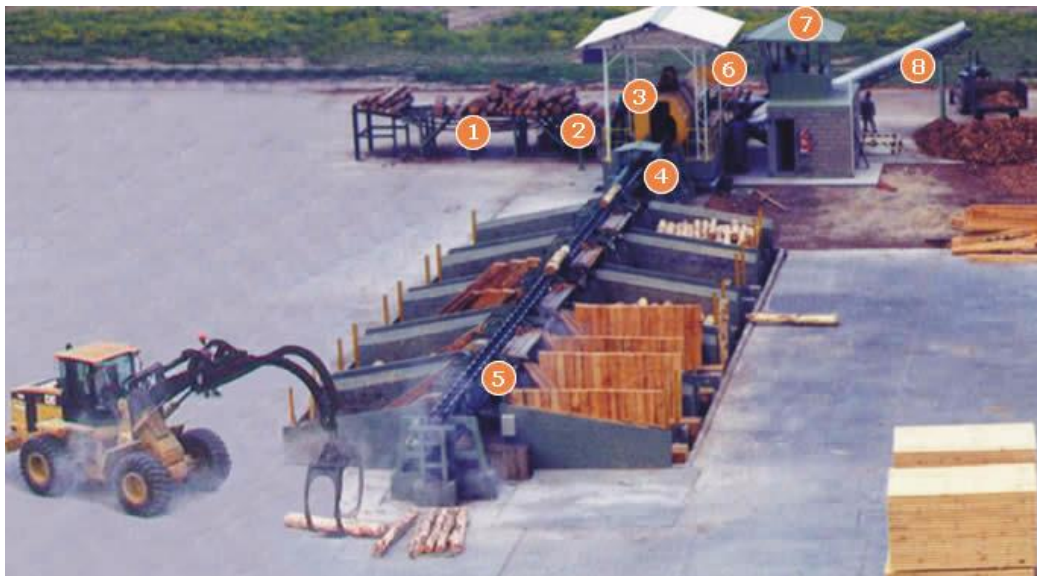


Figura N° 6.9: Descortezado y Clasificación de trozos.

- 1).- Entrada de trozos con corteza.
- 2).- Sujeción de trozos.
- 3).- Descortezador.
- 4).- Buzones de trozos clasificados
- 5).- Trozos rechazados
- 6).- Revisión por parte del operador
- 7).- Cabina de Operación
- 8).- Evacuación de corteza.
- 9).- Estación de Medición de escáner.

En conversaciones con vendedores de máquinas se obtuvo información acerca de dos posibles configuraciones, que se muestran en la siguientes figuras.

**Configuración 1: Descortezado con sistema de eliminación de trozos lateral.**

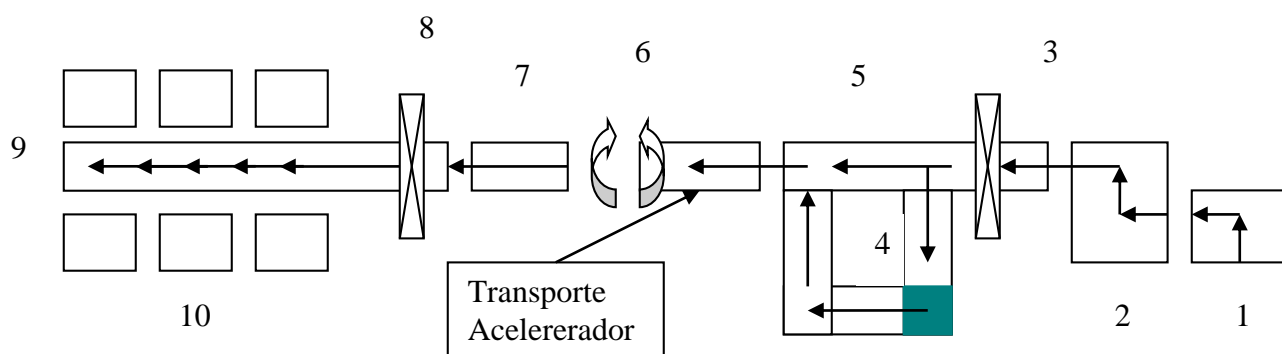


Figura N° 6.10: Configuración para descortezado con sistema de rechazo lateral en la línea de descortezado.

1.-Mesa de Carga, en esta los trozos son cargados para luego alimentarlos a la línea de aserrado, en esta mesa de carga el trozo se desplaza lateralmente.

2.- Sistema Dosificador, este sistema se encarga de alimentar los trozos a la línea de descortezado, en este sistema el trozo se desplaza lateralmente.

3.- Estación de Medición 1, en esta se realiza la medición del trozo con corteza para determinar si el trozo es aceptable al proceso o se debe rechazar, o en su defecto si existe la posibilidad de reducir el contrafuerte por ejemplo para ingresarlo al aserradero. Se mide los diámetros y largo de los trozos.

- 4.- Sistema de Rechazo , en este sector se envían los trozos que no cumplen con características de forma aceptables para el proceso.
- 5.- Transporte de entrada, este transporte se encarga de llevar el trozo hacia el descortezador. La dirección de desplazamiento del trozo es longitudinal.
- 6.- Sistema alimentador, este sistema posiciona el trozo de la mejor manera posible el trozo para ingresar al equipo.
- 7.- Descortezador, este equipo elimina la corteza de los trozos.
- 8.- Estación de Medición 2, en esta se realiza una medición del trozo para clasificarlo en los buzones según clases diamétricas. Se realiza medición de diámetros, largos.
- 9.- Transporte de Salida, este sistema transporta los trozos descortezados y los deja caer en los buzones. El transporte del trozo es longitudinal hasta que el trozo llega al buzón asignado.
- 10.- Buzones de Clasificación, los buzones almacenan los trozos clasificados por el sistema de medición.

Nota: en las siguientes explicaciones de las configuraciones se omitirán aquellas ya realizadas de ahora en adelante.

El sistema anterior es una forma de poder eliminar los trozos del sistema que no cumplen con especificaciones de calidad. Por ejemplo, si el trozo quiere de alguna manera retornarse al sistema suponiendo que fue eliminado por un gran contrafuerte, entonces, primero es sacado del sistema, luego es eliminado en lo posible el defecto y es retornado a la línea para realizar el descortezado. Este método, posee la desventaja de requerir mayor tiempo para desalojar e ingresar un trozo que no cumple con la calidad adecuada para el proceso, esto se puede explicar de la siguiente manera: el trozo es medido y se detecta una calidad que no es

aceptable, se debe considerar un tiempo para retirar el trozo del sistema, esto tiene como consecuencia la pérdida de un espacio en la línea, luego si el trozo se desea ingresar nuevamente al sistema como en la figura, es necesario nuevamente generar un espacio en la línea para que el trozo entre al sistema alimentador, como consecuencia la pérdida de tiempo y la pérdida de dos espacios en la línea genera desventaja en este tipo de solución.

Ahora si el trozo no es posible recuperarlo y es considerado como rechazo, el tiempo en desalojarlo del sistema solo consiste en el primer retiro y en la consecuente pérdida de un espacio en la línea que no es recuperado. Una segunda solución para el problema de trozos que no cumplen con las normas de la planta se presenta a continuación.

**Configuración 2: Descortezado con buzón de rechazo al final de la línea de clasificación**

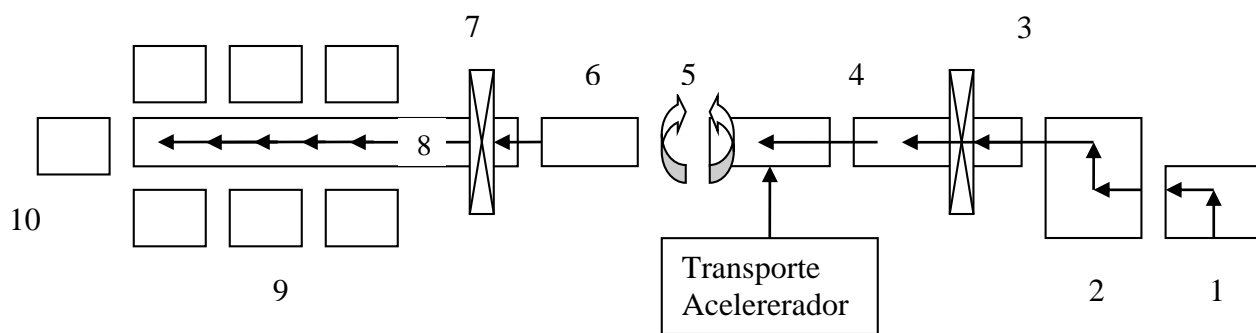


Figura N° 6.11: Configuración para descortezado con sistema de rechazo al final de la línea de descortezado

- 1.- Mesa de carga
- 2.- Sistema dosificador
- 3.- Estación de medición 1
- 4.- Transporte de entrada

- 5.- Sistema alimentador
- 6.- Descortezador
- 7.- Estación de medición 2
- 8.- Transporte de salida
- 9.- Buzones de clasificación
- 10.- Buzón de rechazo

Este sistema es similar al anterior, pero no considera la recuperación o el reingreso del trozo a la misma línea. En este el trozo que es clasificado como rechazo es desalojado al final de la línea. El procedimiento consiste primero en medir el trozo, decidir si este se encuentra dentro de los trozos aceptados y si no es así se asignará un código o número al trozo y se enviará una señal al descortezador que le indicará que no se debe descortezar y que sus cuchillos se abran y dejen pasar el trozo sin realizar alguna operación sobre el, luego el trozo continua por el transporte de salida y es dejado en el buzón de rechazo. Este sistema no requiere dejar espacios para desalojar e ingresar nuevamente el trozo, los tiempos no se ven afectados de manera tan considerable como en el caso anterior y el flujo de material no es afectado.

Para el mismo caso si los trozos es posible recuperarlos al proceso, se puede decidir realizar el descortezado de estos y dejarlos en el buzón de rechazo para luego eliminar en ellos el defecto, por ejemplo el contrafuerte, e ingresarlos a la línea.

Los equipos posibles a usar en estas configuraciones y en las que se muestran en las siguientes descripciones de operaciones se encuentran en el siguiente capítulo.

En estas configuraciones se debe considerar que la velocidad de los transportes siempre va en aumento, al menos un 10% mas que la velocidad del transporte anterior.

En las figuras se observa un transporte acelerador, cuyo objetivo es disminuir la distancia entre trozos, en el caso de los descortezadores de rotor, estos se encuentran diseñados para

largos infinitos, por lo cual es necesario aumentar la velocidad de la línea de alguna manera. Esto lo realiza este transporte, formado por cadenas que posee mayor velocidad y permite disminuir esta distancia.

Las soluciones que se plantearon anteriormente se encuentran presentes en algunos aserraderos de nuestra región. Se debe recordar que el descortezado es capaz de detener el proceso si no es capaz de proveer la suficiente cantidad de material para el proceso de corte.

#### **5.1.4- Trozado**

En el aserradero los requerimientos en el largo están sujetos a los pedidos de productos y a requerimientos de las máquinas. Es por esta razón que trozos cuyo largo no sea el adecuado, deben ser trozados a largos que permitan un buen desempeño en la planta. En esta etapa, trozos que presenten curvatura muy pronunciada y que puedan ser reducidos a largos aptos para el aserrío, o mas bien, se encuentren dentro de los largos de productos, son trozados. En la figura siguiente se muestran esta etapa.

Sistemas modernos donde interactúan máquinas y personas a través de una interfase, permiten tomar la decisión de donde cortar el trozo y por supuesto asociar a este un uso final. En algunas plantas, los árboles desramados llegan completos a la planta, y en ella se realiza el trozado orientado a las industrias de celulosa, papel, tableros y por supuesto al aserradero.

Estos sistemas conocidos como Comerciantes de Trozos ( Log Merchandising), son usados generalmente cuando los trozos son de largos que son capaces de entregar calidades para las distintas plantas, aunque también se realiza por las razones que se nombraron más arriba. La siguiente figura muestra un gráfica del sistema de trozado de MPM engineering.



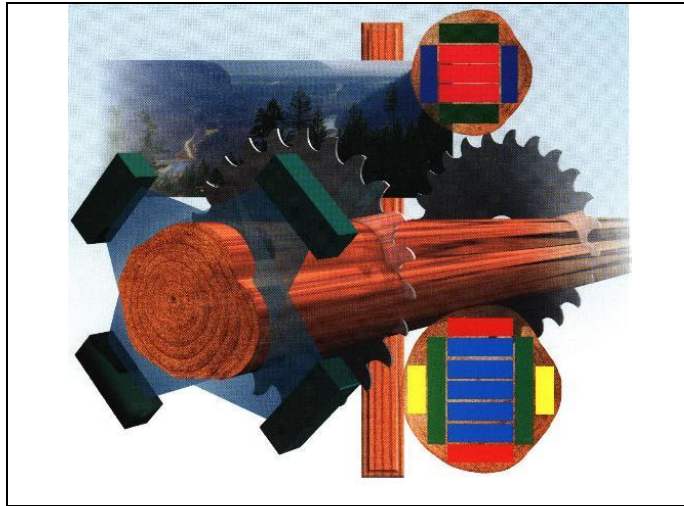


Figura N° 6.12: Trozado en Preparación de materia Prima.

En la figura anterior es posible notar la presencia de un elemento de corte, un sistema que realiza la medición y una componente que asocia la selección tomada a un patrón de corte.

Se debe notar que existen varias maneras de realizar el trozado de los rollizos. La primera de ellas es manualmente, es decir, operadores provistos con motosierras y por lo general en grupos de dos realizan el corte. Otro sistema es similar al de la figura, donde la mejor decisión de corte es tomada por un software al cual se le ha entregado la información del trozo. En la siguiente figura mostramos un esquema de trozado.

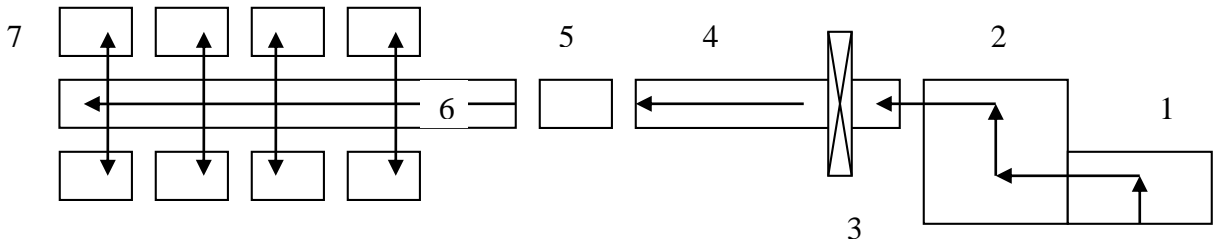


Figura N° 6.13: Configuración para operación de Trozado

1.- Mesa de carga

2.- Sistema dosificador

3.- Sistema de medición 1, este sistema se encarga de medir el trozo para decidir donde se debe realizar el corte de este, según clases diamétricas o requerimientos de la planta, además asocian un buzón a cada una de las clases.

4.- Transporte de entrada

5.- Equipo de corte, este equipo de corte se encarga de transformar los trozos largos en trozos pequeños. El equipo de corte este puede estar formado por un grupo de sierras circulares, el trozo se desplaza de manera transversal, esto es en dirección de los radios leñosos y las sierras realizan el corte, o bien de la misma manera pero el trozo se desplaza longitudinalmente siguiendo su propio eje de simetría.

También existen configuraciones de una sola sierra que realiza el corte, en la cual el trozo se desplaza de manera longitudinal y la sierra realiza el corte. La siguiente figura muestra este tipo de trozado.

6.- Transporte de salida

7.- Buzones de clasificación

	
<p>Una sola sierra, el trozo se desplaza longitudinalmente</p>	<p>Un conjunto de Sierras realizan el corte, los trozos se desplazan transversalmente.</p>

Figura N° 6.14: Dos sistemas de Trozado utilizados en la industria.

Se debe mencionar que para realizar el trozado en este tipo de sistemas y a fin de evitar errores, los trozos grandes o largos deben encontrarse descortezados de manera de evitar errores en la lectura de escáner.

Es una práctica común en aserraderos cuyo abastecimiento de trozos, corresponden a trozos largos (árboles completos) que posean las líneas de trozado y descortezado fusionadas, esto permite disminuir tiempo entre las etapas, relacionado con el transporte del material desde una estación a otra.

### 5.1.5- Tratamiento Subproductos

Como es natural pensar todas las plantas tienen algún tipo de desecho, que causa contaminación y que debe ser eliminado o se debe buscar algún uso para él. En esta primera

área los desecho mas comunes que se producen son corteza y despuntes si se realiza el trozado.

## **5.2.- Aserrío Trozas**

La segunda área consiste en la etapa de aserrío, donde se transforman los trozos en madera aserrada de distintas escuadrías, según los productos que se hallan escogido para los patrones de corte. Para conseguir esta transformación es necesario combinar recursos, entre estos se encuentran las máquinas, los operadores, los sistemas de recolección de información, los programas de planificación, entre otros.

La generación de nuevas tecnologías de corte, ha hecho que la industria halla evolucionado rápidamente, cada instalación pasa a ser una realidad distinta de otra, y por ende un aporte nuevo al todo.

Es posible distinguir en esta área los tipos de línea que pueden existir. Estos se pueden dividir en tres: aquellos sistemas que poseen en algunas operaciones sistema de retorno (merry go round), líneas en Zig zag y las líneas directas entre máquinas. Cada uno de estos tipos se comporta de manera distinta y esta pensada para la producción de productos específicos.

La siguiente figura muestra el esquema dentro del área aserradero y sus operaciones principales.

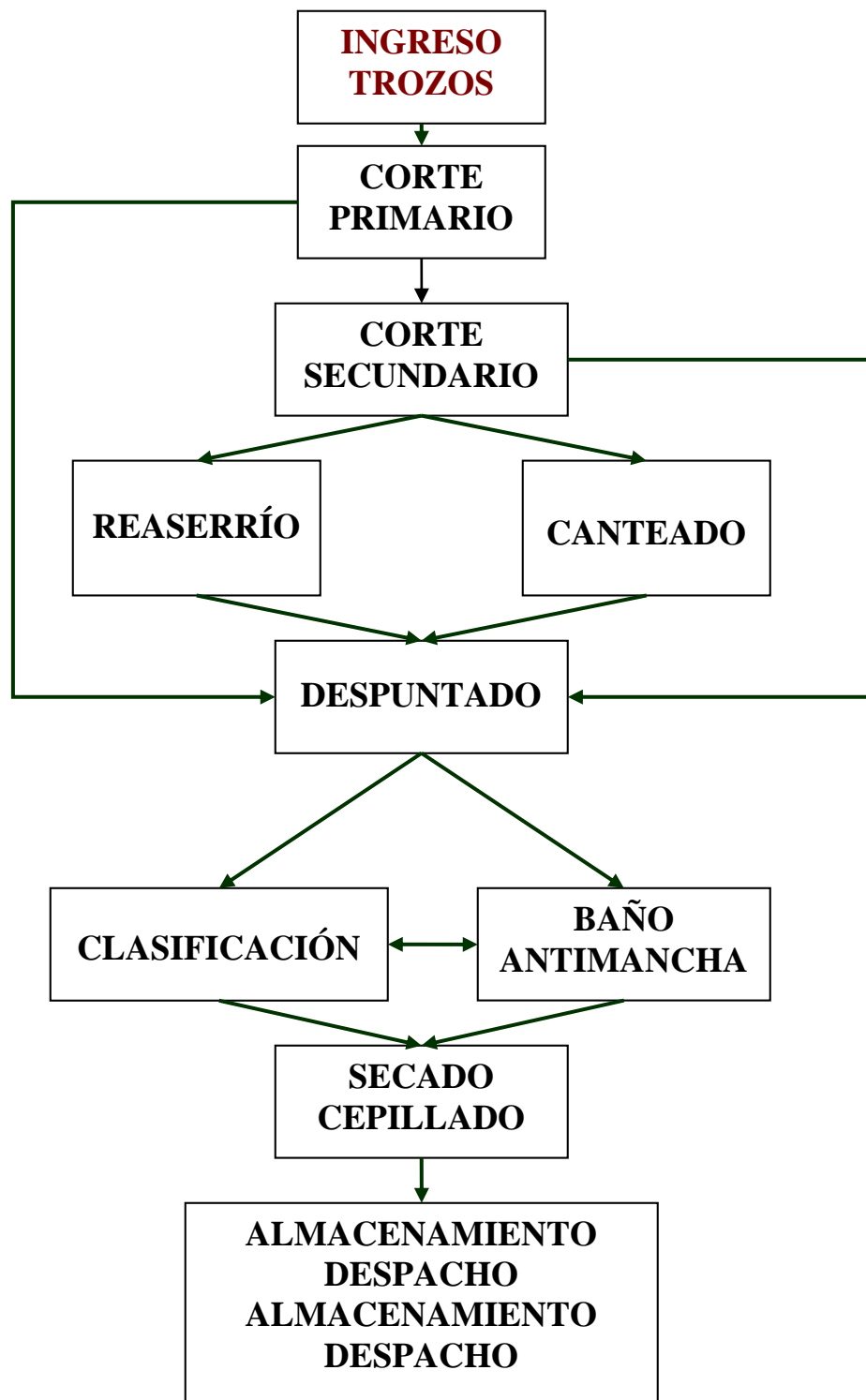


Figura N° 6.15: Esquema Proceso de Aserrado Trozas

Como se ve en la figura anterior dentro de la planta, es posible identificar operaciones que transforman la troza en semibasa, en piezas de madera aserrada. Estas operaciones están relacionadas con un centro de trabajo, según lo definido al inicio de este capítulo. Entonces las operaciones posibles que pueden existir son:

- a. Alimentación al aserradero
- b. Corte Primario
- c. Corte Secundario
- d. Canteado
- e. Despuntado y Clasificación
- f. Reaserrío
- g. Recuperación
- h. Tratamiento de Subproductos

### **5.2.1.- Alimentación al aserradero**

La alimentación al aserradero es la primera operación en esta área. En esta se debe alimentar los trozos de tal manera que el trozo sea ingresado con el diámetro menor hacia la máquina principal. Esto último es una práctica común en aserraderos de nuestra región, y para dar respuesta a esta operación existen varias configuraciones posibles.

Antes de pasar a las configuraciones posibles, se hará referencia a la razón por la cual se deben ingresar los trozos con el diámetro menor. En teoría es claro, que si se ingresarán los trozos con el diámetro mayor estaríamos arriesgándonos a realizar cortes donde no existe pieza alguna que pueda ser obtenida, es está la razón por la cual el trozo se ingresa con el diámetro menor.

Sin embargo, si se hace la pregunta: ¿ porque es necesario girar el trozo, cuando existe un escáner de forma real que es capaz de medir por completo la forma del material entregando las posibilidades de corte?, bajo esta pregunta el girar el trozo pierde todo sentido, pero aún

así los trozos siguen siendo girados, entonces ¿cuál es la razón verdadera para girar el trozo?, la respuesta básicamente consiste en que los sistemas posicionadores son capaces de ingresar trozos por el diámetro mayor y menor, sin ocasionar problemas, pero que pasa cuando viene un trozo con el diámetro menor y luego un trozo con el diámetro mayor enfrentando la máquina, aquí es donde surgen los problemas, los tiempos de respuesta entre sujetar o posicionar esta secuencia de trozos es mucho mayor, por esto se prefiere ingresar los trozos con el diámetro menor. Además, la línea de aserrado esta configurada para las piezas obtenidas desde el primer corte considerando que el trozo fue ingresado de esta manera, por ejemplo las canteadoras y máquinas de corte secundario.

A continuación, se muestran dos configuraciones para esta etapa, que hemos encontrado presentes en los aserraderos visitados.

**Configuración N° 1: Alimentación a aserradero con sistema de giro media luna.**

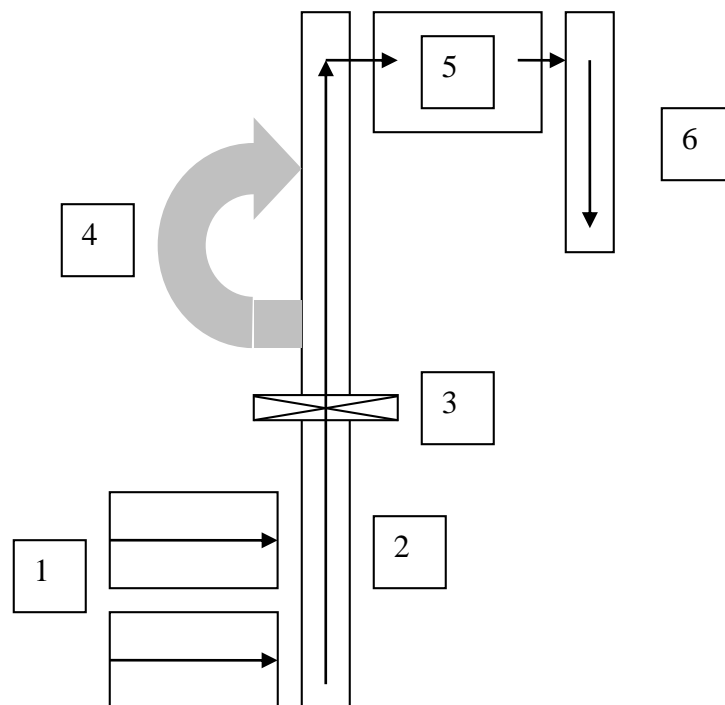


Figura N° 6.16: Configuración de sistema de alimentación con girador de trozos tipo Media Luna.

- 1.- Mesa de Carga
- 2.- Transporte de entrada
- 3.- Sistema de Medición 1, en este caso el sistema de medición debe ser capaz de discernir si el diámetro menor del trozo será el que enfrente a la primera máquina, de no ser así el trozo pasa al sistema girador.
- 4.- Sistema de giro, este sistema de giro tiene por función girar el trozo, en este caso a través de un sistema conocido como Media luna que gira el trozo y lo alimenta al aserradero, esta media luna no es mas que un transporte de cadenas.
- 5.- Sistema Dosificador
- 6.- Transporte entrada a aserradero, este transporte tiene por objetivo tomar los trozos y enviarlos a la entrada del aserradero.

En la etapa de medición es posible detectar trozos cuyo contrafuerte es demasiado grande para ingresar a la primera máquina, este tipo de problemas debe ser eliminado antes de ingresar a la línea, ya que en la máquina lo mas probable es que provoque un problema como una detención de la línea. Este problema es posible solucionarlo con la incorporación de un sistema reductor (Butt Reducer), en la siguiente figura se muestra una configuración de este tipo mezclada también con un girador de trozos pero distinto al de la figura anterior, conocido como girador de golpe o pateador.



**Configuración N° 2: Sistema de alimentación a aserradero con sistema de pateador para el trozo.**

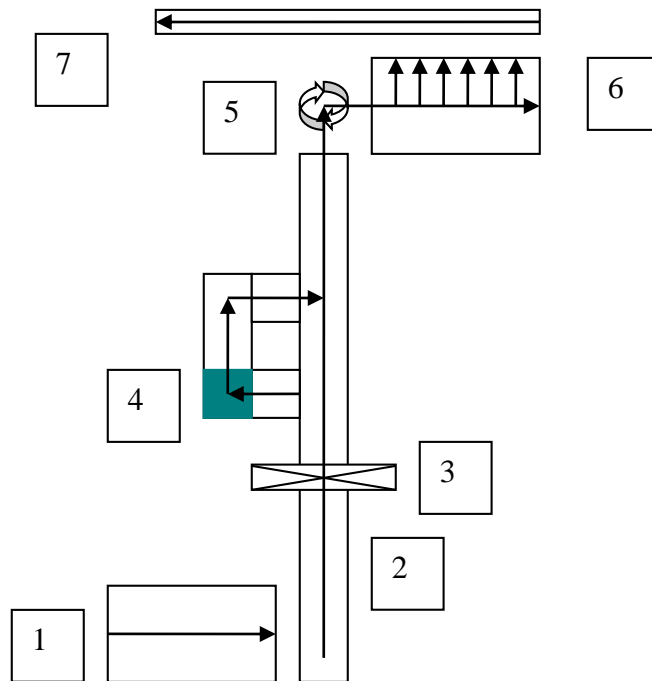


Figura N° 6.17: Configuración de sistema de alimentación con girador de trozos tipo Pateador.

- 1.- Mesa de Carga
- 2.- Transporte de Entrada
- 3.- Sistema de medición 1
- 4.- Sistema reductor de contrafuerte, este sistema tiene por objetivo eliminar el contrafuerte y luego este trozo alimentarlo al aserradero. Se debe recordar que anteriormente este sistema lo incorporamos en la línea de descortezado, entonces queda a criterio del planificador donde es mas conveniente colocarlo.
- 5.- Sistema de giro, este sistema de giro se diferencia al de la configuración anterior
- 6.- Sistema Dosificador
- 7.- Transporte de entrada aserradero.

En comparación con el esquema anterior en este el girador de trozo es distinto al de media luna, en la práctica pareciera ser que este tipo (girador de golpe) resultará mas eficaz en cuanto a la cantidad de trozos por minuto que es capaz de procesar, sin embargo, es posible que ocasione el quiebre de los trozos si el golpe que aplica sobre ellos es demasiado fuerte, lo cual traerá problemas para retirar el trozo de la línea, entonces este es un dato importante a considerar en la selección de los equipos: “siempre conocer las capacidades máximas de los equipos, pero que en este valor no se ocasione problemas en el flujo de la planta”.

### **5.2.2.- Corte Primario**

El objetivo de esta operación es realizar el primer corte en el trozo. En esta operación los trozos son medidos y cortados de acuerdo a un esquema de corte, luego el trozo comienza a ser transformado en por ejemplo piezas con dos cantos limpios, conocidos como semibasas, las cuales pasarán luego a una segunda etapa para realizar un nuevo corte.

En esta etapa es posible generar piezas laterales con presencia de canto muerto, las cuales dan origen a la necesidad de una etapa que permita eliminar este defecto. La operación es posible llevarla a cabo con distintas configuraciones de máquinas, la diferencia entre ellas la constituye la calidad de la madera que es obtenida y las restricciones de corte de los equipos, por ejemplo alturas de corte.

La importancia de esta operación es que ella define la velocidad a la cual opera la línea completa de aserrado, además afecta la precisión en la cual se ejecuta el patrón de corte.

Existen configuraciones con una sola máquina principal, es claro que problemas en esta primera operación causarán graves consecuencias como baja productividad, generación de cuellos de botella, inactividad de los equipos restantes de la línea. Por esta razón algunas plantas, poseen una entrada alternativa al aserradero, por ejemplo en una línea de corte secundario, a modo de salvaguardar posibles fallas en la primera máquina. Esto no constituye una práctica siempre.

Otra característica de esta operación es la producción de piezas de ancho variable y donde el espesor esta definido según el esquema de corte. Esta operación define la altura de corte para la siguiente etapa del proceso.

La siguiente figura muestra un centro de trabajo general para esta primera etapa, donde es posible ver los requerimientos que se deben cumplir.

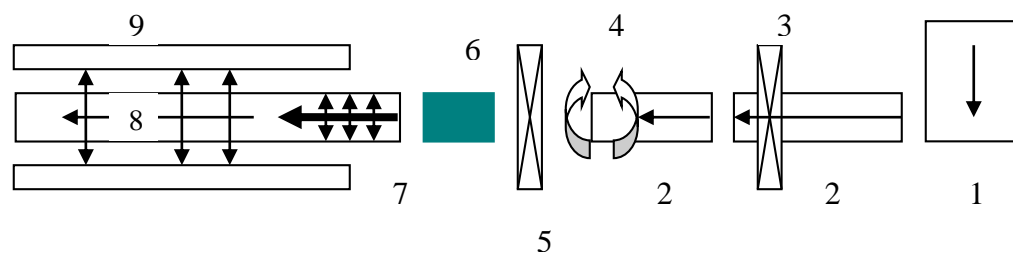


Figura N° 6.18: Configuración de Centro de Trabajo Corte Primario.

- 1.- Mesa de carga
- 2.- Transporte de entrada
- 3.- Sistema de medición 1, el sistema de medición debe ser capaz de entregar información de diámetro, largo y defectos de forma del trozo, para luego orientar el trozo de la mejor manera para el esquema de corte asignado, o bien la medición puede ser realizada por el operador quien decide cual es la manera en la cual el trozo debe posicionarse frente a la máquina.

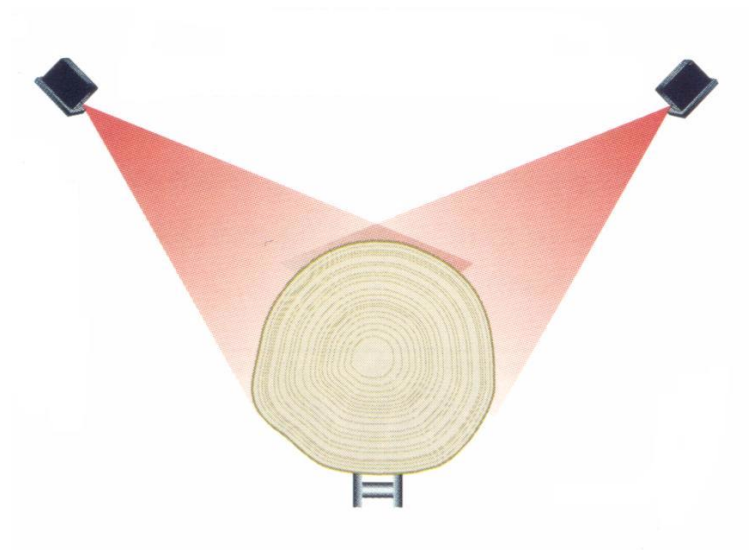


Figura N° 6.19: Escaneo de Trozo

4.- Sistema de Alimentación, estos se encargan de posicionar los trozos frente a la máquina estos pueden ser automáticos, los cuales permiten pasar mayor cantidad de piezas por minuto, o bien el posicionado puede ser dado por el mismo operador, una aplicación clara de esto son los sistemas de carro huincha donde el operador posiciona de la mejor manera el trozo según su experiencia frente a la máquina. En el posicionado de la troza es práctica común colocar la curvatura hacia arriba, esto elimina en cierto grado los golpes que ocasiona la madera con la máquina, además con esta práctica los beneficios por recuperación de madera lateral se ven beneficiados

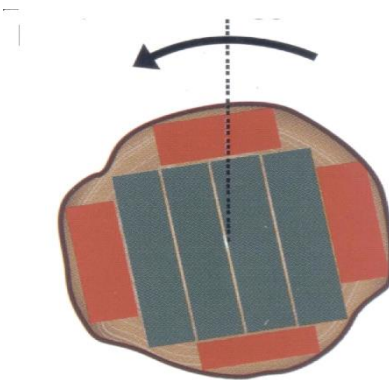


Figura N° 6.20: Posicionado de Trozo

5.- Sistema de medición 2, este sistema de medición se usa generalmente para asegurarse que la posición en la cual ha sido puesto el trozo es la correcta para realizar el corte.

6.- Equipo de corte, estos equipos de corte pueden estar formados por grupos de sierras circulares en combinación con canteadores astilladores, o sierras huinchas. Estas realizan el corte en el trozo una vez que ha sido asignado el patrón de corte.

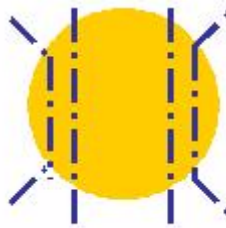


Figura N° 6.21: Corte Primario con chipper canter y Sierra Huincha Doble

7.- Sistema separador de tablas, este sistema solo se justifica cuando existe diferencia entre la madera lateral y central, por ejemplo para separar semibasa de laterales verticales.

8.- Transporte de salida longitudinal, en este la semibasa obtenida del corte se transporta longitudinalmente.

9.- Transporte de salida transversal, en este sistema las piezas laterales obtenidas se desplazan lateralmente.

Se debe considerar que la primera etapa es crucial para la obtención del patrón de corte, teniendo en cuenta la configuración anterior debemos considerar que las tareas a realizar en esta operación son:

- a. Alimentación de trozos al sistema
- b. Medición del trozo de madera.

- c. Asociación con un esquema de corte.
- d. Realización del posicionado de la troza de madera o de la máquina.
- e. Alimentación del trozo a la máquina
- f. Posible segunda medición frente a la máquina con el fin de asegurar que el posicionado del trozo fue el adecuado.
- g. Ejecución del Corte
- h. Desalojo de las piezas y posible separación de piezas centrales y laterales, siempre y cuando el corte haya dado origen a ellas, por ejemplo obtención de laterales con canto muerto y semibasa.

La alimentación es posible realizarla con los mismos sistemas posicionadores por ejemplo automáticos, pero existen otras configuraciones como cadenas que permiten alimentar el trozo a la máquina y que son extensiones del transporte de entrada. Por ejemplo en Planta Bucalemu, para la línea de trozo delgado, el sistema alimentador esta formado por la cadena de dientes afilados (Sharp Chain), y es la que desaloja las piezas de madera de la máquina.

Para el desalojo de las piezas obtenidas es usual encontrar como ya se dijo, separadores de tablas en el caso de que sea necesario, sin embargo estos no son los únicos transportes, se debe considerar que las piezas laterales no deben seguir la misma línea que la madera central, por lo cual es necesario tener transporte transversales los cuales pueden ser cadenas. Para el transporte longitudinal, asociado a las piezas centrales es posible encontrar sistemas de cadenas, rodillos y cintas.

La siguiente figura muestra la operación de corte Primario en planta Bucalemu para la línea de trozo grueso.

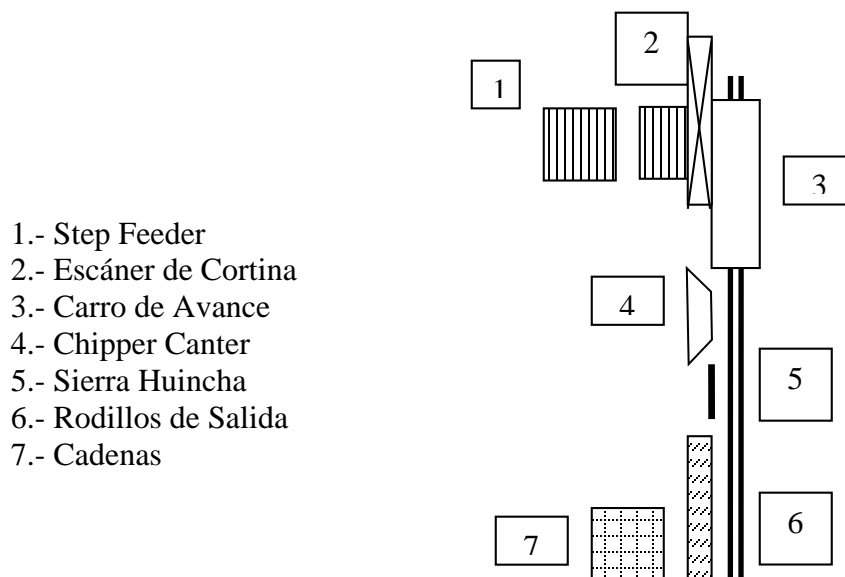


Figura N° 6.22: Corte primario realizado en planta Bucalemu.

Como es posible observar esta configuración no posee un separador de tablas, pero es capaz de realizar el desalojo de las piezas a las operaciones siguientes. Los rodillos a la salida se encargan de transportar las piezas a la siguiente operación, mientras que las cadenas se encargan de las piezas laterales. El sistema de medición permite al operador tener una primera aproximación de los defectos del trozo y asignar un patrón de corte. En el Anexo N° 8 se encuentran algunas configuraciones para el corte primario encontradas en las plantas visitadas y en memorias realizadas en años anteriores en algunos aserraderos.

En la siguientes figura se ven algunos ejemplos de las operaciones que se realizan en la máquina principal y combinaciones de máquinas.

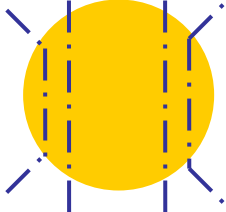
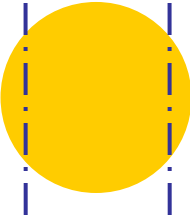
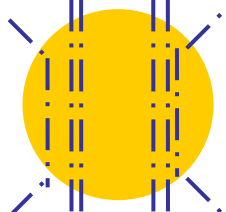
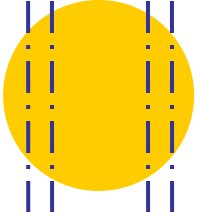
Esquema de corte	Máquinas	Productos y Subproductos
	Chipper Canter mas Sierra Huincha Doble	Astillas, Semibasa, Dos laterales con canto muerto, aserrín.
	Sierra Huincha Doble	Dos lampazos, semibasa, aserrín.
	Chipper Canter mas Sierra Huincha Cuádruple	Astillas, cuatro laterales con canto muerto, semibasa, aserrín.
	Sierra Huincha Cuádruple	Dos laterales con canto muerto, dos lampazos, semibasa, aserrín.

Figura N° 6.23: Algunos esquemas de Corte para el Corte Primario.

La variedad de combinaciones de máquinas es amplia, cada una con sus características particulares. Entonces, al hablar de corte primario, se hace referencia tanto a la operación de transformación de la troza como también a la máquina o centro de trabajo donde se realiza el corte, con los requerimientos que se mencionaron anteriormente.



Otras consideraciones que se deben tomar en el aserrío principal son:

- a. Asegurar abastecimiento de trozas
- b. Realizar controles en los cortes realizados.
- c. Ser capaz de observar las características del trozo en la mesa de entrada, con el objetivo de poder eliminar trozos que no correspondan a la clase diámetrica que se esta pasando en el turno y que por supuesto no se ajuste al esquema de corte.

Este último punto no deja de ser importante, no todas las plantas cuentan con sistemas de desalajo de trozos de su línea principal, esto ocasiona problemas en el aserrío y si ocurriera este tipo de problemas, la decisión de pasar el trozo con un patrón de corte que no se ajusta a su diámetro trae como consecuencia una perdida en el rendimiento económico de la planta, este tipo de problemas son los que se deben controlar en la línea de alimentación a la planta.

A continuación, se hace referencia a las operaciones siguientes al corte primario, y que son las que dan origen a la obtención de las piezas con escuadrías ya definidas.

### **5.2.3.- Corte Secundario**

El corte secundario es la tercera operación dentro del proceso de transformación, aquí las piezas que fueron obtenidas en el primer corte son llevadas a máquinas que realizan un conjunto de tareas sobre estas piezas.

Este corte puede ser llevado a cabo con varias configuraciones de máquinas, las cuales están pensadas para los productos que se produjeron en el primer corte.

Un caso particular por ejemplo, puede ser cuando en el corte primario se obtiene una semibasa. Esta pasa regularmente por un conjunto de máquinas que la transforma en nuevas piezas, algunas de ellas con canto muerto y otras libre de este defecto.

En esta operación la obtención de piezas de ancho fijo es característico. También es posible encontrar piezas con canto muerto que necesitan la etapa de canteado, estos son los laterales que se encuentran mas afuera del trozo, en la perifería, los cuales se encuentran con los obtenidos en la segunda operación. A los laterales del primer corte se les conoce como laterales verticales y a los segundos como laterales horizontales. Estos términos son usados generalmente cuando el aserrío de la troza es del tipo masivo, obteniendo una semibasa y laterales que requieren la eliminación de canto muerto.

En cuanto a las piezas centrales obtenidas, es común encontrar en algunas plantas, que estas se obtienen a espesores mayores, produciendo piezas conocidas como Matrices. Estas piezas están destinadas a la obtención de piezas de menor espesor, las cuales son obtenidas en otra operación, bajo la premisa de que al realizar mayor número de corte en la madera el rendimiento disminuye considerablemente. Entonces este tipo de piezas es llevado a máquinas cuya precisión de corte sea mayor, y donde el kerf de las máquinas sea el menor posible. Otra razón para realizar este tipo de piezas y transformarlas en una nueva operación es poder disminuir los atochamientos en las máquinas y hacer que el flujo de madera dentro de la línea de aserrado sea más rápido, se explicara esto en mas detalle cuando se describa esta operación conocida como Reaserrío.

En cuanto a las tareas que se deben desarrollar para cumplir de manera óptima esta operación, se encuentra básicamente constituida por las mismas tareas del corte primario, es decir:

- a. Alimentación de la pieza al corte secundario.
- b. Medición del trozo de madera.
- c. Asociación con un esquema de corte.
- d. Realización del posicionado de la pieza de madera o de la máquina.
- e. Alimentación de la pieza a la máquina
- f. Ejecución del Corte

- g. Desalajo de las piezas y posible separación de piezas centrales y laterales, siempre y cuando el corte haya dado origen a ellas, por ejemplo obtención de laterales con canto muerto y semibasa.

En la siguiente figura se ve un esquema general de lo que se puede encontrar en el corte secundario:

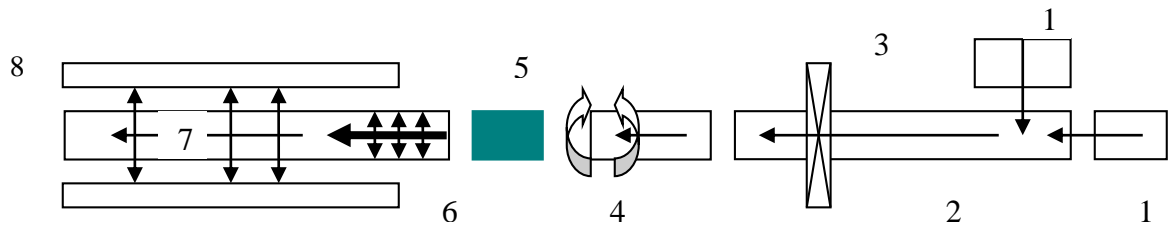


Figura N° 6.24: Configuración de Centro de Trabajo para Corte Secundario.

1.- Transporte conector, estos transportes son los encargados de unir a centros de trabajo y permitir que el material siga el flujo del proceso.

2.- Transporte de entrada

3.- Estación de medición, en esta estación se realiza la medición de la pieza para determinar cuales son los cortes que se deben realizar en ella, por ejemplo para el caso de semibasa se puede realizar una medición transversal como en la siguiente figura, o medición longitudinal.

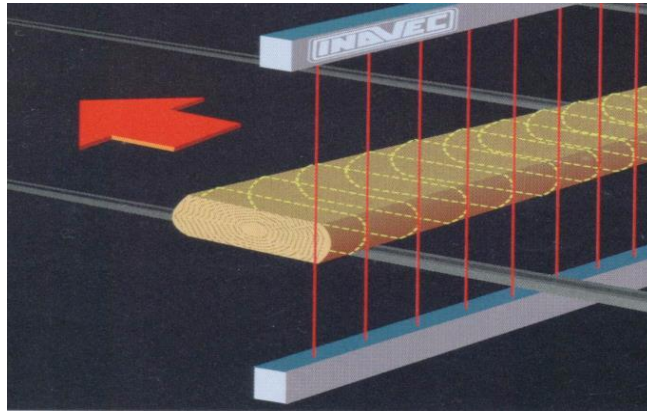


Figura N° 6.25: Escaneo de semibasa.

4.- Sistema de giro, similar al de corte primario, este sistema tiene como objetivo posicionar la pieza de madera, semibasa por ejemplo, frente a la máquina.

5.- Equipo de corte, generalmente se usan sierras huinchas o sierras circulares en combinación con canteadores astilladores.

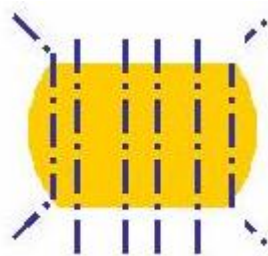


Figura N° 6.26: Corte secundario

6.- Sistema separador de tablas

7.- Transporte de salida longitudinal

8.- Transporte de salida transversal

Si se ve esta configuración, es posible darse cuenta que no existe mayor diferencia con el corte primario, y la presencia de algunos equipos como separadores de tabla puede obviarse

en los casos cuando no existe madera lateral que deba ser separada, o bien cuando exista la presencia de un operador cuyo objetivo sea separar la tablas de madera lateral o central.

Lo nuevo en esta etapa es un sistema que sirve de conector entre el primer corte y el corte secundario. Estos sistemas son transportes de cadenas, longitudinales o transversales, rodillos, cintas, dependiendo de la configuración del equipo, y es común encontrar combinación de ellos entre los centros de trabajo.

El tema de los transportes entre centros de trabajo no deja de ser importante, si no existen distancias de acuerdo a las capacidades de los equipos hacia donde son dirigidas las piezas, problemas de cuello de botella son mas propensos a que se presenten en la línea. En la siguiente figura muestra un centro de trabajo en una planta de nuestra región:

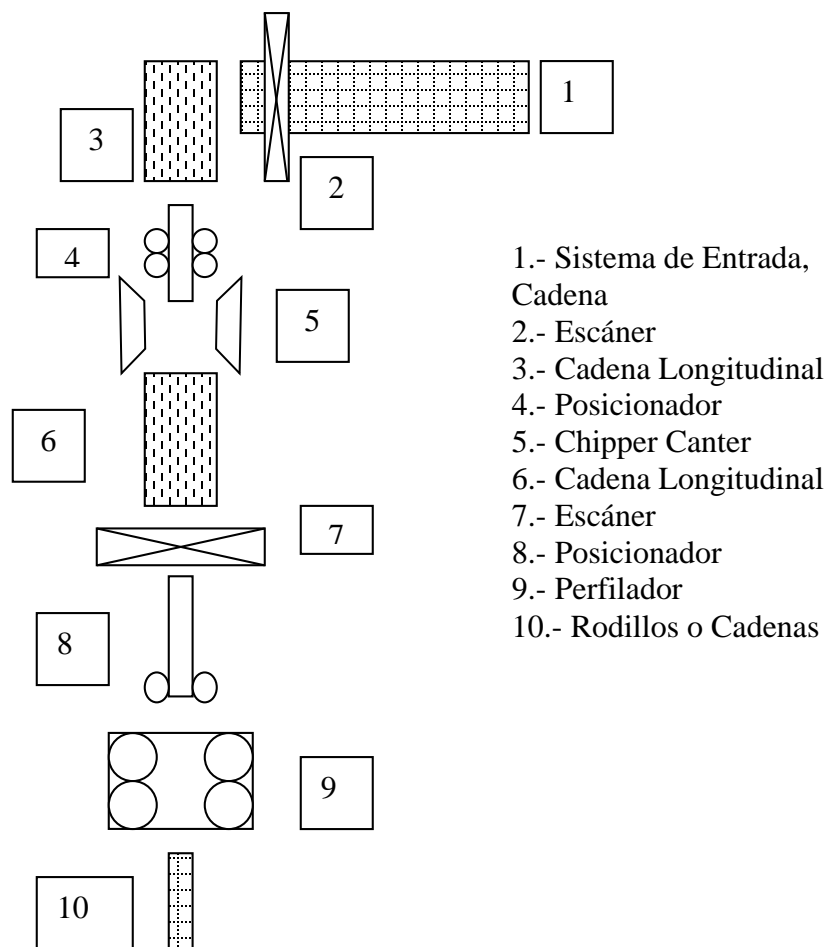


Figura N° 6.27 : Corte Secundario en planta MULCHEN

Como es posible ver, en esta etapa la cantidad de máquinas que realizan el segundo corte es mayor que en un corte primario, generalmente constituido por una o dos máquinas, en el Anexo N° 9, se muestran otras configuraciones de corte secundario. En la siguiente figura se muestran algunos cortes y las máquinas que lo realizan en la etapa de corte secundario.

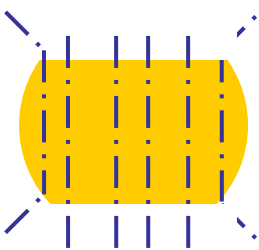
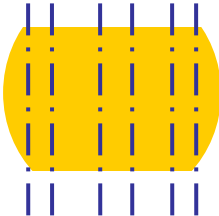
Esquema de Corte	Máquinas	Productos
	Chipper Canter mas Sierras Circulares múltiple	Pieza simples, Matrices, laterales con canto muerto, aserrín, astillas.
	Sierras múltiples Circulares	Piezas simples, Matrices, aserrín.

Figura N° 6. 28: Esquemas posible para operación de Corte Secundario

Al igual que en el corte primario se deben cumplir ciertos requerimientos de operación, entre ellas se puede mencionar:

- a. Necesidad de evitar cuellos de botella.
- b. Evitar apilamientos antes y después de las máquinas.
- c. Mantener buen sistema de transporte, se deben singularizar las piezas hacia otras máquinas.

Es necesario tener en cuenta que el número de máquinas requeridos para esta operación esta sujeto a la producción del corte primario y a las capacidades de las máquinas seleccionadas para el corte secundario.

#### 5.2.4.- Canteado

En las operaciones de corte primario y secundario como ya hemos dicho se obtienen piezas que poseen canto muerto, el cual es necesario eliminarlo para obtener piezas con un mayor valor económico. Esta cuarta operación en la línea de aserrado se conoce como Canteado, esta operación, produce madera con cantos limpios y escuadrados. El tipo de canteado utilizado depende de la combinación de máquinas. Al igual que en las operaciones anteriores, la optimización, el posicionado de herramientas se encuentran presentes.

El objetivo principal de esta etapa como ya se ha dicho es eliminar el canto muerto de las piezas laterales o centrales en algunos casos. El procedimiento para esto consiste en una secuencia de tareas, que no son otra cosa que repetir las mismas tareas que se realizaban en los cortes anteriores. Entonces hablamos desde la medición , el posicionado de la madera o de la máquina, hasta realizar el corte y desalojo de la madera. En la siguiente figura veremos un centro de trabajo, para esta operación.

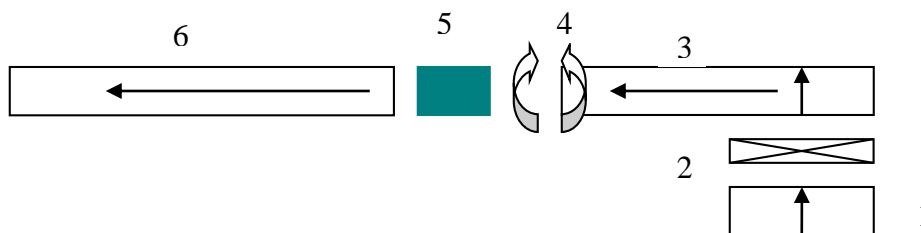


Figura N° 6.29: Configuración para centro de Trabajo operación de Canteado.

1.- Transporte conector

2.- Sistema de medición, este sistema de medición tiene por objetivo determinar las zonas de la pieza de madera que presentan canto muerto, para luego realizar el corte en ella.

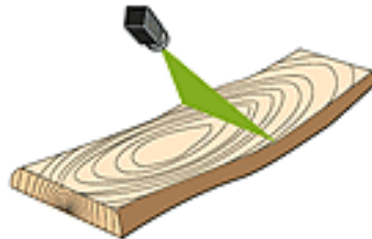


Figura N° 6.30: Escaneo de pieza

3.- Transporte de entrada

4.- Sistema de posicionado, este transporte tiene por objetivo ubicar la pieza de madera delante de la máquina y luego alimentar esta al equipo de corte.

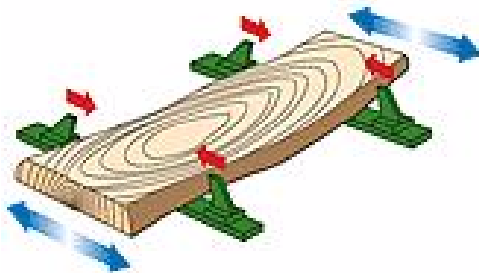


Figura N° 6.31: Posicionado de Pieza a cantar

5.- Equipo de corte, el equipo de corte elimina el canto muerto de la pieza de madera, lo más usado son sierras circulares.



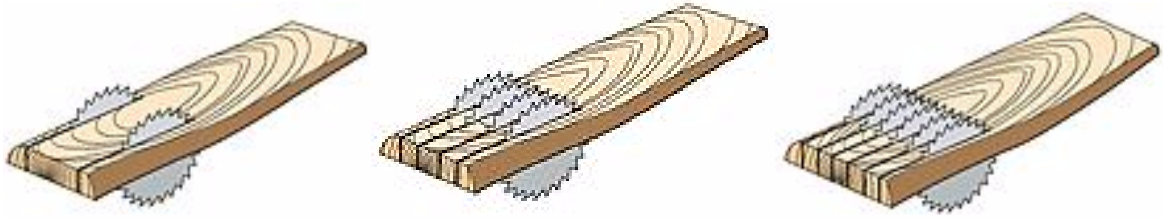


Figura N° 6.32: Canteado de pieza con distintas configuraciones de sierra.

## 6.- Transporte de salida

Como es posible observar, esta etapa cuenta con las mismas necesidades físicas que las estaciones anteriores. Los requerimientos de equipos de corte están generalmente constituidos por una o dos máquinas canteadoras, sierras circulares, que se encargan de realizar el corte en la madera según la medición que se haya realizado.

La medición y el posicionado de la pieza de madera puede ser llevada a cabo por el operador o a través de un sistema automático. El desalojo de las piezas es llevado a través de transporte de cintas que dirigen las piezas a una línea de clasificación y despuntado. La siguiente figura muestra una configuración de este centro de trabajo en una planta de nuestra región:

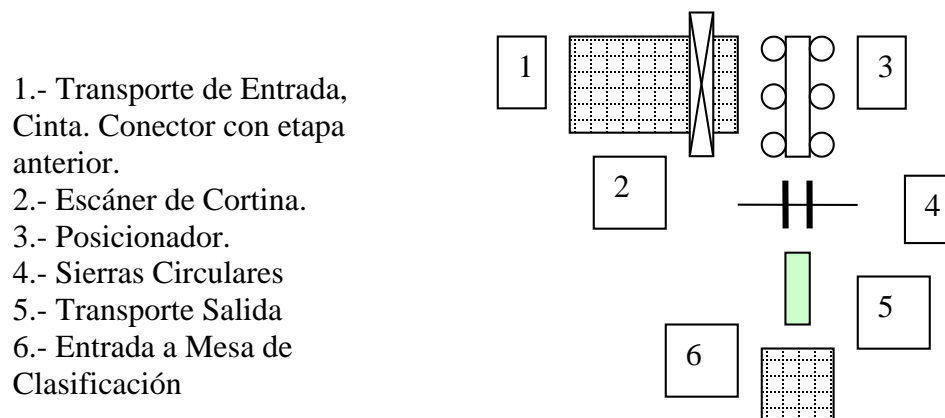


Figura N° 6.33: Centro de Trabajo en Planta Mulchén y Nacimiento.

Esta configuración es la más usual de encontrar en los aserraderos, entrega cumplimiento a todas las tareas que se deben realizar. En la siguiente figura se muestra un corte en la etapa de canteado.


Máquinas	Esquema de Corte
Sierras circulares	

Figura N° 6.34: Cortes en Operación de Canteado.

Una vez que el canto muerto es eliminado las piezas van a la siguiente etapa, donde se realiza el despuntado y clasificación de las piezas. En el Anexo N° 10 se encuentran algunos de estos centros de trabajo encontrados en las industrias.

### 5.2.5.- Despuntado Y Clasificación

Las piezas que son obtenidas en las operaciones anteriores, ya tienen un ancho y espesor definido, entonces lo que aún queda por hacer es determinar el largo de las piezas y el grado o la clasificación para cada una de ellas. El despuntado consiste en eliminar los extremos de las piezas para llevarlos a largos comerciales. Una vez que esta operación ha sido llevado a cabo las piezas deben ser clasificadas.

Las tareas que se deben realizar en esta operación se pueden resumir en la siguiente lista:

- a. Alimentación de piezas a la línea de despuntado y clasificación
- b. Obtención de una línea de referencia conocida como Línea de Madera,( Lumber Line).
- c. Medición de la Pieza para despuntado
- d. Posicionado de las piezas
- e. Corte de las piezas
- f. Medición de las piezas para clasificación
- g. Clasificación de las piezas.

La siguiente es una configuración para esta operación, donde se realizan las tareas señaladas anteriormente.

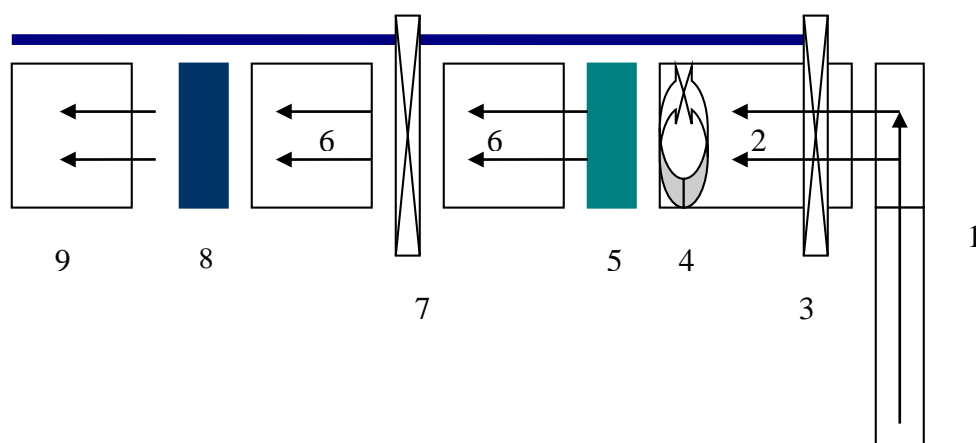


Figura N° 6.35: Configuración para Centro de Trabajo de Despuntado y Clasificación

- 1.- Transporte conector
- 2.- Transporte de entrada
- 3.- Estación de medición 1, este sistema tiene por objetivo determinar donde se debe realizar el corte en el largo de la pieza.



Figura N° 6.36: Medición para despuntado.

4.- Sistema posicionador, se encarga de colocar todas las piezas de madera sobre la línea de madera permitiendo tener una referencia para realizar el corte. Cuando la clasificación es manual, los operadores determinan la línea de madera.

5.- Equipo de corte, los equipos de corte están formados por grupos de sierra circular que se encargan de realizar el corte en la madera donde haya sido asignado el corte por el sistema de medición.

6.- Transporte de salida, este transporte usualmente esta compuesto por cadenas, el transporte de la madera es transversal.

7.- Estación de medición 2, esta estación asigna un buzón o calidad a la madera según alguna medición que haya realizado algún operador en la pieza, esto es válido para clasificación semi automática.

8.- Equipo de clasificación, estos equipos se encargan de clasificar la madera según escuadrías y calidad asignada.

9.- Transporte de salida, el transporte de salida de la línea generalmente esta compuesto por cadenas, aunque existe un tipo de equipo conocido como “transporte de inclinación” (Tilt Hoist),

que es usado cuando se debe elevar el paquete de madera apilado , en el Anexo N° 11 se encuentran algunos de estos.

Los tipos de Clasificación y Despuntado que existen se pueden agrupar de la siguiente manera:

- a. Automático: Algún sistema de medición, por ejemplo cámaras, realizan una lectura completa de la pieza, la comparan con algún patrón establecido, (lógica programada), y envían señales a los sistemas de corte y posicionadores de las piezas, para posteriormente juntarlas según calidades o escuadrías, en equipos clasificadores.
- b. Semi automático: En este sistema, operadores y máquinas actúan en conjunto. Por un lado los operadores marcan la madera con lápices fluorescentes y luego cámaras detectan estas marcas enviando señales a los equipos que se encargan de posicionarse para realizar el corte y luego agrupar la madera.
- c. Manual: En este tipo solo actúan los operadores, ellos determinan realizan una medición visual de las piezas, luego las posicionan frente a una sierra realizando el corte, luego otros operadores conocidos en las plantas como “Grader”, clasifican la madera en paquetes.

En esta etapa, se tiene que tener un control sobre lo que se llama línea de madera, ya que ella sirve de referencia para las operaciones de medición y de corte. Existen algunas configuraciones para entregar esta línea de referencia. Una consiste en poner un dispositivo que permita detener las piezas cuando van ingresando a la línea de clasificación definiendo de manera instantánea la línea de madera, esta configuración es adecuada cuando el número de tablas que se manejan en la línea de clasificación alcanza las 90 tablas/minuto. Otra configuración es colocar en el transporte de entrada rodillos que sean capaces de trasladar las piezas de madera hacia un lado de la mesa, consiguiendo esta línea de madera. Esta

configuración es adecuada cuando se trabaja con 40 tablas/minuto en la línea de clasificación. En la siguiente figura se muestran este tipo de configuraciones.

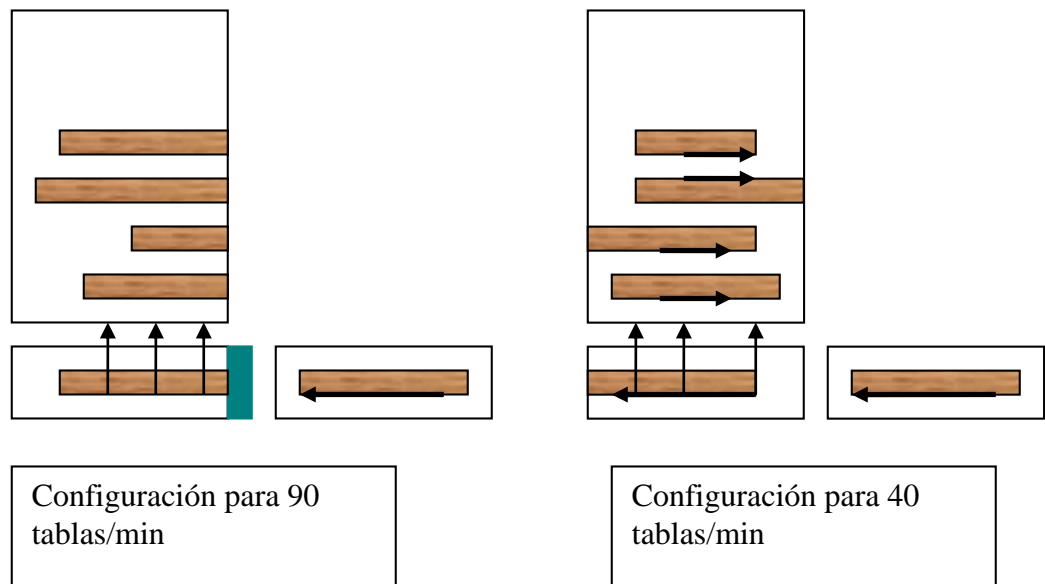


Figura N° 6.37: Configuraciones para línea de Madera en Clasificación y Despuntado.

La operación de despuntado y clasificación es la última en un aserradero común, otras operaciones como el Reaserrío son una consecuencia de la obtención de una pieza de madera de mayor espesor que debe ser reducida a espesores comerciales. Estas operaciones se definen a continuación.

### 5.2.6.- Reaserrío

La operación de Reaserrío ha pasado a ser una práctica común en los aserraderos chilenos, el fundamento de su existencia es la generación en las operaciones de corte primario y secundario de piezas llamadas matrices, las cuales deben ser transformadas en piezas de espesores mas pequeños.

Se debe tener claro que esta operación es posible encontrarla en la línea de aserrío, o bien es constituida fuera de la línea principal, por ejemplo en un galpón cuya materia prima son piezas obtenidas de la línea principal.

Los requerimientos de esta operación siguen siendo los mismos que son válidos para las operaciones anteriores. En la siguiente figura vemos una etapa de Reaserrío presente en la planta Bucalemu.

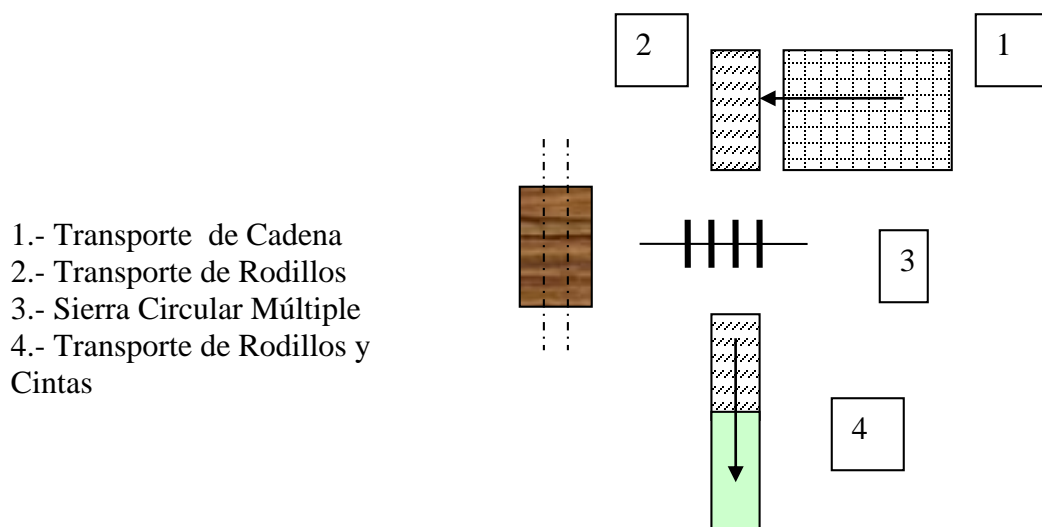


Figura N° 6.38: Línea de Reaserrío en planta Bucalemu.

En esta figura no hemos señalado las estaciones de medición, en esta planta para el Reaserrío la medición y la decisión de corte es realizada por el operador ( debe tenerse en

cuenta que esta operación se caracteriza porque sus equipos de corte tienen una mayor precisión y un menor canal de corte). En la figura siguiente se muestran algunos cortes que se realizan en la operación de Reaserrío.

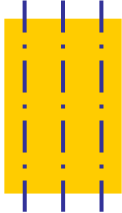
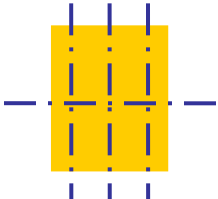
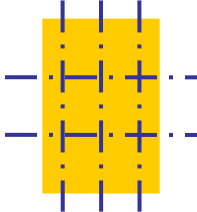
Máquinas	Esquema de Corte
Sierras Circulares múltiples	
Sierras Circulares múltiples con posible retorno	
Dos máquinas de sierras circulares, una realiza el corte vertical y la siguiente el corte horizontal	

Figura N° 6.39: Esquemas de corte para operación de Reaserrío.

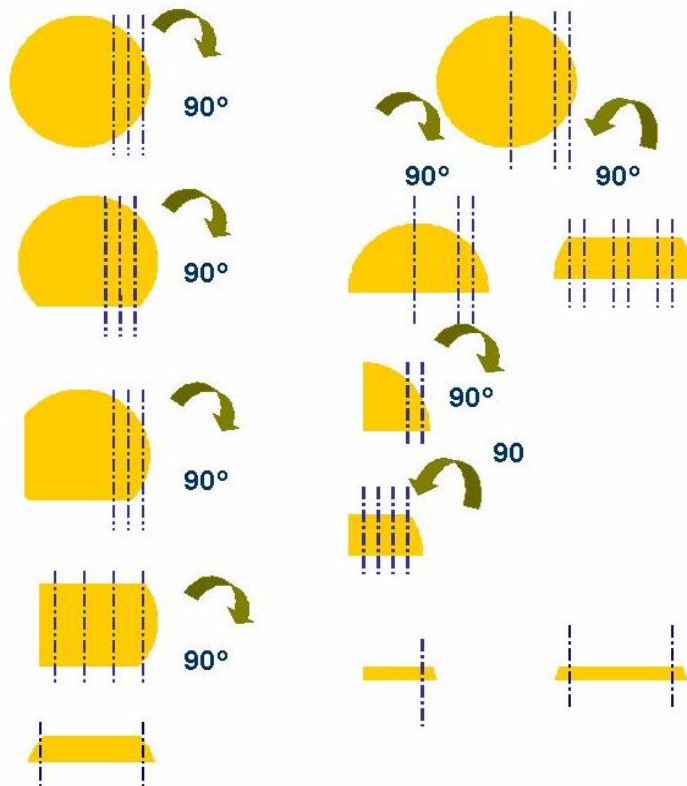
Uno de los objetivos de esta etapa es la transformación de matrices a piezas de menor espesor. Otra razón para realizar el reaserrado de piezas, pero fuera de la línea principal, es disminuir la cantidad de piezas que se encuentran en la línea, permitiendo con esto disminuir el riesgo de la formación de cuellos de botella por ejemplo, o simplemente el poder disponer de máquinas para realizar con un mayor grado de libertad el trabajo. En el Anexo N° 12 se muestran algunos de estos centros de trabajo.



### 5.2.7.- Recuperación

Esta operación, no constituye una práctica deseable en los aserraderos, pero la cual por razones de medición de las piezas o por una mala mantención de los equipos de corte es necesario considerarla. En esta operación se dirigen todas las piezas que no fueron clasificadas en ningún grado, y por lo cual es necesario realizar un nuevo corte en ella, con la consecuente disminución de su valor y la asignación de una menor clasificación. Otras razones por las cuales se encuentran piezas de este tipo es una mala planificación en cuanto a los esquemas de corte, o bien una mala ejecución de estos.

En las siguientes figuras se muestran algunos secuencias de corte para trozos, en ellas se precia claramente la diferencia entre las operaciones descritas anteriormente.



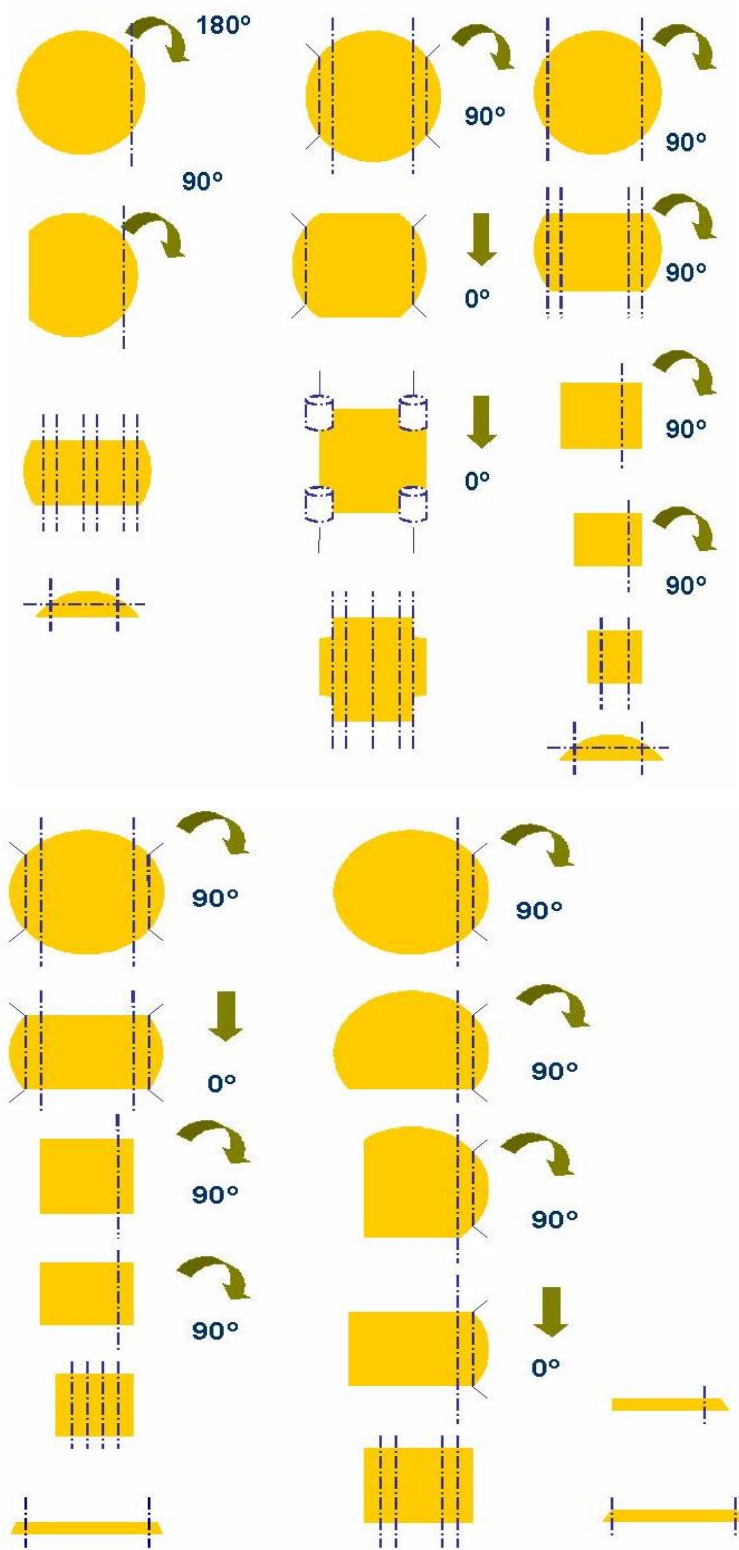


Figura N° 6.40: Secuencias de Corte

### **5.2.8.- Tratamiento de subproductos**

De manera natural es claro pensar en la etapa de aserrío se obtienen desechos en las operaciones, los cuales es necesario eliminar del sistema.

Los desechos de esta etapa son aserrín, despuntes, los conocidos como chicotes (provenientes del canteado), astillas y virutas (provenientes de máquinas Chipper canter y perfiladoras).

El tratamiento para el aserrín es eliminarlo a través de transportes vibratorios que los llevan a silos de almacenamiento, para posterior uso como combustible en las calderas de plantas de secado o similares.

Astillas y virutas son usadas para combustible o bien como materia prima para la industria de la pulpa.

Los chicotes y despuntes, obtenidos en la operación de canteado y clasificación, pueden ser transformados en astillas para la industria de la pulpa o bien pueden servir de combustible.

Ahora que se ha terminado la segunda etapa del proceso, se describirá la etapa de Tratamientos de la Madera Aserrada.

### **5.3.- Tratamientos realizados a la Madera Aserrada.**

La madera aserrada obtenida en el proceso de corte, luego que es apilada según escuadrías sigue una serie de operaciones que tienen como objetivo entregar un mayor valor agregado al producto obtenido. Estas operaciones consisten en tratamientos que se realiza sobre ella, los cuales es usual encontrarlos fuera de la línea de aserrado.

En esta área lo esencial es realizar los últimos trabajos en la madera, por ejemplo; cepillado para mejorar la calidad superficial, baño Antimancha para protección del ataque de mancha azul, secado para entregar madera de bajo contenido de humedad a las plantas de remanufactura o de la industria del mueble, impregnación para aplicaciones de tipo estructural y por supuesto la etapa del empaquetado para entregar el producto a bodegas de despacho. Entonces las operaciones que se encuentran en esta área son:

- a. Baño Antimancha
- b. Secado
- c. Cepillado
- d. Impregnación
- e. Empaquetado

El siguiente diagrama describe cual es el flujo del material a partir de la etapa de despuntado y clasificación para darnos cuenta de cómo se realizan los tratamientos y las posibilidades que existen, en esta figura no se ha incluido el tratamiento de Impregnación.

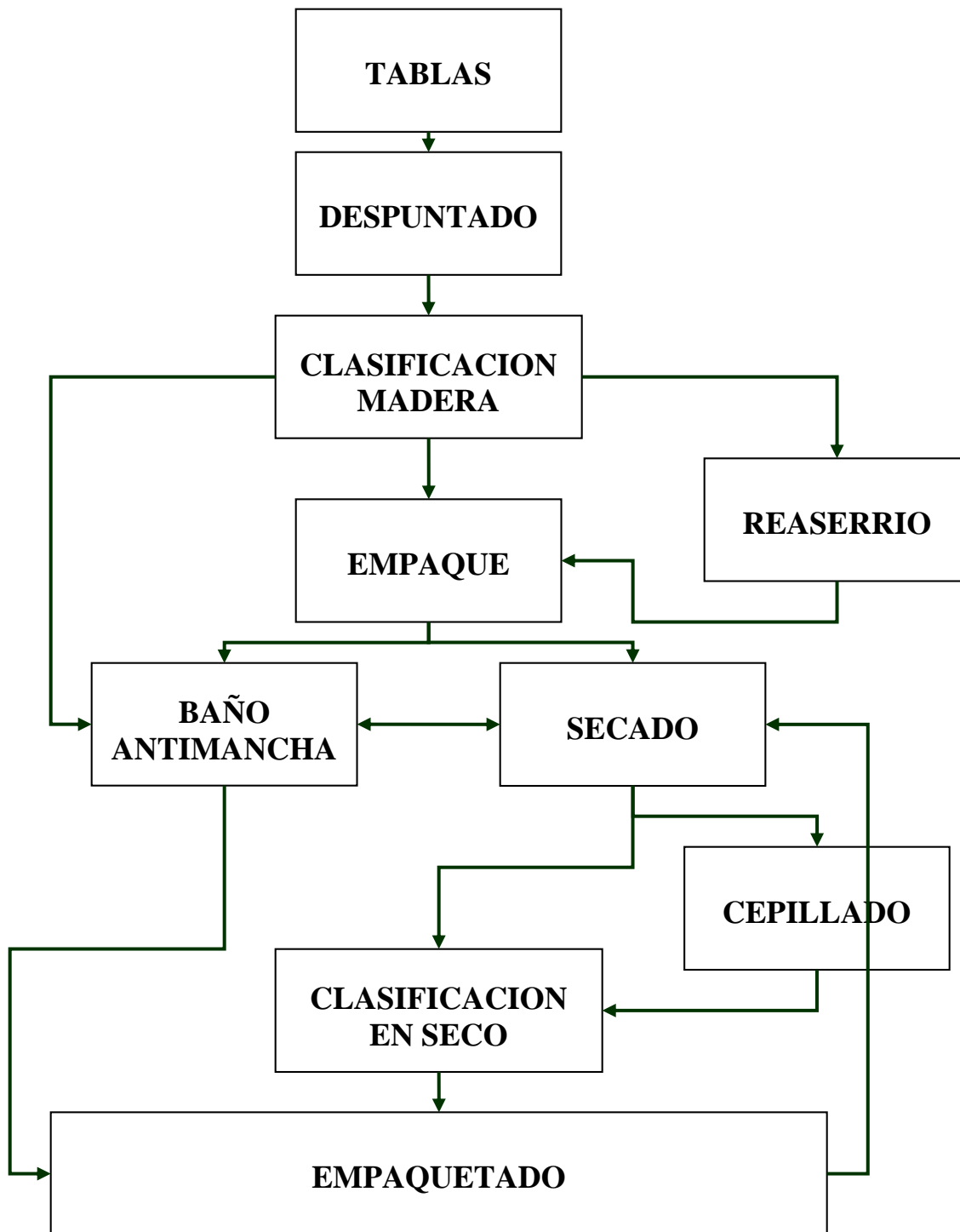


Figura N° 6.41: Flujo de la Madera aserrada y los tratamientos que se pueden realizar.

A continuación se describirán las operaciones o más bien los tratamientos de la madera, tomando en mayor consideración los tratamientos más comunes en los aserraderos.

### **5.3.1.- Baño Antimancha**

El baño Antimancha consiste en bañar la madera en alguna sustancia que permita evitar la presencia de manchas causadas por hongos ascomicetes, mancha azul. La mancha crea dificultades cuando se le exige a la madera una buena presentación final y en todas aquellas aplicaciones que no se usa pintura como recubrimiento.

Este tratamiento es posible encontrarlo en dos configuraciones, una donde el baño de las piezas es realizado pieza a pieza, este tipo de baño se conoce como Baño Antimancha en Línea, luego que es realizado las piezas son clasificadas. La otra configuración, que es la más típica, es el baño de la madera en paquetes. En este tipo de baño los paquetes de madera son sumergidos en una tina, luego se retira el paquete y se espera que el líquido que quedo sobre las piezas caiga por gravedad, luego el paquete es sacado de la línea.

El tratamiento Antimancha es realizado en las piezas de madera central y es clásico en las plantas encontrar dos líneas de salida, una donde se dirige la madera lateral y la otra la madera central que requiere el baño.

*Algunos factores que influyen en el desarrollo de la mancha son:*

- a. Temperatura, los rangos de temperatura en el cual se desarrolla el hongo es entre 5 y 35 °C.
- b. Humedad
- c. Presencia de oxígeno, estos se estudian juntos puesto que rara vez la mancha azul se desarrolla en un árbol en crecimiento, debido a su gran porcentaje de humedad, el cual disminuye la presencia de oxígeno. Estos hongos se desarrollan en rangos que excedan el 18 a 20%, siempre y cuando halla presencia de oxígeno.

Cabe mencionar que este tipo de tratamiento se realiza en madera que no va a ser secada.

### 5.3.2.- Secado

El secado es uno de los tratamientos importantes a realizar en la madera ya que este agrega un mayor valor agregado. El secado es justificado por requerimientos de tipo técnico en las industrias de remanufactura, en particular por el fraguado del adhesivo de la madera en la industria del mueble.

Este tratamiento es aplicado a productos de exportación. Para realizar el secado de la madera existen equipos llamados Cámaras de Secado, en los cuales la madera es ingresada en paquetes y variando las condiciones de temperatura, humedad y presión se logra la disminución del contenido de humedad. En el proceso de secado se pueden producir ciertos problemas conocidos como alabeos, los cuales se deben a liberación de tensiones de las maderas, este efecto es mas notable en especies como el eucalipto o en general en maderas duras. El pino puede presentar este problema cuando no existe un buen control de los Programas de secado. En el pino lo que se pueden encontrar es la aparición de otros problemas como mancha café, grietas. La siguiente figura muestra una cámara de secado típica en aserraderos.

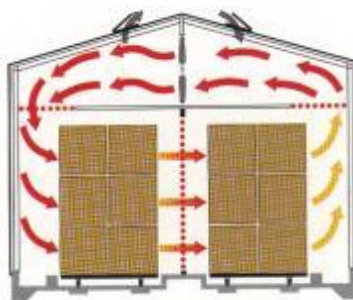


Figura N° 6.42: Cámara de Secado.

En el proceso de secado se deben empalillar los paquetes para poder entregar una mejor circulación del vapor dentro de la cámara y que de esta forma este actúe directamente a la madera.

Aspectos importantes a considerar en el secado son la capacidad de las cámaras, el tiempo total del proceso que debe estar de acuerdo a la especie de la madera y las escuadrías.

### **5.3.3.- Cepillado**

El cepillado en el aserradero es un proceso alternativo, pero que sin embargo a ido tomando cada vez mayor importancia a la hora de vender el producto. Este tratamiento puede ser realizado en madera seca o verde, aunque este último es difícil de realizar y es poco usual encontrarlo en las plantas.

La operación de cepillado ocasiona una nueva clasificación de la madera, y aquellos grados para los cuales fue clasificada en la mesa del aserrío, luego del cepillado no corresponden y es necesario volver a clasificarla. Lo más usual a la hora de clasificar la madera es hacer esta tarea con operadores calificados, aunque se han comenzado a desarrollar sistemas clasificadores compuestos por sistemas de visión que permiten clasificar la madera. El cepillado de la madera es posible realizarlo en una, dos, tres y cuatro caras, (S1S, S2S, S3S y S4S).





Figuras N° 6.43: Alimentación de cepillado y máquina de cepillado Frema Trade AG de alta capacidad con velocidad de alimentación al cepillado hasta 600m/min.

Este proceso es automático y opera a altas velocidades con equipos de última tecnología. También a veces es necesario realizar un despunte adicional para entregar la medida final al producto demandado por el cliente. En esta parte pueden obtenerse nuevos subproductos tales como blocks, cutstock ó finger joint.

#### **5.3.4.- Impregnación**

Este tratamiento al igual que el baño Antimancha tiene por objeto eliminar la presencia de hongos y el ataque de insectos en la madera que pueden realizar disminución en la calidad físico mecánica de la madera, lo que se relaciona principalmente con la densidad.

### 5.3.5.- Empaquetado

El empaquetado es la última operación que se realiza y consiste básicamente en cumplir con los requerimientos de los clientes respecto a la presentación estética de los paquetes de madera. Los sistemas deben ser capaces de manejar el volumen de la madera aserrada de forma ordenada. Un equipo de empaquetado se presenta en la siguiente figura.



Figura N° 6.44: Máquina Empaquetadora PlastiWrap, Hitech Comact.

Ahora que hemos terminado de describir el proceso de aserrado, queremos hacer referencia a los problemas que se presentan en las plantas, y plantear soluciones para estos.

## 6.- IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS

Los problemas dentro de la planta son debidos a muchas causas, algunas de ellas por ejemplo son originadas a mala planificación, problemas en las máquinas, faltas de abastecimiento, entre otros.

Los aserraderos cuando son diseñados, se consideran todos los posibles problemas que pudiesen ocurrir, y sin embargo en la práctica, los problemas aparecen. ¿Cuál es la razón

de esto? A veces los problemas son debidos a la materia prima, por bajos criterios de selección que no están de acuerdo con la tecnología presente en las plantas. Aspectos de mano de obra no dejan de ser importantes, el estado de ánimo de los operadores también afecta la producción. En algunas industrias existe una definición de los tipos de problemas o causas que afectan el flujo del proceso, estas se pueden clasificar en causas operacionales, mecánicas, eléctricas y causas externas. A continuación explicaremos cada una y daremos algunos ejemplos.

## **6.1.- Clasificación de los Problemas**

### **6.1.1.- Debidos a causas Operacionales**

Este tipo de problemas se definen como aquellos que esta relacionados con las fallas que provoca en el sistema la madera (trozos, basas, tablas, otros) y aquellas fallas provocadas por las máquinas o sus capacidades. Entre estas fallas podemos encontrar:

- a. Trozas, semibasas atravesadas.
- b. Tapas, tablas atrapadas y/o atravesadas.
- c. Calidad deficiente de materia prima.
- d. Capacidad del Sistema.
- e. Intervención en Máquinas.

### **6.1.2.- Debidos a Causa Mecánicas**

Se refiere a causas mecánicas cuando se vean afectados los equipos de los distintos centros de trabajo, o entre estos, no son causas debidas a capacidades, sino a lo que se puede llamar “el fierro” de la planta, entre ellas podemos citar:

- a. Cadenas cortadas, desmontadas, trabadas.
- b. Problemas Hidráulicos o Neumáticos

- c. Intervenciones Mecánicas
- d. Cortes y cambios de correa en motores
- e. Cadenas de avance desmontadas
- f. Piezas quebradas
- g. Problemas técnico mecánico en discos astilladores

### **6.1.3.- Debidos a Causas Eléctricas**

Este tipo de problemas se refiere a fallas en los sistemas eléctricos del proceso, llámense estos foto celdas, escáneres, automáticos. Los cuales al ser afectados provocan por ejemplo mala medición en trozos o en el posicionamiento de equipos, para realizar el corte. Entre ellos podemos mencionar

- a. Problemas en foto celdas
- b. Motores trabados
- c. Actuación de automáticos

### **6.1.4.- Causas Externas**

Las causas externas corresponden a aquellos problemas que afectan el proceso, pero que se deben a razones que se encuentran fuera o fueron producidas fuera de la planta. Algunas de ellas pueden ser

- a. Corte de Suministro de Energía Eléctrica
- b. Falta de materia prima por camiones atrasados en la planta
- c. Caminos no expeditos para el tránsito de camiones, que dificulten la llegada a la planta.

Los problemas en aserrío se pueden resolver, en la medida en que exista una buena planificación de mantenimiento de máquinas y exista una buena planificación de la producción. A continuación se describen algunos problemas encontrados en las visitas realizadas a las

plantas y como algunos de estos es posible resolverlos usando simulación. Para esto se agruparon según las áreas de trabajo que fueron descritas anteriormente.

## 6.2.- Problemas Identificados en Plantas

La siguiente tabla muestra los problemas que fuimos capaces de identificar en las visitas a las plantas y para cada uno de ellos la manera como se debe tratar usando simulación, de tal manera de conseguir mejores resultados.

Tabla N° 6.2: Problemas en Aserradero y como deben ser simulados.

<b>ÁREA PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA</b>	
<b>Problema</b>	<b>Propuesta para el simulador</b>
Mala clasificación de trozos, errores en la lectura de defectos como curvatura, conicidad, diámetros y largos.	Este problema tiene su origen en una mala mantención de los equipos de medición, los cuales están expuestos al ambiente y contaminación como polvo, tierra o otros, los que ocasiona mala lectura del sistema y por lo cual arroja clasificaciones de trozos que no corresponden a las clases diamétricas correspondientes o que no entregan mediciones de los defectos de forma que sean reales. Para esto es necesario y a modo de poder simularlo en aserradero, tener la distribución de este problema.
Orden en los buzones de clasificación	Los sistemas de pateadores en la línea de clasificación empujan los trozos de madera hacia los buzones, pero no siempre estos caen adecuadamente y quedan atravesados causando que nuevos trozos queden mal puestos, en consecuencia cuando el operador que debe retirar los trozos debe primero arreglar los trozos mal ubicados en los buzones y luego retirar toda la carga, esto afecta la productividad. Como se verá en el siguiente capítulo, existe un sistema en la línea de clasificación llamado Barra Articulada, que disminuye este tipo de problemas, esto se puede simular cambiando el tipo de clasificador. Otra manera en la que se puede ver como este problema afecta el tiempo total del proceso es encontrar la distribución del tiempo que tarda el operador en arreglar la ruma de trozos y llevarla a clasificación de trozos sin corteza.
Discontinuidad en la línea de descortezado	Este problema puede deberse a las siguientes razones. Primero un cuello de botella en la mesa de entrada a la línea de descortezado, esto es típico ya que a la hora de cargar los trozos, estos quedan desordenados y los sistemas alimentadores como cadenas o alimentadores de paso (Step Feeder) no son capaces de ordenar los trozos, luego los operadores de grúas deben perder mayor tiempo en esta labor, entonces aquí es importante conocer la frecuencia de carga de la mesa de entrada. Otra a causa por la cual existe esta discontinuidad es por dejar una mayor espacio entre los trozos que van a ser descortezados, muchas veces esto se debe a que el escáner es muy lento para realizar la medición y el GAP suele ser aumentado, esto es un grave error ya que los descortezadores están diseñados para trabajar con trozos infinitos, es decir, se puede pasar los trozos juntos. Entonces la solución aquí es cambiar en el simulador la velocidad de lectura de escáner y disminuir el GAP entre trozos.
Rompimiento de cadenas, trozos atravesados	Respecto al primer problema estos son naturales del proceso y muchas veces ocurren por fatiga de las cadenas o por que ya han cumplido su período de trabajo, y esto puede ser simulado en los tiempos de mantención del proceso. El problema de trozos atravesado es debido generalmente atribuible a los defectos de forma de la materia prima y pueden ser simulados usando la distribución de estos.

<b>ÁREA ASERRÍO DE TROZAS</b>	
Posicionado de Piezas	<p>Para el posicionado de las piezas existen una serie de equipos que son capaces de realizarlo, algunos con sus ventajas y desventajas, estos son responsables de entregar la mejor posición para realizar el corte, por esta razón es posible realizar una comparación de los resultados obtenidos al cambiar los distintos equipos en el simulador en base a cantidad de trozos por minuto alimentados al proceso, o en base a la cantidad de cumplimiento real de los patrones de corte, para esto sería necesario comparar distribuciones para cada tipo de Posicionador y luego simularlos.</p>
Cuellos de Botella	<p>Los cuellos de botella pueden ser máquinas o personas que no se encuentran realizando una operación que les fue encomendada.</p> <p>Para el caso de las máquinas es relevante mantener una buena mantención de los equipos, y las distribuciones de tiempo operacional son necesarias conocerlas.</p> <p>Los cuellos de botella no solo surgen por mala mantención de los equipos, sino que también por problemas de capacidad de ellos, ya sea de los que realizan los cortes o por los sistemas que alimentan las máquinas. En el primer caso los equipos deben estar de acuerdo a las capacidades de los equipos que los anteceden y a los que los preceden. En el caso de los sistemas alimentadores el tema de capacidad o de cuantas piezas pueden esperar en la cola sin provocar problemas también influye en este problema.</p>
Cambios constantes en el Patrón de corte	<p>Los cambios en el patrón de corte son naturales de realizar en el transcurso del proceso, sin embargo la idea es pasar clases diamétricas para un mismo patrón, pero cuando los trozos son mal clasificados el operador se ve en la obligación de tomar la decisión de pasar el trozo con el mismo esquema de corte o bien cambiar el patrón a uno mas adecuado para ese trozo, esto trae como consecuencia un mayor tiempo en el posicionado de la pieza o en el otro caso una perdida considerable de madera cuando el patrón de corte no es el adecuado. Este efecto se puede ver a través de simulación usando alguna distribución de este fenómeno.</p>
Exceso de GAP	<p>El Gap debe ser controlado por el operador de las máquinas, y este esta de acuerdo a las características de la madera, es usual encontrar en plantas valores de 0,5 a 1 metro de distancia entre trozos para el corte primario, este problema puede ser consecuencia de otros problemas como falta de materia prima en los centros de trabajo son causa de un aumento del Gap entre piezas.</p>
Problemas de Medición	<p>En este caso este problema es similar a los ocurrido en el área de preparación de materia prima, los escáner y en general los sistemas de medición son muy sensibles al ambiente y pueden ocasionar malas lecturas en los trozos o piezas de madera, ocasionando una mala asignación del esquema o decisión de corte a realizar, en simulación es posible traducir esto a distribuciones que permitan simular este comportamiento.</p>
Problemas Mecánicos, eléctricos.	<p>Este tipo de problemas son atribuibles a causas de mantención, como rompimiento de cadenas, o cambio de sierras por mala mantención de ellas, entonces una distribución de estos problemas puede ser simulada variando la frecuencia de ocurrencia y con ello poder establecer programas de mantención que den solución a los problemas.</p>
Problemas en Clasificación de Madera aserrada	<p>Estos problemas se deben principalmente a las siguientes razones:</p> <p>Mala clasificación de la madera por equipos de medición u operadores que realicen esta operación.</p> <p>Reducida Capacidad de equipos despuntadores y clasificadores que no dan abasto para la cantidad de piezas que ingresan a la línea de clasificación.</p> <p>Problemas de empallado en sistemas de apilado (stacker)</p> <p>Estos problemas pueden ser simulados y encontrar una solución al cambiar los tipos de equipos que realizan estas operaciones.</p>

<b>TRATAMIENTO REALIZADOS A LA MADERA ASERRADA</b>	
Baño Antimancha	Los mayores inconvenientes que se producen en esta operación es el tiempo que toman los paquetes en ser bañados, ya que las tinas no tienen la suficiente concentración de producto para realizar el tratamiento de manera adecuada lo que demora el proceso. Soluciones para esto son una buena planificación de los tiempos de baño, los cuales deben estar de acuerdo con las salidas de paquetes desde el aserradero, estos tiempos son posible simularlos.
Secado	Los mayores inconvenientes en esta etapa son las demoras por no contar con la madera suficiente para cargar las cámaras, o problemas al final del secado, obteniendo alabeos en las piezas y contenidos de humedad no deseados, estos problemas deben ser controlados a través de los programas de secado.
Cepillado	El mayor inconveniente en esta etapa es cuando se quiere cepillar madera seca y los contenidos de humedad de las piezas no son los adecuados, existen en la industria dispositivos capaces de detectar los contenidos de humedad y avisar cuando este problema ocurre, para evitar esto la cooperación entre las áreas de secado y cepillado debe ser estrecha y el control en secado debe ser aún mas riguroso.

### **6.3.- Distintas Combinaciones de máquinas para un mismo Producto**

En el transcurso de este trabajo, se ha hecho referencia a los temas relacionados con las plantas de aserrío, describiendo sus operaciones, los productos que se obtienen en la industria y aspectos relevantes para el funcionamiento, como descripción de principios de diseño, variables a controlar en la planta, entre otras.

En algún momento se hizo referencia acerca de la cantidad infinita de combinaciones que existen para las máquinas en un aserradero, las cuales tienen como fin la obtención de un producto llamado madera aserrada, con características de espesor, ancho y largo, en combinación con otras características referidas a tratamientos o especificaciones especiales de clientes.

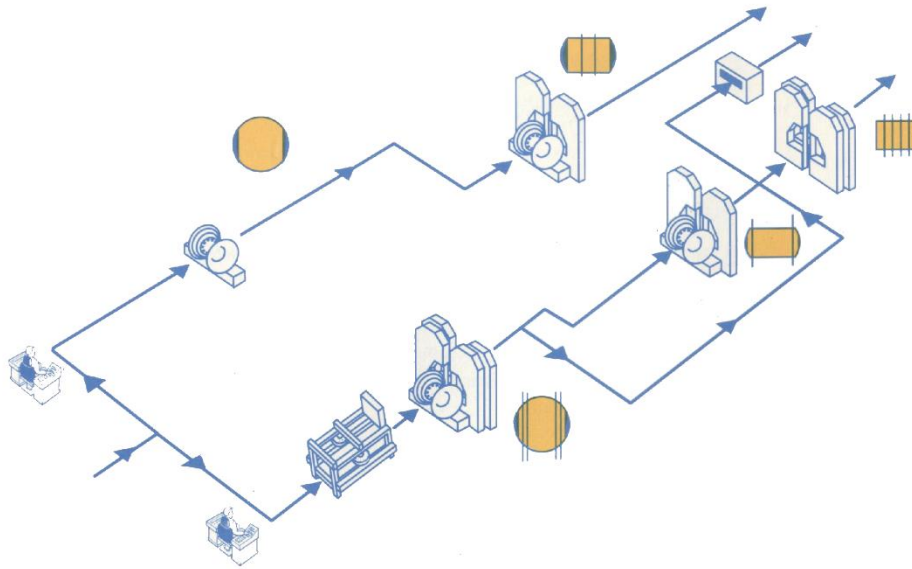


Figura N° 6.45: Layout Línea AKE, capacidad de producción 65000 m<sup>3</sup>/año en un turno, sistema de aserrado en ZIGZAG, con Línea directa entre máquinas.

Antes de finalizar este capítulo, es necesario detenerse en un último aspecto que es de suma importancia. Los aserraderos en su génesis están diseñados para cumplir con la transformación mecánica del rollizo o tronco que proviene del bosque en madera aserrada.

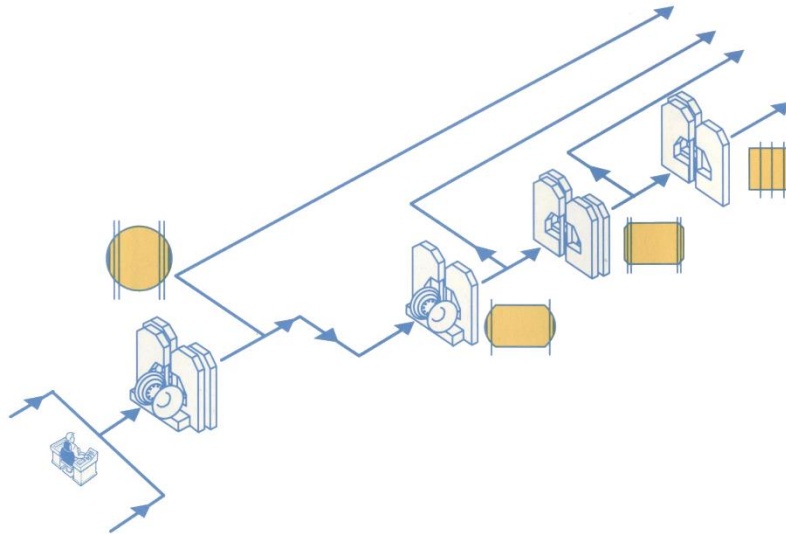


Figura N° 6.46: Layout línea AKE, capacidad de producción 370000 m<sup>3</sup>/ año, en dos turnos, con materia prima clasificada. Sistema de Línea Directa entre máquinas.



La manera en la cual se realiza esta transformación, es exclusiva de quién instale la planta, y por supuesto de quién diseñe el aserradero, sujeta a restricciones de niveles de inversión, y de producción, los aserraderos van a contar con más o menos cantidad de máquinas, para un mismo producto.

Son muchos los aserraderos que poseen gran cantidad de máquinas, y sus niveles de producción son altísimos, 25000 a 30000 m<sup>3</sup>/mes, que pueden contar por ejemplo cinco o más máquinas trabajando en conjunto, o bien se pueden encontrar plantas pequeñas con producciones mensuales de 2000 m<sup>3</sup>, con dos o tres máquinas, siendo esta la diferencia, ya que los productos sin existir una definición por ejemplo de madera shop, Moulding u otra, sigue siendo el mismo: Madera Aserrada.

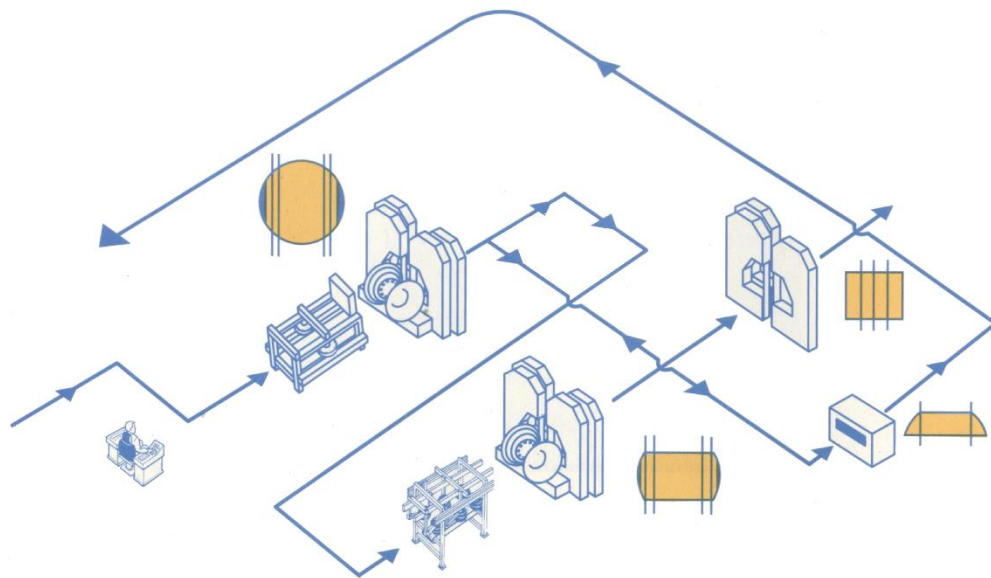


Figura N° 6.47: Layout línea AKE, capacidad 55000 m<sup>3</sup>/año, en un turno. Línea de tipo ZIGZAG.

Entonces es importante tener claro que la complejidad de los aserraderos, se encuentra asociada a los niveles de producción que se quieran obtener, y por supuesto a las restricciones de capital que ya se han mencionado. Además, este nivel de complejidad se liga además con

los productos que se desean obtener y la materia prima disponible para cumplirlo, aspecto que ya se ha comentado anteriormente.

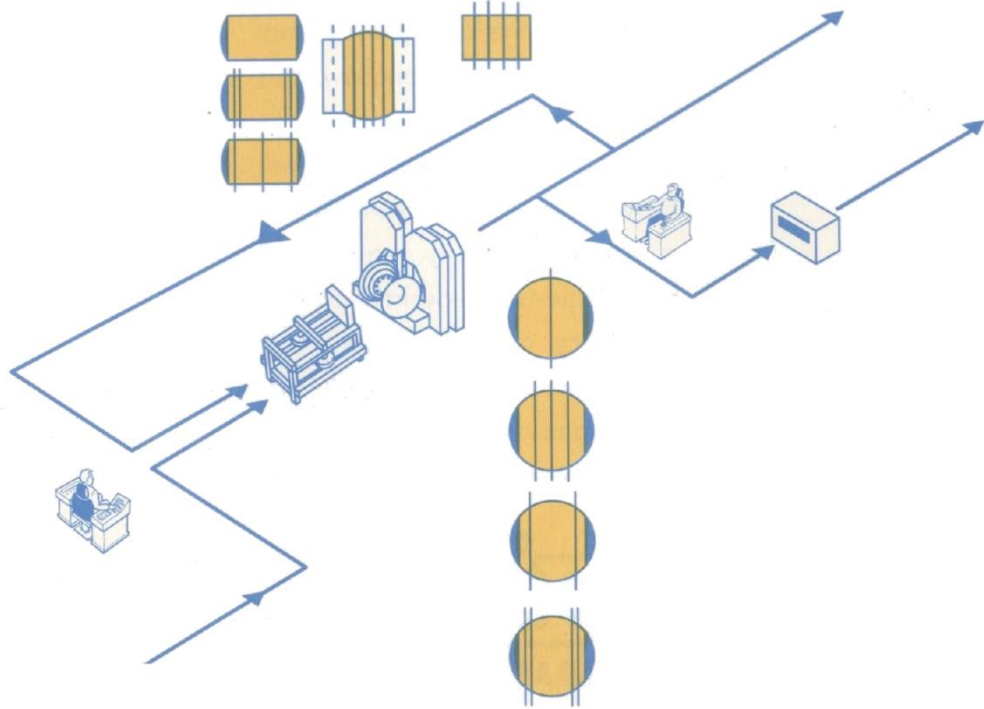


Figura N° 6.48: Layout línea AKE, capacidad de producción de 25000 m<sup>3</sup>/año, en un turno, con sistema de línea de aserrado Merry – go – Round.

Otro aspecto del cual se debe referir es el tema de la productividad versus la flexibilidad en los aserraderos. Estos son dos temas que se deben conocer al generar un layout. Por un lado la productividad permite pasar una gran cantidad de trozos a través de la planta, sin cambiar constantemente el patrón de corte establecido, por ejemplo cerrando lo mas posible las clases diamétricas, y para un esquema de corte aserrar todos los trozos de esa clase. La flexibilidad, por otro lado, permite cambiar el esquema de corte para alguna clase diámetrica o adaptarlo de manera tal que se pueda obtener algún nuevo producto que no se encontraba en

el esquema inicial. Para ambos casos es necesario definir si el aserradero que estoy creando trabajara en base a Productividad o Flexibilidad.

Ahora que se ha descrito el proceso, con sus principales áreas de trabajo y operaciones en cada una de ellas, queda dar respuesta a la tercera componente de un centro de trabajo, recordando que se ha descrito las operaciones que se realizan, y cual es la lógica para la toma de decisiones. Entonces, en el siguiente capítulo se describen los equipos que toman la información desde el mundo real y entregan esta a los sistemas de decisión, (escáner, fotoceldas), y por supuesto describiremos los equipos ejecutores (como sierras, astilladores, perfiladores).

## **CAPITULO VII**

### **MAQUINAS DE ASERRIO**

#### **1.- INTRODUCCION**

Para realizar cualquier operación es necesario contar con los equipos que permitan llevar acabo la transformación de la madera.

Es necesario obtener la información del mundo real y en base a esta tomar las decisiones. Para cumplir con esto se deben considerar equipos que permitan obtener la información, entregarla a los Controladores Lógicos Programables (PLC) y luego enviar la orden a un equipo u operador para que realice el posicionamiento de la madera o de la máquina para realizar el corte.

Entonces, este capítulo tiene como fin entregar una clasificación de los equipos que participan dentro del proceso y que son capaces de realizar las operaciones definidas. Para ello la metodología utilizada consistió en dividir los equipos según familias, fundamentado en la tarea que ellos realizan en los centros de trabajo, para luego describir el principio de funcionamiento del equipo.

Una vez clasificados los equipos, fueron asociados a los centros de trabajo en cada área del aserradero descrita en el capítulo anterior, en esta etapa se entregaran rangos para los equipos con las variables que hemos considerado las principales para ellos y que afectan el flujo del proceso.

## **2.- METODOLOGÍA**

En el capítulo anterior fueron descritas dos de las tres componentes que se deben llevar a cabo en los centros de trabajo, esto es como se toma la decisión de corte, y la definición de las operaciones, entonces ahora se da respuesta a una tercera componente, la cual corresponde a los equipos necesarios para realizar la operación definida según cada centro de trabajo y dar cumplimiento a las tareas en cada uno de ellos.

Para cumplir con lo anterior se ha dividido esta tarea en dos etapas.

- a. Primero: Se definieron seis familias donde es posible agrupar los equipos del proceso, y donde se entrega una definición y descripción del principio de funcionamiento de cada uno de ellos. Además, se entrega una clasificación desagregada de estos equipos según las posibles operaciones que pueden realizar ellos.
  
- b. Segundo: En una segunda etapa se combinan los equipos de las familias anteriores de acuerdo a los centros de trabajo según el área dentro del proceso que corresponda. Y se entregan rangos para estos, a fin de que puedan ser usados como una primera aproximación de valores para la simulación.

La generación de la metodología fue en base a visitas realizadas a las plantas, conversaciones con distribuidores de maquinarias (Solecia y Esterer EWD) y profesores guías.

### **3.- DEFINICIÓN DE LAS FAMILIAS DE EQUIPOS.**

De acuerdo a las tareas que se deben cumplir en los centros de trabajo insertos en el proceso fue posible realizar una división de los equipos en seis familias. Estas son las que se presentan a continuación.

- a. Equipos de Recolección de Información
- b. Equipos de Transporte
- c. Equipos de Corte
- d. Equipos de Clasificación y Apilado de Madera Aserrada
- e. Equipos para tratamientos
- f. Equipos Complementarios

Los equipos de aserrío están compuestos por mecanismos que permiten realizar el funcionamiento de las máquinas, estos se representan a continuación:

- a. Mecanismo motor: Es el que alimenta a la máquina de energía mecánica para su operación, esta energía es generada por un motor eléctrico independiente, para cada máquina en particular.**
- b. Mecanismo de transmisión: Son aquellos que transmiten la energía y el movimiento desde el motor hasta el sistema operativo de la máquina. Para lograrlo se utilizan diferentes elementos, siendo los más comunes las correas en sus diferentes tipos, los engranajes, las cadenas y piñones. Generalmente, la**

**transmisión del movimiento desde el motor al eje de la sierra se hace mediante correas. En cambio, para lograr mover los rodillos de avance de una máquina, se usan piñones y cadenas obteniéndose el movimiento desde un reductor de velocidad.**

*c. Mecanismo de ejecución: Es una combinación de elementos de trabajo que realizan movimientos de carros, posicionamiento de sierras, etc. Y además entran en contacto directo con la madera(sierra), realizando el proceso de corte.*

Los mecanismos de ejecución son los encargados de realizar la respuesta física a la decisión tomada, los tipos y las características de estos se pueden resumir a continuación.

Tabla N° 7.1: Comparación entre mecanismos Actuadores

Tipo de Actuadores	Ventajas	Limitaciones
Motores Eléctricos	Confiables Muy poca Mantención Limpios (no hay fugas de aceite) Red de distribución de energía simple. Gran rango de velocidad Variación de Velocidad posible	Solo movimiento de rotación, que requiere de una transmisión de potencia para transformarlo en movimiento lineal. El motor en si mismo no entrega bajas velocidades
Motores Hidráulicos	Variación de velocidad con comando manual simple. Compactos, velocidades bajas y torque importante sin requerir de los grandes reductores mecánicos de los motores eléctricos.	Mantención importante (filtros, aceite) Comando automático complejo.
Cilindros Neumáticos	Bajo costo Mantención simple Red de energía limpia y segura.	Potencia limitada Control de posición imposible Regulación de velocidad muy aproximativa
Cilindros Hidráulicos	Buena Potencia en el desplazamiento Buen control del movimiento y velocidad Excelente variación de la velocidad	Carreras limitadas Circuito hidráulico muy sensible Alto precio

Cada uno de estos actuadores es posible encontrarlos en el proceso, dentro de las máquinas para el movimiento de guías para realizar el corte, o para poder mover las cadenas o sistemas de transporte dentro de la planta. Cada una de estas familias esta compuesta por una serie de equipos que son los que se describen a continuación.

#### **4.- EQUIPOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Los equipos de recolección de Información, permiten tomar información del mundo real y poder transformar esta en señales de tipo digitales las cuales son comparadas en la lógica descrita en el capítulo anterior a fin de poder tomar una decisión frente a la transformación que debe realizarse a la madera, o simplemente para conocer la presencia de esta en el sistema. En términos mas generales estos equipos pueden definirse como estaciones de medición que se encuentran presentes en toda la línea de aserrado.

Dos tipos generales de estaciones de medición y de lo cual ya se ha mencionado algo son las que se describen a continuación

- a. Primero: Personas que realizan la medición visual o detección de una pieza en el sistema, por ejemplo en clasificación entregando un grado a la madera, según las calidades que el entrenamiento u otra técnica de aprendizaje le permiten tomar decisiones.
- b. Segundo: Sistemas automáticos que toman decisiones en distintos escenarios, tomando la información del sistema y comparando esta con alguna lógica que permita tomar decisiones que optimicen el proceso.

Estos dos tipos de “equipos” permiten tomar las llamadas “Decisiones Optimizadas” para mejorar el flujo del proceso, el rendimiento de la materia prima y en términos globales el desempeño de la planta.

Este capítulo se centrara en el segundo grupo de equipos, y se debe mencionar que los operadores cada día van siendo reemplazados por sistemas automáticos, las tecnologías de escáner son más efectivas para ciertas aplicaciones que los operadores. Por su parte los operadores frente a la toma de decisión están sujetos a cambios de ánimo, lo que hace que su rendimiento vaya disminuyendo a lo largo del turno, esta ha sido una causa por la cual fue necesario crear tecnología que permitiese aumentar el rendimiento de la materia prima e implementarla en los aserraderos.

De ahora en adelante se hace referencia entonces a los sistemas automáticos de recolección de información , estos se pueden agrupar en dos grandes tipos, aquellos que son capaces de detectar la presencia de una pieza y realizar alguna medición en ella (sensores), y aquellos que son capaces de generar imágenes de las piezas que circulan entre centros de trabajo (escáner) . Para los escáner podemos hablar de dos tipos de configuraciones, las que corresponden a la dirección en la cual se realiza la medición o detección de la pieza, tomando como referencia el desplazamiento de la madera, estas configuraciones son:

- a. Longitudinal: En este tipo de medición la pieza que es medida se desplaza en el sentido del largo de ella a través de la estación de medición.
- b. Transversal: En esta configuración la madera se desplaza lateralmente en relación a la estación de medición, este tipo de medición es usual encontrarlo en las estaciones de canteado de piezas, semibasas. Este tipo supone equipos de gran dimensión, lo que se compensa con la rapidez a la cual se realiza la medición, a diferencia de la medición longitudinal.



En la siguiente figura se puede ver cuales son los sensores mas usados en la industria del aserrío, y que participan en el proceso de toma de decisiones.

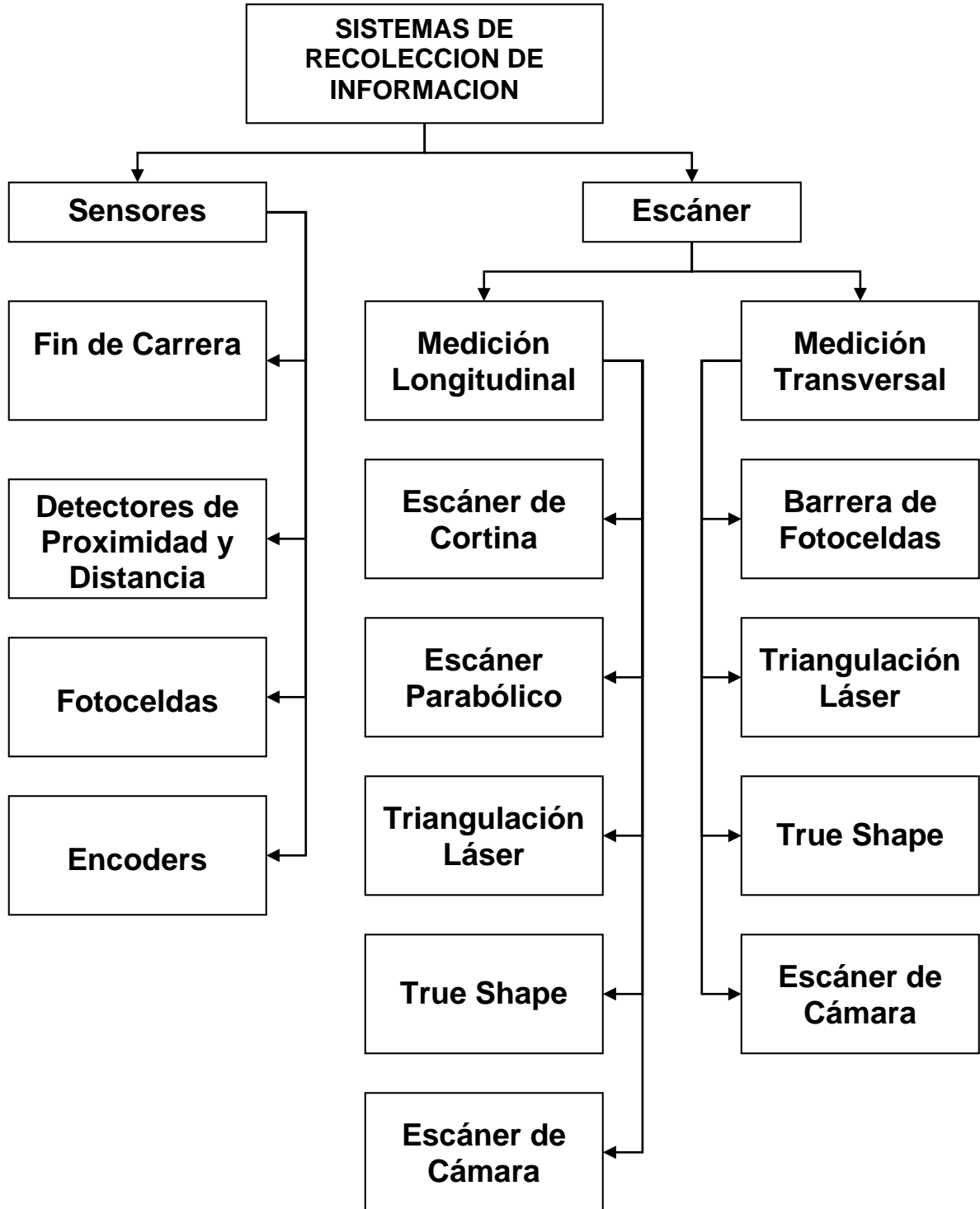


Figura N° 7.1: Clasificación de los Equipos de Recolección de Información según tipo de información recolectada y dirección en la cual realiza la medición.

Los sistemas de visión que existen en el mercado han sido generados para satisfacer necesidades de ciertas especies de madera, por lo cual a la hora de adquirir cualquier tipo se debe tomar en cuenta que es lo que se quiere medir, es decir, las características de la materia prima y por supuesto de las capacidades del equipo de medición.

A continuación se definirán los usos en los aserraderos y aplicaciones comunes de estos.

#### **4.1.- Sensores**

Los sensores son aparatos que permiten transformar una información de naturaleza física en informaciones generalmente de corriente. Estos son usados en los sistemas de control y algunas de las informaciones que pueden obtener del sistema son:

- a. Detectar presencia de una pieza de madera, o de un elemento de máquina.
- b. Medir la posición de un móvil
- c. Medir la dimensión de una pieza
- d. Medir presión (hidráulica o neumática)

Toda esta información puede obtenerse como información Analógica, Digital simple o Digital Múltiple. Algunas características necesarias de estos equipos a la hora de seleccionarlos son:

- a. Campo de vista
- b. Rango de operación
- c. Exactitud y resolución
- d. Velocidad (operación en tiempo real)
- e. Requerimientos computacionales
- f. Potencia, peso y tamaño

El avance de la tecnología ha permitido que los sistemas computacionales puedan transformar la información analógica en información digital simple, lo cual facilita la toma de decisiones. Los que se presentan a continuación corresponde a los sensores usados en las plantas

#### 4.1.1.- Fin de Carrera

Este puede ser definido como un contador eléctrico el cual al accionarlo cambia de estado, entrega información de tipo digital simple y es generalmente usado para detectar la posición de un móvil, su nombre esta relacionado con su función principal; detectar que un móvil llego al final de su carrera. Entre sus ventajas y limitaciones están:

Tabla 7.2: Ventajas y Limitaciones de l Sensor Fin de Carrera

Ventajas	Limitaciones
Bajo Costo	Necesita contacto directo con la pieza
Multiplicidad de Modelos	No adaptado en caso de desplazamiento de pieza a gran velocidad o con gran frecuencia

Una aplicación usual de este tipo de sensor se encuentra en los carros de sierras huinchas, permitiendo detectar cuando el carro llega a su posición final, carrera, evitando que este choque con el tope mecánico.

#### 4.1.2.- Detector de Proximidad y Medidores de Distancia

Estos sistemas reemplazan cada vez más al fin de carrera, ya que no tienen contacto con las piezas, lo cual supone menor incursión gastos de mantención o reposición. El principio de funcionamiento consiste en la generación de un campo magnético puntual de baja potencia, el cual al ser perturbado es capaz de realizar la toma de esta información.



Figura N° 7.2: Detector de Proximidad

Como detector de proximidad permite detectar la presencia de una pieza dentro de un rango, entregando una información digital simple. Cuando es usado como medidor de distancia, la información analógica es asociada a la distancia en la cual el campo fue perturbado. Algunas de las ventajas y limitaciones de estas son:

Tabla N° 7.3: Ventaja y Limitaciones del detector de Proximidad

Ventaja	Limitaciones
Confiable y Sin contacto	Tamaño reducido
Precisión a la medición de distancia	Rango de medición limitado (centímetros)
Insensible al polvo y a lo que no es metálico	Funciona solo con piezas metálicas
	Requiere de alimentación eléctrica

Este tipo de sensor solo es capaz de detectar piezas metálicas, elementos de máquina.

#### 4.1.4.- Fococelda

La fotocelda es un sensor sin contacto que sirve para detectar la presencia de una pieza de cualquier composición, se usa para automatizar el transporte de la madera, existen varias configuraciones según el rango de medición o la precisión que se quiera obtener. Esta compuesta por un emisor y un receptor,



Figura N° 7.3: Sensor Fococelda

El principio de funcionamiento consiste en cambiar el estado de un interceptor eléctrico de abierto a cerrado o al revés, cuando se interrumpe el haz de luz que es emitido desde el emisor hacia el receptor. Se puede encontrar presente como un componente básico de los sistemas de escáner. Algunas ventajas y limitaciones de estos equipos se presentan a continuación.

Tabla N° 7.4: Ventajas y Limitaciones del Sensor Fococelda

Ventajas	Limitaciones
No hay contacto con la pieza	Sensibles al polvo, condensación de luz y a la luz de sol directa
Bien adaptado a la detección de madera en las mecanizaciones de transporte, fácil de esconder y proteger	Requiere ajustes y limpieza frecuentes
Larga duración	Requiere una alimentación eléctrica

#### 4.1.5.- Encoder

Este tipo de sensores miden el desplazamiento en rotación de una pieza. Son usados para controlar la posición de las escuadras de un carro y para medir el desplazamiento longitudinal de una cadena. Los encoders tienen por construcción una resolución, es decir, una capacidad de diferenciar ángulos, por ejemplo un encoder de 500 puntos es capaz de diferenciar 500 sectores en 360°.

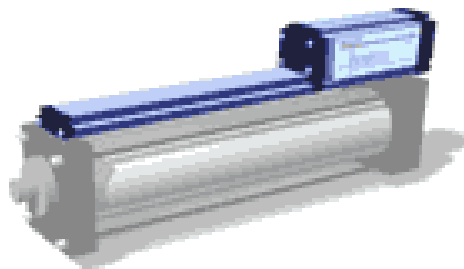


Figura N° 7.4: Transductor Rotacional o Encoder

Si un encoder es instalado sobre el eje motor de una cadena, permite contar el número de revoluciones del eje. Combinando esto con el diámetro del piñón se deduce el recorrido de la cadena, combinado con una base de tiempo, permite calcular la velocidad efectiva de la cadena. En el Anexo N° 13 se encuentran algunos de estos equipos.

## **4.2.- Escáner**

Estos corresponden a la segunda tecnología de medición en aserraderos, son capaces de entregar información acerca de la forma de la madera, permiten conocer por ejemplo la forma de los trozos, la curvatura, diámetros. Su funcionamiento está basado en la emisión de haz de luz o de láser, con sistemas de emisión y recepción.

El tipo de medición puede realizarse por contacto, ultrasonido y sistemas ópticos. El primero de ellos es de muy baja precisión y cada día su uso es menor en las plantas. La medición por ultrasonido es demasiado sensible al ambiente lo que ocasiona que la medición que entrega es poco precisa. El último grupo de sistemas son los que realizan medición óptica y que se trata a continuación.

### **4.2.1- Ópticos**

Este tipo de tecnología está asociada al desarrollo de sistemas que sean capaces de captar y transformar una información de luz en información de señal eléctrica que un computador pueda manejar. Este tipo de tecnología se encuentra basada en uno de los siguientes principios:

- a. La madera corta la luz entre un emisor y un receptor
- b. El receptor mide la luz que se refleja en la madera.

En la siguiente figura la combinación de tecnología láser, rayos X en la medición de una pieza y detección de defectos en ella.

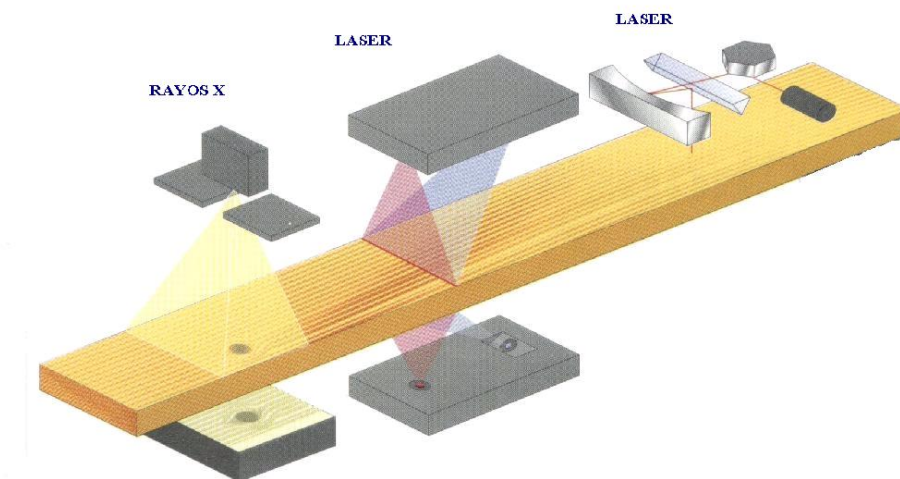


Figura N° 7.5: Aplicación de Rayos X para detección de defectos, Rayos láser para medición de pieza de madera.

A continuación explicaremos las tecnologías usadas y sus principios de operación.

#### 4.2.1.1.- Cámaras de Video

Este sistema está basado en la emisión de una fuente de luz, se encuentra compuesto por un lente óptico que concentra los rayos y una cámara lineal blanco y negro. El principio está basado respecto del número de píxeles apagados. Es usado en la medición de diámetro de trozos.

#### 4.2.1.2.- Escáner de Cortina

Este sistema está basado al igual que en las cámaras en la emisión de un haz de luz, formados por una serie de fotoceldas, las cuales al ser interrumpidas entregan información de las dimensiones de las piezas. Existen configuraciones en las cuales la recepción de la luz es cruzada, cada emisor ilumina varias fotoceldas.



Figura N° 7.6: Escáner de Cortina

Las capacidades de estos equipos están basados en la posibilidad que tiene el receptor de diferenciar de que emisor viene la señal.

Otro aspecto a considerar en estos equipos es el número de ejes, estos pueden ser de 1 o 2 ejes, diferenciándose en el número de par de barreras. La desventaja de este tipo de escáner reside en la baja densidad de puntos que entrega. El escáner de dos ejes es incapaz de hacer la diferencia entre un trozo elíptico y una basa rectangular. Estos problemas trataron superarse usando escáner de cortina de tres ejes, sin embargo el costo de estos equipo era demasiado alto y fue reemplazado por el escáner de “Forma Real”.

#### **4.2.1.3.- Parabólico**

Este sistema se compone de una fuente de luz láser que ilumina un espejo parabólico vía un espejo giratorio, creando una serie de rayos de luz paralelos. Una cámara ubicada de cada lado detecta la zona en la cual el láser se refleja sobre el material y permite así detectar los puntos marcados, este sistema es desarrollado para la medición de tablas. Para la medición de trozos esto es un poco más diferente, las cámaras miden la luz que no está interrumpida por el trozo.



Este sistema es capaz de lograr el mismo tipo de medición que un escáner de cortina de un eje, pero tiene la ventaja de instalarse solamente de un lado del trozo, simplificando así su instalación sobre una máquina de corte. Este sistema se utiliza para medir tablas con canto muerto o las trozas antes de la primera máquina.

#### 4.2.1.4.- Barrera Fococeldas

Este sistema es similar a los escáner de cortina, pero la medición que realiza es transversal, en este tipo de equipo la densidad de puntos por sección se define por el número de lecturas por segundo. La densidad de secciones sobre el largo se define por el número de celdas instaladas sobre el largo.



Figura N° 7.7: Escáner de cortina para medición transversal, o barrera de fotoceldas

En este tipo de aplicaciones, se hace necesario la instalación de un encoder que mide el desplazamiento de las piezas. El sistema computacional compara esta información con el tiempo de ocultación de cada celda para conocer el perfil de la sombra de la pieza. Es conveniente notar que la información de la sombra debe estar combinada idealmente con la altura en el caso de la semibasa. En el caso contrario no se puede estimar la zona de canto vivo de la semibasa.

#### **4.2.1.5.- Triangulación Láser**

Basado en el uso de láser, existen varias configuraciones, puntual, lineales e incluso superficiales, pero todos funcionan bajo el principio de triangulación. Hasta el momento, con el sistema tradicional, se mide la interrupción del rayo de luz entre un emisor y un receptor, sin poder determinar la distancia del objeto que interrumpe.

Este sistema permite determinar distancias entre el emisor y el objeto. Es decir, entrega una información más completa que solamente determinar una presencia.

El funcionamiento es una fuente emisora de luz que se refleja en un objeto, el rayo es recibido por unidad receptora (cámara lineal).

#### **4.2.1.6.- True Shape**

El escáner True Shape permite medir con mayor exactitud, superando la medición que realizan los escáner de cortina de dos ejes. Este tipo de equipo se utiliza en la medición de trozos cuando se quiere conocer la forma completa de los trozos. Se ha dicho anteriormente que la medición de trozos es lo más complejo a medir en la planta, y por lo tanto la más cara de realizar, frente a esto el sistema True Shape es la mejor solución y como es de esperarse, es la más cara de todas.

Algunas ventajas de este equipo son:

- a. Medición longitudinal de árbol para optimización de trozado
- b. Medición longitudinal para clasificación de trozos
- c. Medición longitudinal para optimización de rotación de trozos antes del primer corte
- d. Medición de corte para optimización del corte
- e. Medición longitudinal de semibasa para optimización de corte
- f. Medición transversal de tablas con canto muerto

La alta densidad de medición permite una precisión en la elaboración del esquema de corte óptimo, en particular logrando acercarse mucho de las tolerancias de canto muerto y con un buen acierto en la realización de las escuadrías deseadas.

#### **4.2.1.7- Escáner de Cámaras**

Este tipo de equipos es usado en las mediciones de tablas con canto muerto. Configuraciones de medición longitudinal y transversal son desarrolladas en estos equipos. La medición transversal tiene la ventaja de que es posible centrar la pieza antes de realizar el corte, entonces el software tiene una posibilidad más de entregar la mejor solución. La determinación de la forma de la cara aserrada se hace por el análisis de la imagen recibida por la cámara y de los contrastes de color que permite determinar la superficie horizontal aserrada del canto. Algunos de estos equipos se presentan en el Anexo N° 14, con algunos datos técnicos entregados por distribuidores obtenidos en páginas de Internet.

### **4.3 .- Aplicaciones de los sistemas de recolección en el Proceso de Aserrado**

A continuación se presentan algunas aplicaciones de los sistemas de recolección que es usual encontrarlas en los aserraderos.

#### **4.3.1.- Barrera de Fococelda aplicada a Carro Huincha**

En esta aplicación la fotocelda se utiliza para determinar un lado del trozo, asumiendo que el otro lado está apoyado en la escuadra que tienen una posición conocida, determinada por un encoder. La densidad de puntos conocidos para un trozo, es entonces relativamente baja y el cálculo de esquemas de corte será aproximado. La ventaja de este sistema reside más en la alineación automática del trozo y la determinación del primer corte, que en la calidad del esquema global elegido.

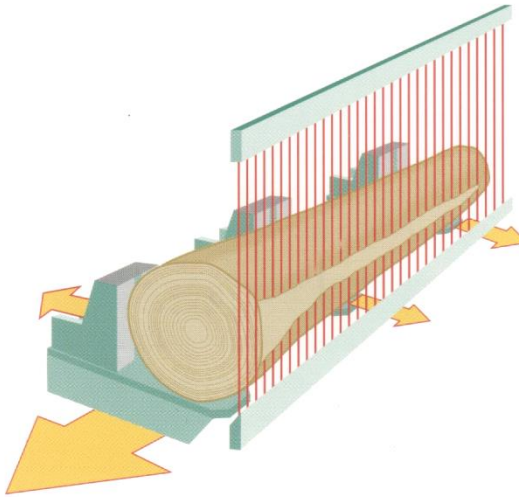


Figura N° 7.8: Barrera de Fotocelda aplicado a Carro Huincha

#### 4.3.2.- Aplicación de Triangulación Láser a Medición de Espesor

En el proceso siempre existe la necesidad de medir el espesor de un producto, los láser permiten a través de la triangulación realizar esta medición.

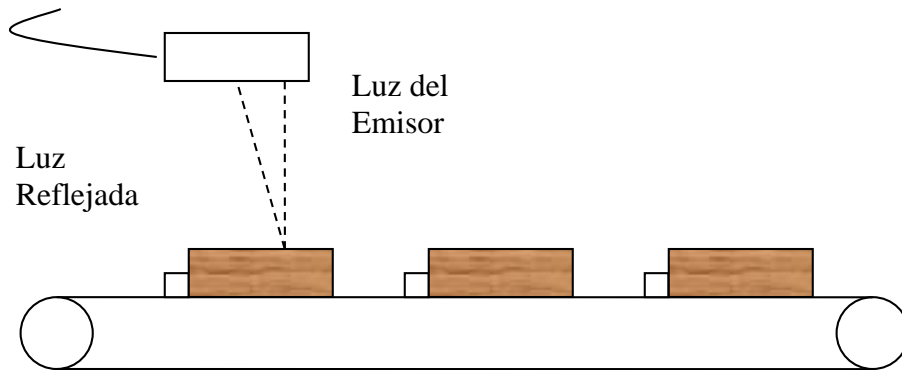


Figura N° 7.9: Aplicación de Triangulación láser para la medición de espesor.

El sistema es relativamente simple, el emisor y el receptor están integrados en una misma caja pequeña, y la luz es reflejada en la pieza y recolectada como información por el

sistema receptor. En la siguiente figura se muestra la aplicación de luz en la detección de canto muerto.

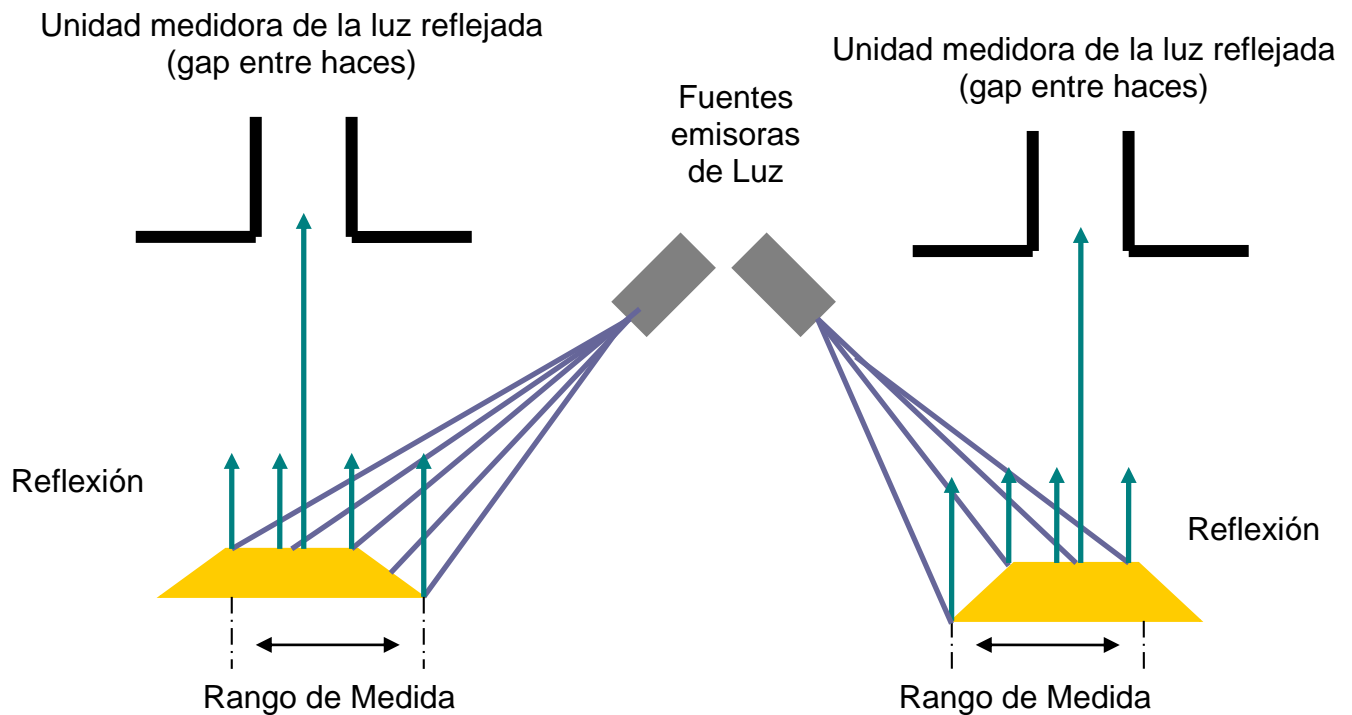


Figura N° 7.10: Aplicación de luz de láser para determinación de canto muerto.

#### 4.3.3.- Aplicación de Escáner de Cámara

En este sistema se determina la forma de las caras de una pieza que presenta canto muerto, la medición se realiza por diferencia de colores, en este sentido es importante considerar la especie con la cual se está tratando, la calidad superficial de la madera y el contenido de humedad.

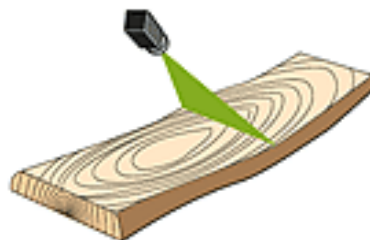


Figura N° 7.11: Aplicación de escáner de cámara

Las tecnologías de escaneo cada día son más usadas en las plantas, estas suponen mejores rendimientos a la hora de optimizar decisiones de corte. Los avances en este ámbito se dirigen ahora a poder encontrar una descripción de los defectos internos del trozo, lo cual permitirá aprovechar de mejor forma la materia prima.

## **5.- EQUIPOS DE TRANSPORTE**

Estos equipos son los encargados de transportar las piezas, ya sean trozos, semibasas, tablas o residuos a través del proceso en los distintos centros de trabajo. La tareas que ellos se pueden resumir en lo siguiente.

- a. Transportar el material entre centros de trabajo
- b. Realizar la alimentación a los equipos de corte. Esto es realizar el posicionado, centrado y rotación de los trozos.
- c. Realizar el desalojo de las piezas después de realizado el corte
- d. Cambiar la dirección de desplazamiento del material en proceso.

Al igual que en los equipos anteriores existen algunas configuraciones según el desplazamiento en la cual el material debe ser transportado. Entonces se distinguen tres tipos de configuraciones:

- a. Longitudinales: En este tipo las piezas son transportadas en forma paralela al eje de las piezas, esto es común a la entrada de los equipos de corte.
- b. Transversal: Este tipo de configuración es común encontrarlo cuando las piezas deben ser retiradas de la línea principal del aserradero para ingresar a una línea secundaria de conversión, por ejemplo el transporte desde el corte primario a la estación de canteado.
- c. Angulares: Este tipo de transporte tiene como objetivo girar el trozo de tal manera que el diámetro menor sea el que ingrese al aserradero, para realizar el corte.

Los principales Transportes que se distinguen en las configuraciones anteriores y que se encuentran presentes en el proceso son:

- a. Cintas
- b. Rodillos
- c. Cadenas
- d. Alimentadores de Paso (Step Feeder)
- e. Canales Vibratorios
- f. Posicionadores – Alimentadores – Centrales
- g. Separadores de Tablas
- h. Carros
- i. Pateadores ( Kickers)

La siguiente figura permite clasificar los transportes según la dirección en la cual se realiza la medición.

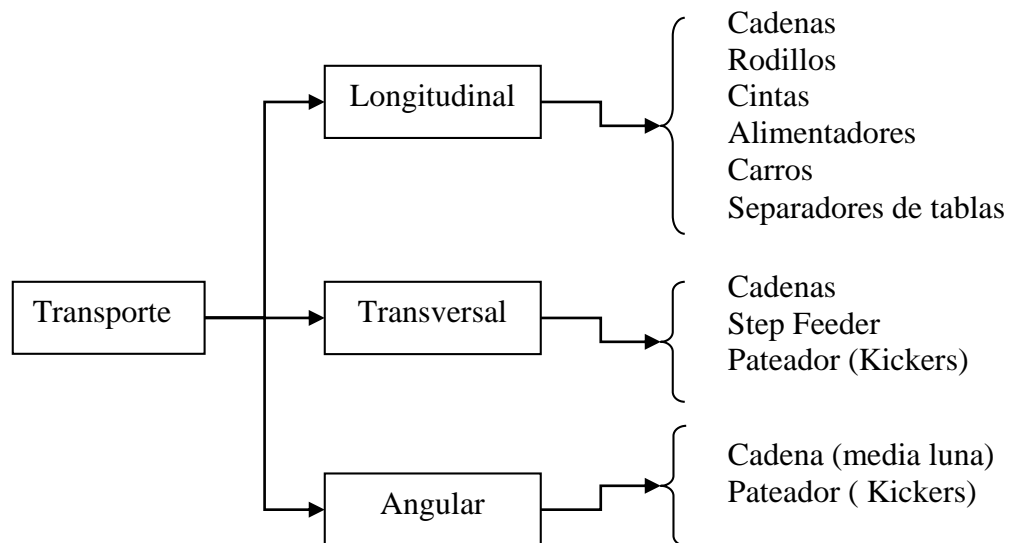


Figura N° 7.12: Clasificación de los transportes según desplazamiento del material.

Algunos de estos equipos cumplen funciones de alimentación y desalojo de las máquinas de corte. Más adelante se entrega un listado de cuales son los transportes que se usan en cada centro de trabajo, por ahora se dará una descripción de cada uno de ellos, de manera de poder comprender su funcionamiento, para luego entender donde y porque se usan.

## 5.1.- Cadenas

Las cadenas son el transporte más común en las plantas de aserradero, algunas de sus aplicaciones son la alimentación de trozos a la planta, el transporte de tablas entre máquinas y la sujeción de piezas dentro del sistema de corte. Compuestas por una serie de eslabones unidos son capaces de lograr los largos requeridos para el proceso. Cada aplicación tiene ciertas características que nos permiten diferenciarlas según la aplicación, por ejemplo existen en la industria las llamadas cadenas de patos (Duck Chain) usadas generalmente en el transporte transversal de trozos.

La forma de las cadenas esta relacionada al material que debe ser transportado. Existen otro tipo de cadenas que se usan para la alimentación a la primera máquina, una de estas es la conocida como Cadena Afilada (Sharp Chain), la cual es posible encontrarla en la línea delgada de la Planta Bucalemu de CMPC maderas.

Las variables que son importantes considerar en este tipo de transportes se pueden citar a continuación:

- a. Material que se debe trasportar
- b. Capacidad de Carga
- c. Velocidades que pueden alcanzar
- d. Forma de los eslabones

Este transporte puede ser encontrado en las tres configuraciones según el desplazamiento del material, es decir, longitudinal, transversal y angular. Las más comunes son las dos primeras configuraciones, siendo la última una aplicación particular usada para girar los trozos a la entrada del aserradero. En el Anexo N° 15 se muestra algunos tipos de cadenas usadas en las plantas para aplicaciones típicas del proceso.

## 5.2.- Rodillos

A este tipo de transporte se le puede definir como un conjunto de cilindros metálicos que se encuentran montados sobre una mesa y que permiten el desplazamiento de la madera



sobre esta. Es posible encontrarlos en las plantas entre las estaciones de trabajo, cumpliendo la función de alimentación y desalojo de las máquinas.

Algunas de las características de este transporte son:

- a. Función que cumplen (desalojo o alimentación)
- b. Capacidad de Carga
- c. Velocidad
- d. Dirección de Desplazamiento

Existen dos tipos de rodillos, unos que es posible encontrarlos en los sistemas de alimentación de las máquinas y aquellos que realizan la función de desalojo de material.

Para el primer caso, se tienen rodillos lisos, por ejemplo en las máquinas canteadoras donde no se deben generar marcas en la superficie, y existen rodillos con surcos en la superficie lo que permite entregar un mayor grado de sujeción a las piezas, estos es posible verlos en los sistemas de alimentación de máquinas de corte primario. Para la segunda aplicación (desalojo) también se encuentran rodillos lisos y con surcos (estriados), sin embargo las funciones son distintas. Los rodillos lisos permiten un desplazamiento longitudinal de la madera, y los rodillos estriados hacen que el material una vez que ha realizado un desplazamiento longitudinal alcanzado el largo del transporte, luego se desplace en forma transversal cayendo a un segundo transporte. En el Anexo N° 16 se muestran algunos de estos transportes.

### **5.3.- Cintas**

Este transporte consiste en una cinta de material sintético que se encuentra montada sobre una mesa en la cual esta gira por medio de un motor entregándole desplazamiento a la cinta. Este transporte se puede encontrar en el transporte de materiales residuos del proceso, como astillas, aserrín y en el transporte de tablas entre centros de trabajo. Algunas aplicaciones son usadas en el transporte de trozos.

Las características de este transporte son:

- a. Ancho, largo de la cinta

- b. Capacidad de Carga
- c. Velocidad transporte

En comparación con los rodillos este transporte es capaz de alcanzar grandes velocidades sin el problema que al detener el transporte las piezas sigan desplazándose, sino que al detenerse la cinta las piezas se detienen al instante, esto evita problemas por ejemplo al no ocasionar que piezas caigan del transporte. En el Anexo N° 17 se encuentran algunas figuras de este tipo de transporte.

Un problema que presenta este tipo de transporte es que al caer dos tablas sobre el transporte, una sobre otra, no permite que estas se separen, lo que requiere la necesidad de contar con un operador que separe las tablas en el caso que este problema se presente.

#### **5.4.- Alimentadores**

Estos sistemas se encargan de cumplir tres funciones específicas: Centrar la pieza Frente a la Máquina, Girar la pieza, por ejemplo en el caso de trozos para dejar la curvatura hacia arriba y Posicionar la pieza frente al equipo, para luego alimentarla.

Estos transportes se diferencian en el tipo de material que se encargan de posicionar, centrar y girar en el caso que corresponda, de esta manera podemos encontrar estos equipos para trozos, semibasas y tablas.

El posicionado de las piezas no solo es posible realizarlo con estos equipos, también se puede encontrar operadores realizando esta operación, por ejemplo, a la entrada de una Canteadora.

Entonces algunas características de estos equipos son:

- a. Velocidad de alimentación
- b. Función que cumplen (posicionar, girar, centrar)
- c. Potencia
- d. Tipo de Material

Las aplicaciones comunes son la alimentación de trozos frente a la máquina principal, sistemas de centrado para tablas a la entrada de canteadoras.

La dirección en la cual se transporta el material es longitudinal, aunque existe una aplicación en la línea de clasificación de madera aserrada, en la cual un sistema de pistones actúa sobre la madera en uno de los extremos en el sentido longitudinal de la pieza, mientras esta se mueve en sentido transversal. En este caso el sistema permite generar la Línea de Madera, que fue definida en el capítulo anterior. En el Anexo N° 18 se muestran algunos de estos equipos.

### **5.5.- Carros**

Este transporte es usado para la alimentación de las máquinas de corte, se le puede encontrar en máquinas principales. El sentido de la alimentación del transporte es longitudinal. Según nuestras referencias existen dos tipos de carros: Carro Telescópico y el Carro Convencional.

El Carro Telescópico, es capaz de tomar el trozo, girarlo y alimentarlo a la máquina. En este sistema el carro se desplaza “en el aire” sujetado por un sistema hidráulico.

El Carro Convencional, es usado para aserrío de tipo cualitativo. Este carro esta compuesto por una base donde el trozo es colocado, posee además una serie de torres que son las cuales permiten sujetar el trozo por medio de unos ganchos y compuesto por un sistema de “armas” que giran el trozo hasta lograr la mejor posición para alimentarlo a la máquina. Una vez que el trozo es colocado sobre el carro, el operador interactúa en este transporte para seleccionar la forma de alimentación del trozo o semibasas a las máquinas.

Las características de estos transportes son:

- a. Velocidad de alimentación
- b. Restricciones de geometría de las piezas
- c. Cantidad de Piezas por minuto
- d. Potencia

En el Anexo N° 19 se encuentran algunos de estos transportes, con sus datos técnicos.

#### **5.4.- Separadores de Tablas**

Los separadores de tabla como lo dice su nombre están encargados de separar las tablas que son obtenidas luego de realizado el corte. Este transporte solo se encuentra cuando en el primer o segundo operación de corte se produce una pieza central la cual es necesario separarla de las piezas laterales obtenidas.

El sistema esta compuesto generalmente por rodillos superiores los cuales según el ancho del trozo o semibasa que haya sido procesado y según el espesor de las piezas laterales que se deben separar, realizan la separación de las tablas. Algunos de estos equipos poseen unas cadenas sobre las cuales las piezas van montadas, y según el espesor de la pieza central, estas cadenas se posicionan para sujetar la pieza central mientras las laterales caen a otro transporte. En el Anexo N° 20 se encuentran algunos de estos transportes.

Algunas características de estos son:

- a. Largo, altura, Ancho Min/max de las piezas
- b. Apertura máxima entre rodillos de salida
- c. Ancho del centro de la Cadena
- d. Potencia Motor Cadena Central
- e. Potencia Motor vertical de salida

Este transporte es de tipo longitudinal y se debe hacer notar que esta operación también pueden realizarla operadores, ubicados después de las máquinas donde se realiza el corte.

#### **5.5.- Alimentadores de Paso (Step Feeder)**

Los alimentadores de paso o mas conocidos como Step Feeder, son equipos que se encuentran en la mayoría de los aserraderos desempeñando funciones de alimentación a la planta en el área del aserradero o en el área de preparación de materia prima alimentando la línea de descortezado.

En este tipo de transporte la alimentación es en el sentido transversal y es usado para la alimentación de trozos. Este equipo esta formado por una serie de niveles en los cuales los trozos son colocados, cada nivel posee movimiento independiente y su funcionamiento consiste en subir un nivel para alimentar el trozo, luego este baja hasta su posición inicial para ser cargado con otro trozo y repetir el ciclo.

Las variables que se manejan en este equipo son:

- a. Número de Niveles
- b. Número de Trozos por minuto que es capaz de alimentar
- c. Diámetro y Largo de los trozos que se pueden manejar
- d. Inclinación del equipo
- e. Distancia entre niveles
- f. Máxima distancia que puede elevarse un nivel

En el Anexo N° 21 se encuentran algunos de estos equipos. Este sistema puede ser reemplazado por algún tipo de cadenas, generalmente cadenas de patos.

## **5.6.- Pateadores**

Los pateadores son sistemas que permiten cambiar la dirección de las piezas en el proceso, se les encuentra usualmente como parte complementaria de sistemas de cadenas o a las salidas de las máquinas de corte para colocar la cara limpia sobre el transporte siguiente que lleva la pieza a otra máquina. Este tipo de transporte es posible encontrarlo bajo la configuración transversal y angular. Los pateadores transversales es posible encontrarlos en la línea de clasificación de trozos en el descortezado o trozado. Los que se encuentran en la configuración angular tienen como función realizar el giro del trozo a la entrada del aserradero para ingresar el diámetro menor a la planta.

Se debe hacer notar que en este trabajo no se ha considerado transportes como cargadores frontales, camiones y grúas.

## **6.- EQUIPOS DE CORTE**

Los equipos de corte son los encargados de realizar la transformación mecánica de la madera en cada uno de los centros de trabajo que se han nombrado, es decir, cambiar la forma o al menos realizar alguna operación sobre el material que cambie la condición de entrada del material al equipo con la condición de salida de este.

Estos equipos llevan a cabo las decisiones tomadas por los operadores o por los sistemas de recolección de información al tomar la mejor decisión para el posicionado de la madera o de la máquina. Los equipos de corte que se pueden encontrar en la industria son:

- a. Descortezadores
- b. Sierras Circulares
- c. Sierras Huinchas
- d. Sierras Alternativas
- e. Astilladores Canteadores
- f. Perfiladores
- g. Reductores de Contrafuerte
- h. Astilladores
- i. Perfiladores

Las características y funcionamiento de estas se presentan a continuación con la clasificación de los tipos que se pueden encontrar y las características de estos.

### **6.1.- Descortezadores (Debarker)**

Un descortezador es un equipo cuya función principal es la de eliminar la corteza de los trozos, ya que esta ocasiona problemas de contaminación en la planta de aserrío, además a la hora de seleccionar el mejor patrón de corte, la corteza ocasiona fallas en las medidas, ya que no contribuye con “fibra”, que se pueda obtener al final del proceso como madera aserrada. Otra razón por la cual la corteza es eliminada es que esta puede tener agentes contaminantes como piedras las que afectan el filo de las herramientas de corte en el aserradero.

En la industria existen tres tipos de descortezadores; de Anillos Mecánicos o de Rotores, de Fresas y el descortezador de Tambor. Este último es como encontrarlo en la industria de la pulpa y el papel.

El descortezador de fresas es común encontrarlo en aserraderos cuya materia prima es madera nativa, y donde la forma del trozo es poco regular. En este tipo de descortezador el trozo gira sobre un grupos de cadenas y sobre él existe un cabezal en el cual se encuentran las herramientas que realizan el descortezado.

El descortezador de rotor es el más común de encontrar en las plantas. Este descortezador esta compuesto por un sistema de alimentación de rodillos (rotores) que alimentan el trozo a la máquina donde un grupo de cuchillos se encargan de retirar la corteza. En este tipo de descortezador existen dos configuraciones de rotores que son las que se muestran en la figura siguiente.

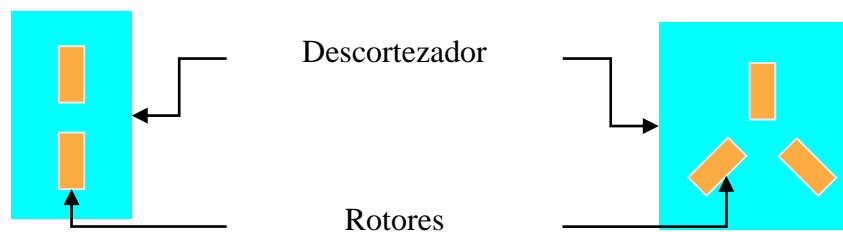


Figura N° 7.13: Configuración de Rotores para descortezadores de Anillos Mecánicos

Se puede mencionar que la configuración de rotores de la izquierda presenta un menor control de la curvatura en comparación con la configuración derecha, cuando se quieren pasar los trozos por el descortezador.

Una característica que se debe controlar en los descortezadores de anillos mecánicos es el GAP entre trozos, según representantes de máquinas, estos equipos están diseñados para trabajar de manera continua, esta diseñado para largos infinitos.

Las variables que se manejan en los descortezadores son:

- a. Tipo de descortezador
- b. Diámetros máximos y mínimos de los trozos
- c. Largos máximos y mínimos de los trozos
- d. Potencia
- e. Número de Cuchillos cuando corresponda
- f. Velocidad de alimentación
- g. Capacidad en trozos/min

En el Anexo N° 22 se encuentran algunas imágenes de estos equipos.

## **6.2.- Sierras Circulares (Circular Saws)**

Las sierras circulares son máquinas constituidas por un eje motor, sobre el cual va montado uno o más discos, los que poseen dientes en la periferia que realizan el corte en la madera. Lo usual de estas es encontrarlas, con ejes horizontales, es decir, las sierras en posición vertical. Sin embargo, existen máquinas que cumplen más de una operación, y estas presentan sierras circulares con ejes verticales.

Se debe decir que el número de sierras posible en una máquina esta sujeto a la operación que esta vaya a realizar, como se verá mas adelante.

Algunas características de estas máquinas son:

- a. Número de sierras
- b. Número de dientes por sierra
- c. RPM
- d. Velocidad de Corte
- e. Velocidad de Avance
- f. Posición de Sierras (Verticales / Horizontales)
- g. Potencia del motor
- h. Número de Ejes
- i. Kerf
- j. Factor de Operación
- k. Capacidad del equipo (piezas/min)



I. Altura, Ancho y Largo máximo y mínimo de las piezas.

Un aspecto a considerar en este tipo de equipo es que el diámetro de las sierras y la potencia de motores los cuales limitan la altura de corte. Cuando se quieren lograr mayores alturas es necesario aumentar el diámetro de estas; sin embargo esto trae como consecuencia un aumento en el canal de corte, Kerf, y una disminución en los rendimientos.

Nuevas tecnologías han permitido solucionar este problema trabajando con dos o más ejes, lo usual son dos ejes, a fin de poder trabajar a mayores alturas usando un mismo Kerf.

En cuanto al elemento cortante, disco de sierra, es posible encontrarlos montados en los ejes de manera fija o móviles. Los ejes que poseen sierras fijas, son armados por completo en los talleres de mantención donde ya se tienen ejes de reemplazo para el equipo, evitando tiempos de preparación de herramientas. Este tipo de sierras, fijas, permite pasar una mayor cantidad de piezas en la máquina, pero es muy poco flexible ya que las medidas o escuadrías que se obtengan siempre serán las mismas, lo que no permite un mejor aprovechamiento del corte. Las sierras móviles son capaces de desplazarse sobre el eje, permitiendo con esto al operador o equipo de medición de piezas (escáner o similares), decidir cortar donde se piense que se obtendrá el mayor beneficio. La mayor desventaja de estas máquinas es que al realizar el posicionamiento de las sierras el tiempo de setup aumenta, esto se ve aún mas afectado cuando el rango de medidas o escuadrías posibles es mayor, lo que trae como consecuencia una disminución en la productividad del equipo.

Otro aspecto a considerar en estas sierras, es la posición de los ejes, o la posición de las sierras. Es decir, lo más típico es encontrar sierras circulares verticales donde los ejes se encuentran en posición horizontal, es la más usada en la industria. Sin embargo, las sierras circulares horizontales con eje vertical existen y se pueden encontrar como máquinas de sierra circular o bien incorporadas a sistemas de corte, donde se realizan cortes horizontales y verticales.

Las sierras circulares es posible encontrarlas en toda la planta, desde la preparación de materia prima, aserrío de trozas y clasificación de la madera. En el Anexo N° 23 se encuentran algunos de estos tipos de sierra. Las clasificaciones para estas sierras se presentan en los siguientes esquemas.

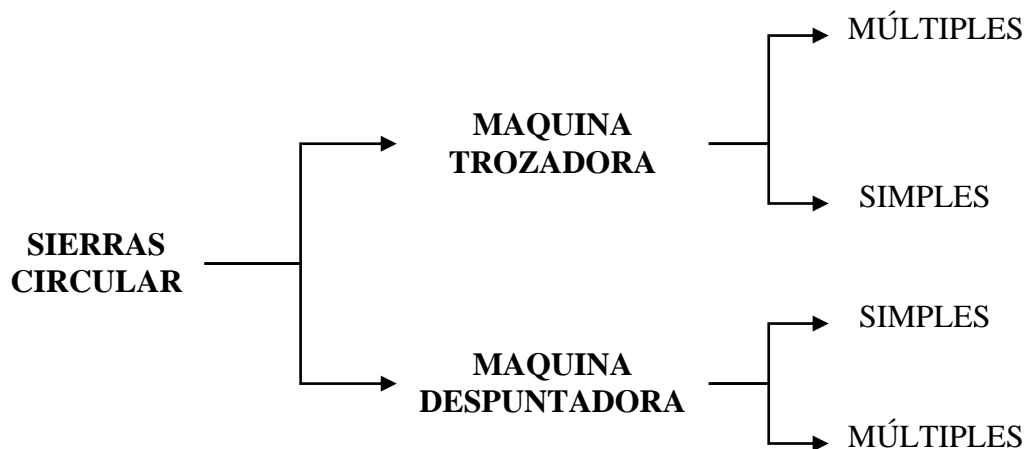


Figura N° 7.14: Clasificación de sierras circulares como máquina trozadora y despuntadora

Las sierras circulares trozadoras son usadas en las plantas cuando existe un gran espectro de largos en los trozos recepcionados y es necesario llevar estos a largos que puedan ser procesados en la planta. (Esta operación es la que se conoce como trozado). El funcionamiento puede ser una sierra que sube o baja activada por algún mecanismo hidráulico o mecánico, o bien, se pueden encontrar como una batería de sierras que es capaz de realizar varios cortes simultáneamente, obteniendo él o los largos deseados, según sea la operación.

Las sierras despuntadoras están formadas por una o más sierras, se pueden encontrar a la salida de la planta, realizando la función de despuntado. Las configuraciones de estas pueden ser sierras circulares simples sobre un eje, o bien, baterías completas de sierras, las cuales son independientes y son accionadas por brazos que hacen que ellas bajen hacia la madera para realizar el corte, ya sea despuntado, o bien, realizar los cortes necesarios en la pieza asegurando un mercado para el producto

Las sierras descritas anteriormente realizan corte transversal, de acuerdo con el movimiento de las piezas. Las figuras que se muestran a continuación corresponden a las posibilidades de máquinas que se encuentran para el corte longitudinal de trozos, semibasas,

tablas, de acuerdo además con aspectos como operación, número de sierras, número de ejes y el movimiento de sierras, ya sea fijas o móviles.

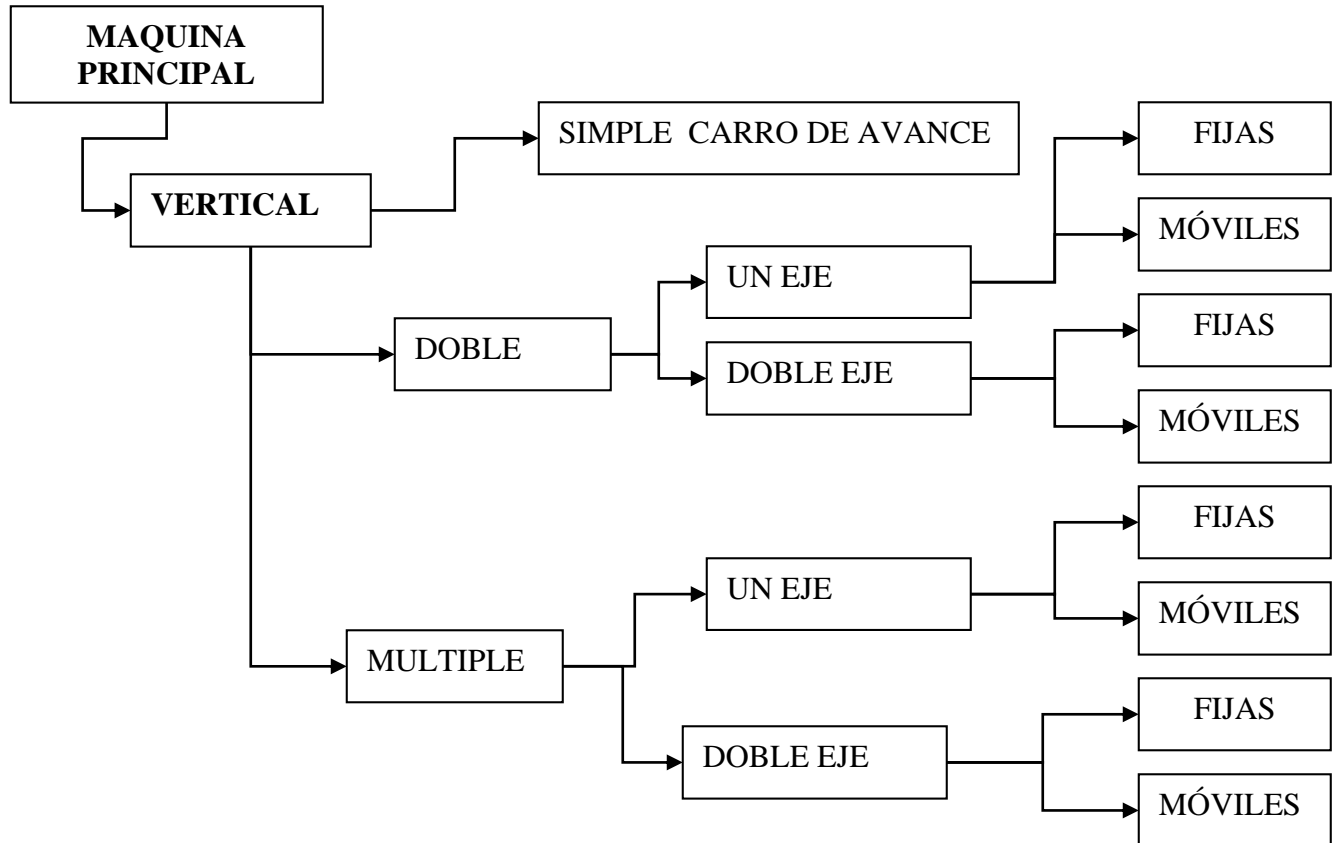


Figura N° 7.15: Clasificación de Sierra Circular como Máquina Principal

Al hablar de máquina principal consiste en aquella que realiza el primer corte en la madera.

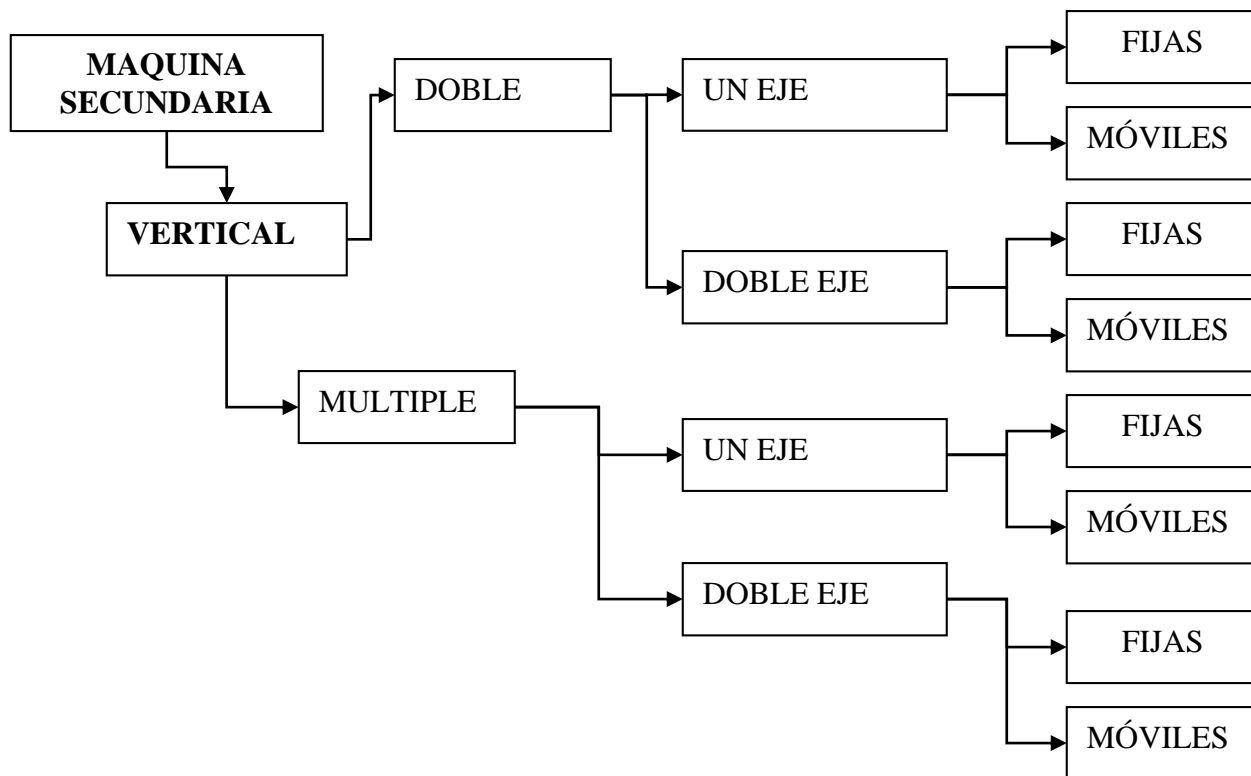


Figura N° 7.16: Clasificación de Sierra Circular Como máquina Secundaria

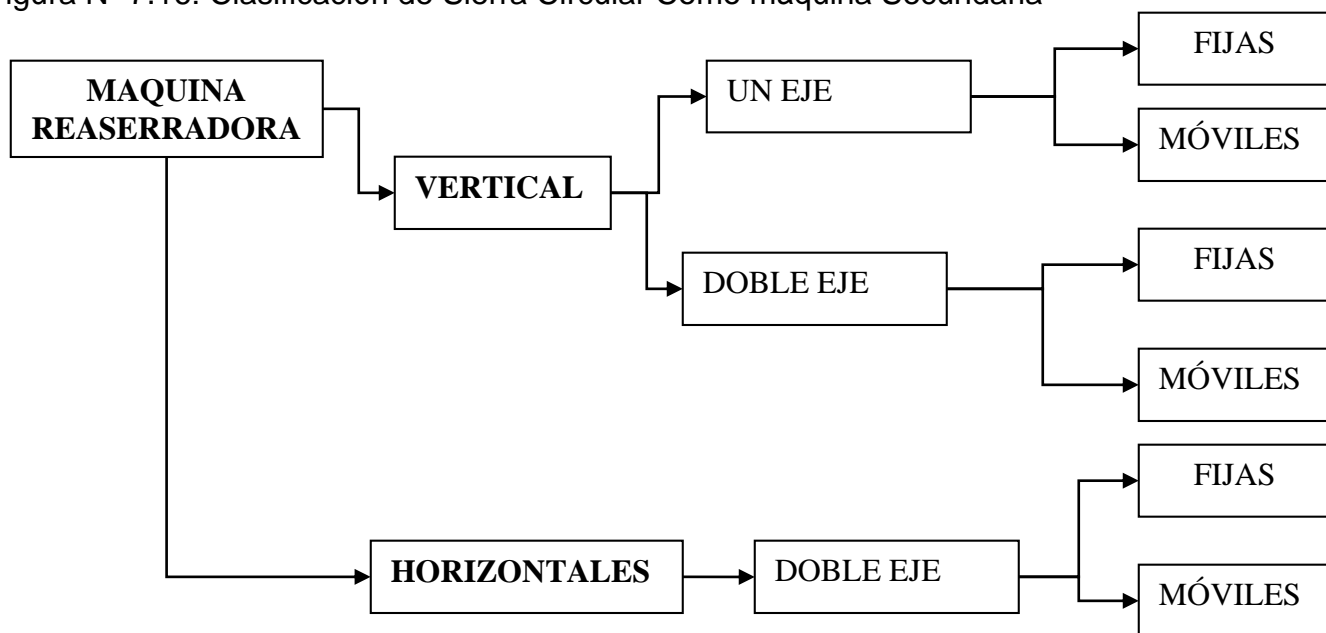


Figura N° 7.17: Clasificación de Sierra Circular como Máquina Reaserradora

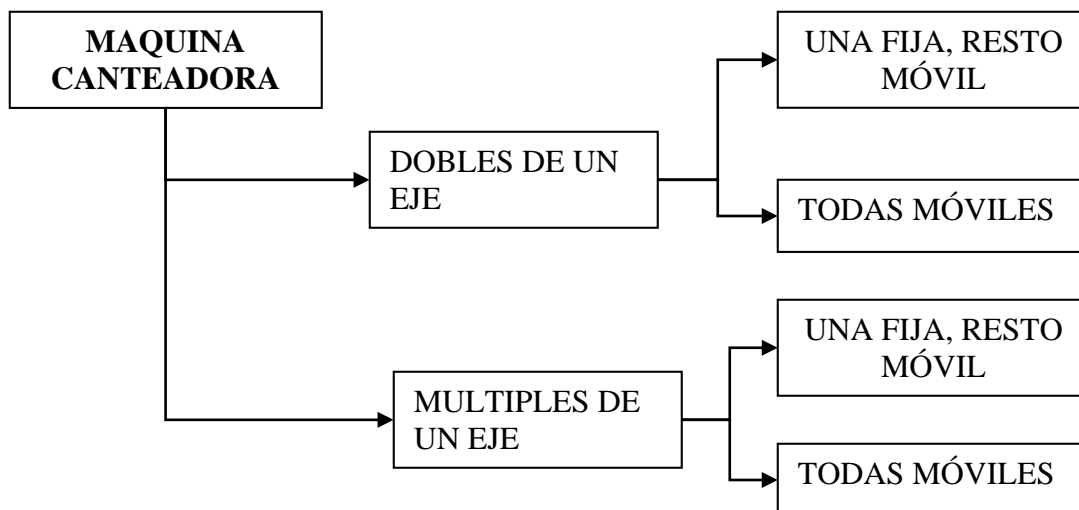


Figura N° 7.18: Clasificación de Sierra Circular Como Máquina Canteadora

A continuación se explica algunos conceptos usados en la clasificación:

- a. Según el número de sierras

Simple: nos referiremos a una sola sierra

Dobles: A dos sierras sobre el eje

Múltiples: Más de una sierra

- b. Según el número de ejes:

Simple: un solo eje sobre el cual van montadas las sierras.

Doble: dos ejes, uno superior y otro inferior.

- c. Según la Posición de sierras:

Vertical: las sierras son perpendiculares a la mesa de entrada de la máquina.

Horizontal: las sierras son paralelas a la mesa de entrada de la máquina.

- d. Según el movimiento de las sierras

Fijas: Las sierras no se mueven durante el corte de la madera, producen solo un tipo de conjunto de medidas

Móviles: las sierras se pueden mover por ayuda de guías durante el corte.

Las sierras de doble eje tienen como objetivo aumentar la altura de corte sin la necesidad de aumentar tan considerablemente el Kerf de las sierras. El principal problema de esta máquina, es que en algunos casos por problemas de mantención de las sierras los dos cortes no coinciden, resultando esto en desagradables marcas, lo que se traduce en pérdidas de rendimiento, reprocesos y menor valor de las piezas aserradas. En la siguiente figura se muestra uno de estos equipos.

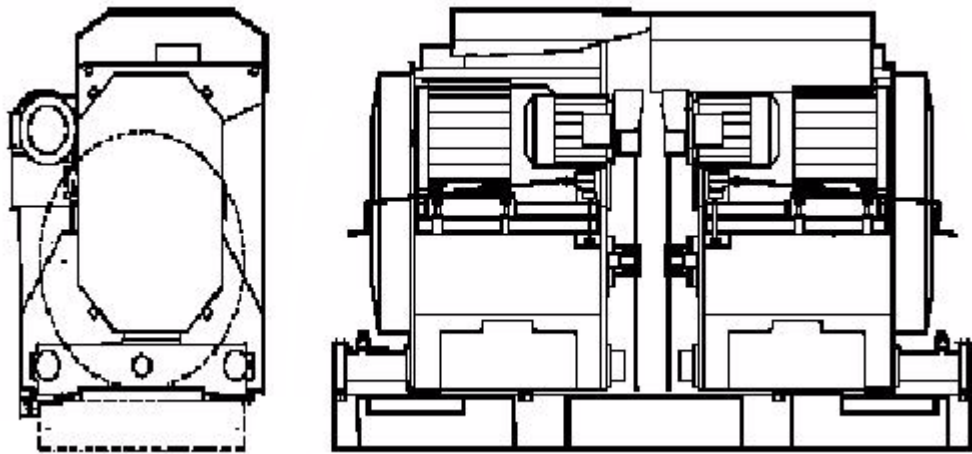


Figura N° 7.19: Sierra Circular doble, empresa ARI VISLANDA.

Este tipo de sierras son muy usadas en los aserraderos, aún considerando el kerf de estas máquinas que en la práctica varía desde 3 hasta 5 milímetros. Algunas desventajas de estas sierras son las vibraciones que produce a mayores alturas de corte, lo que conlleva a aumentar el espesor de la hoja y por ende un aumento del kerf.

La mantención de este tipo de sierras es más fácil de realizar en comparación con sierras huinchas o alternativas.

### 6.3.- Sierras Huinchas ( Band Saws)

Esta máquina consiste en una cinta o banda dentada, la cual es colocada sobre dos volantes que giran a través de correas de transmisión. La banda gira y realiza el corte en la madera, mediante un movimiento rectilíneo, dirigida a través de las guías de la máquina que limitan la altura de corte. Esta máquina posee dos guías, una superior que es móvil y una inferior fija.

Las características de estas máquinas son:

- a. Diámetro de los volantes
- b. Rpm
- c. Velocidad de Avance
- d. Velocidad de Corte
- e. Velocidad de retroceso
- f. Potencia
- g. Factor de Operación
- h. Altura, ancho y largo de las piezas.
- i. Capacidad
- j. Número de Sierras
- k. Posición de los Volantes

Este tipo de equipo se caracteriza por lograr mayores alturas de corte sin la necesidad de instalar un doble eje como en la sierra circular. Las pérdidas por kerf en este equipo son menores y la precisión de corte debido al sistema de guías permite que el corte sea realizado correctamente. Sin embargo, cuando la mantención es deficiente, se pueden producir frecuentes paralizaciones, lo que trae como consecuencia una baja de la productividad. En la siguiente figura se muestra una sierra huincha con carro de avance.

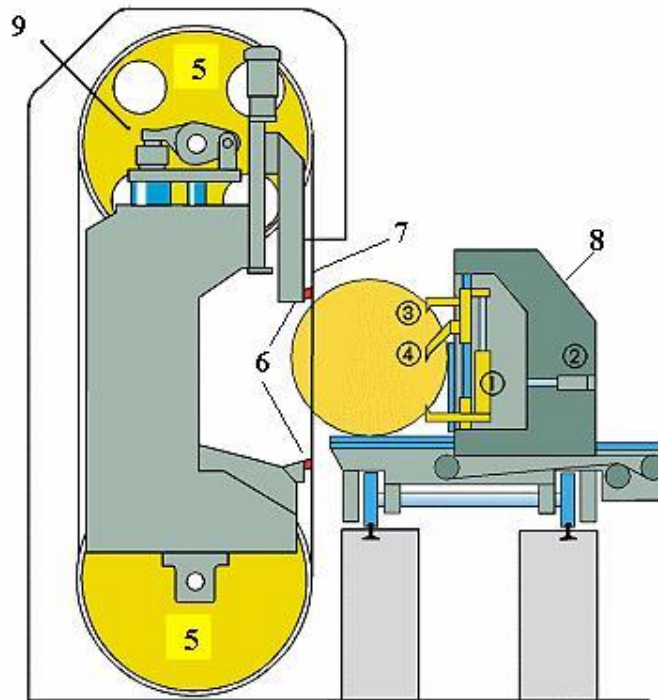


Figura N° 7.20: Sierra Huincha con Carro de Avance

- |                                  |                                     |                       |
|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 1. Pistón de Sujetadores         | 2.- Pistón de Cabezales             | 3 y 4.- Sujetadores   |
| 5.- Volantes Superior e Inferior | 6.- Guías Superior e Inferior       | 7.- Elemento de corte |
| 8.- Cabezal                      | 9.- Sistema para tensión de Montaje |                       |

Las sierras huinchas se pueden encontrar en el área de aserrío de la planta, o en las operaciones de Reaserrío. Debido a la menor pérdida de material que es producido por esta máquina, debido al kerf, ha ido reemplazando a sierras circulares. Es posible encontrarla cumpliendo las funciones de corte primario, secundario y Reaserrío. Los siguientes esquemas muestran las clasificaciones de estas máquinas.



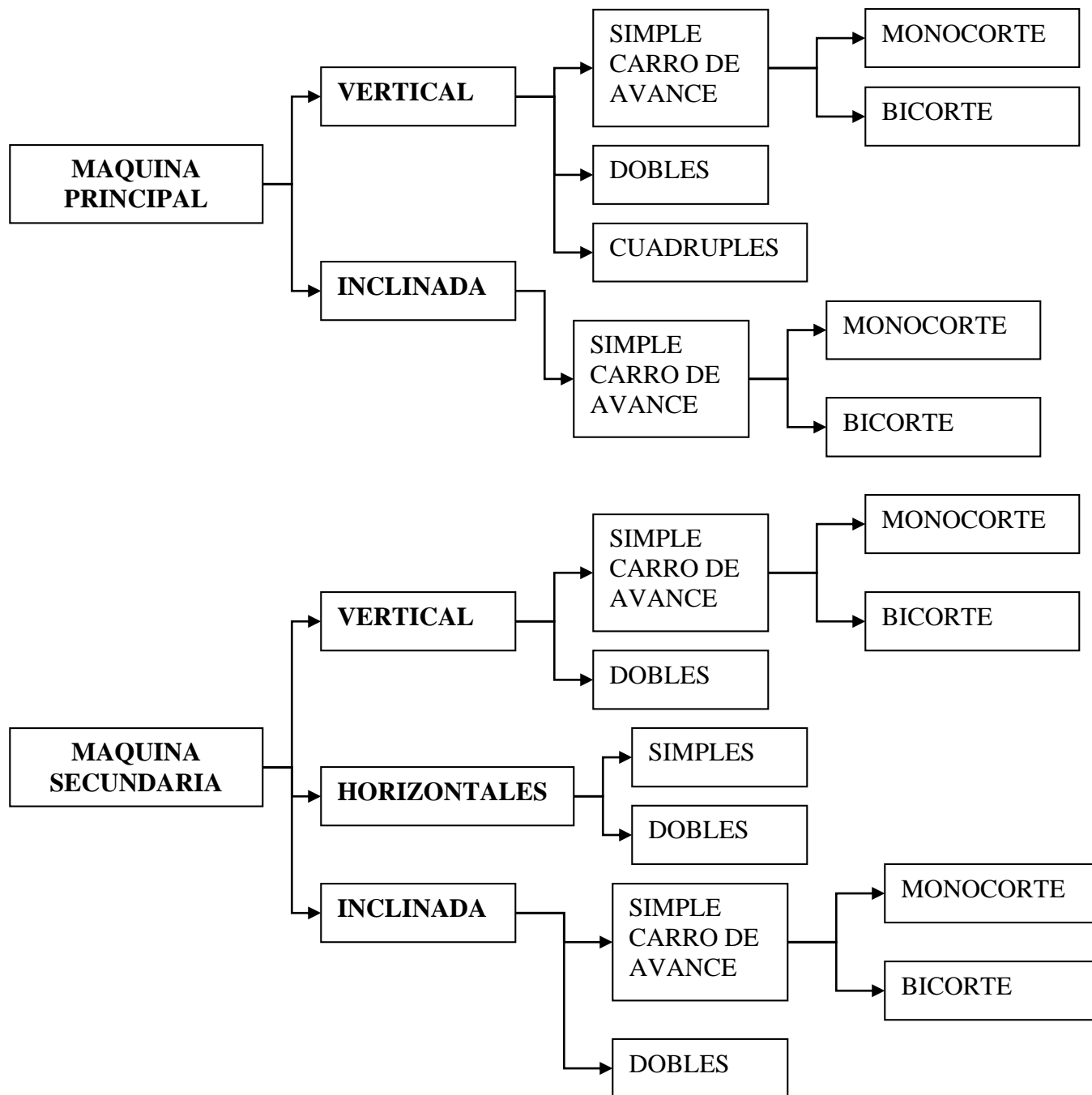


Figura Nº 7.21: Clasificación de Sierras Huinchas como Máquinas Principal y Secundaria.

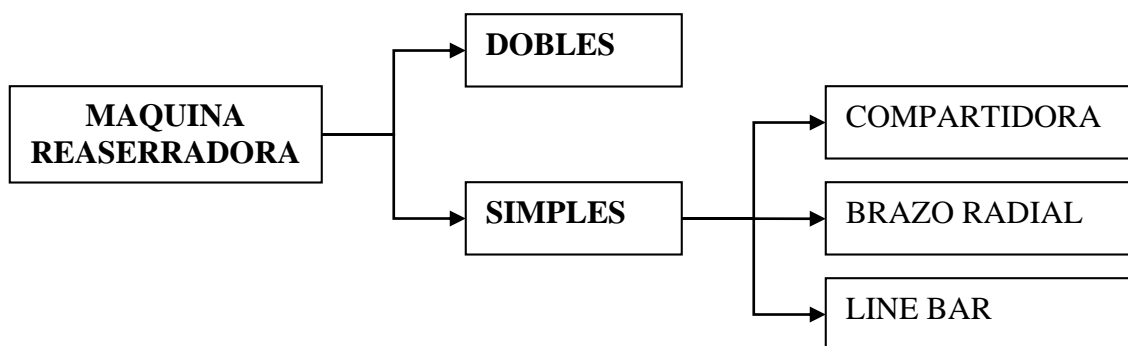


Figura N° 7.22: Clasificación de Sierras Huinchas como Máquina Reaserradora

Las clasificación de las sierras se realizo considerando la operación que estas pueden realizar (corte principal, secundario y Reaserradora) y usando los siguientes criterios:

- a. Según la posición de los volantes

Verticales: Estas son las más comunes en las plantas de aserradero, se llaman verticales ya que el eje de simetría de la máquina se encuentra en posición vertical. Este tipo de máquina requiere de grandes fundaciones para realizar su instalación, ocupan poca superficie. El volante inferior obliga a cavar un foso, o en su defecto, construir un segundo piso quedando el volante inferior en el primero.

Horizontales: Estas son las menos usadas, en este tipo el eje de simetría de la máquina se encuentra en posición horizontal y su instalación requiere mayores espacios. Se podría decir que la ventaja de esta máquina, en comparación con la sierra huincha vertical, radica en la posibilidad de pasar piezas de cantos irregulares a mayor velocidad, aprovechando una mayor superficie de apoyo dada por las caras planas de las piezas.

Existen algunas sierras huinchas que son inclinadas, en combinación con el mecanismo de avance, un caso práctico se presenta en planta Bucalemu, en la línea gruesa.

b. Según el Número de Sierras

El número de sierras esta sujeto a las operaciones que se quieran realizar, y se encuentran configuraciones desde una sierra hasta cuatro o cinco, realizando un corte simultáneo en la madera. Esto es para sierras huinchas verticales. Lo usual es encontrarla en las plantas con centros de trabajo de una, dos y cuatro sierras. Para las sierras horizontales es usual encontrarlas formadas solo por una sierra simple, aunque es posible encontrar sierras dobles.

c. Según el Movimiento de las sierras

En este ítem nos referimos a si las sierras son fijas o móviles, lo usual es encontrar que las sierras son móviles, lo que permite lograr un mayor espectro de posibles escuadrías al realizar el corte.

d. Según el número de cortes

Se debe entender esto como la capacidad de la máquina para realizar corte en avance y en retroceso, esto es mas aplicado para sierras huinchas con carro de avance, entonces se puede encontrar la clasificación de Monocorte, para un solo corte en avance y Bicorte para cuando se realice corte en retroceso. El número de cortes de la máquina también se encuentra relacionado con el número de sierras que esta posee.

Existe un tipo de configuración conocida como TANDEM, en las cuales las sierras huinchas se encuentra en línea y alcanzan un número de sierras de 2 a 18 sierras. En el Anexo N° 24 se encuentran imágenes para las sierras huinchas.

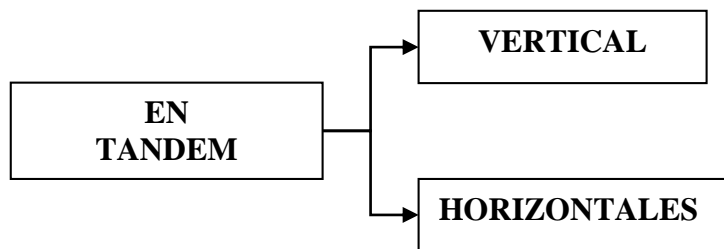


Figura N° 7.23: Clasificación de Sierras Huinchas en Tandem

Las sierras huinchas son preferidas por que producen una menor cantidad de aserrín, lo que permite aumentar el rendimiento de la madera. Otra ventaja de este equipo es la capacidad de producir maderas de dimensiones muy precisas.

#### **6.4.- Sierras Alternativas**

Las sierras alternativas o conocidas también como sierras de Bastidor, se encuentran formadas por un marco en el cual van colocadas las sierras que realizan el corte de manera vertical. Para este tipo de máquinas es recomendable usarlas cuando los trozos o piezas de madera han sido clasificados, lo que facilita el proceso.

Este tipo de máquina fueron muy usadas, pero su baja velocidad de alimentación fue una causante del abandono de ella. Sin embargo; frente a esta desventaja, la sierra alternativa es capaz de realizar varios cortes en una sola pasada, ya que las configuraciones existentes permiten colocar de una a 4 o más sierras, dependiendo del modelo. Otra ventaja de esta máquina es una alta precisión en el corte, superando a la circular y huincha.

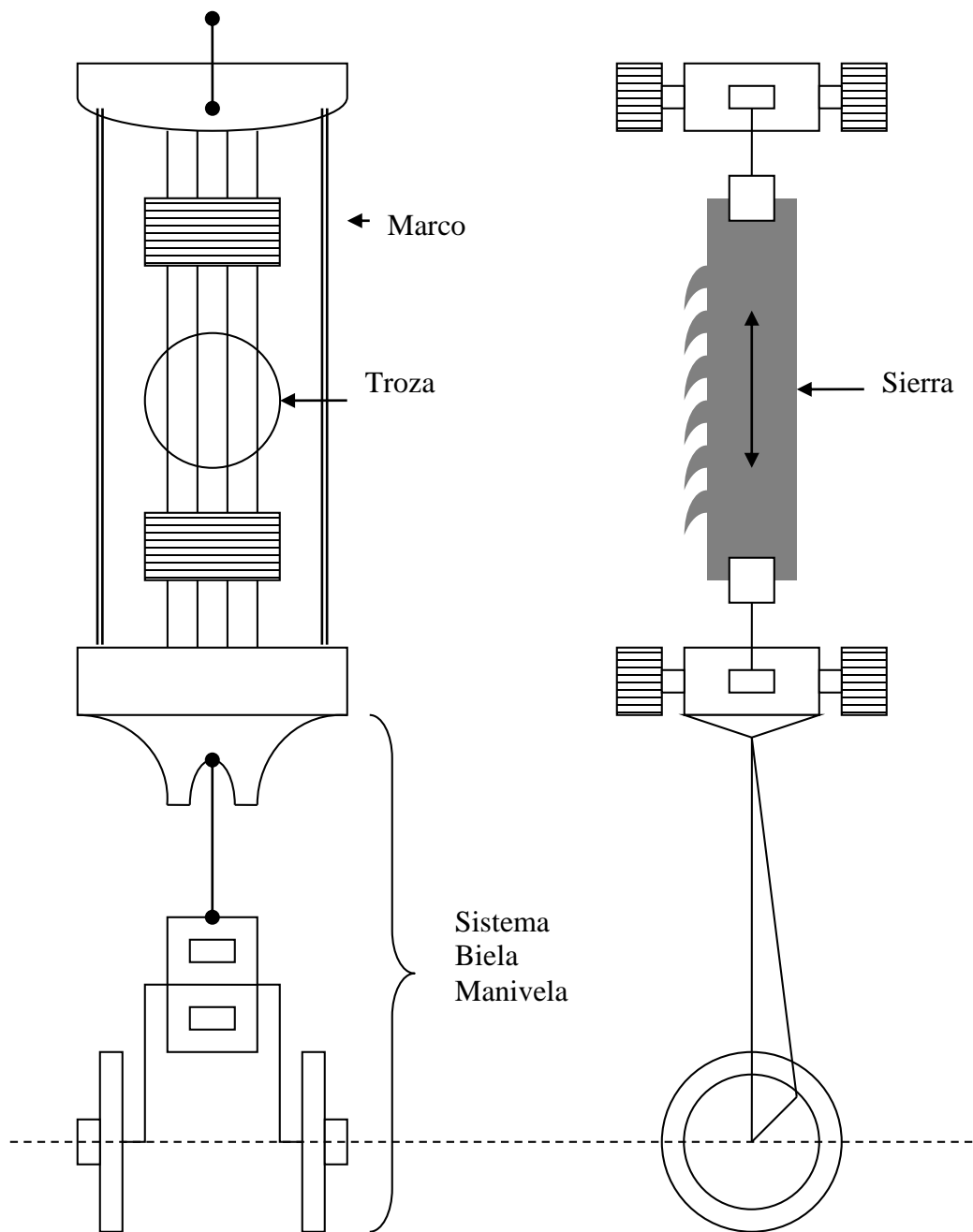


Figura N° 7.24: Sierra Alternativa

Estas máquinas pueden ser clasificadas según la posición de las sierras, en Vertical y Horizontal, siendo la primera de ellas, las más comunes. Estas máquinas son capaces de realizar las operaciones de Corte Primario y secundario.

En la configuración de sierra Vertical es posible colocar hasta 12 sierras que realizan el corte. La configuración Horizontal, es posible encontrarlas dispuestas con una o dos sierras. En el Anexo N°25 se encuentran algunas de estas máquinas.

En comparación con las sierras circulares y huinchas esta máquina es bastante compleja en su construcción.

### 6.5.- Perfiladores (Profiler)

Las máquinas perfiladoras están compuestas de cabezales similares a cepilladoras o moldureras, el objetivo de esta máquina es realizar cortes en el trozo o semibasa, tal que evite la necesidad de tener una máquina canteadora. En la siguiente figura se muestra una figura de corte obtenida luego del corte en este equipo.



Figura N° 7.25: Cortes de máquinas perfiladoras

Existe cierta reticencia al usar máquinas de este tipo en los aserraderos, esto por un costo de mantención debido al gasto en herramientas de corte en el que se debe invertir. Este tipo de máquina es posible encontrarla realizando la operación de corte primario y secundario. Sin embargo siempre debe estar acompañado de una máquina que pueda entregarle dos caras planas, usualmente estos son Astilladores Canteadores (Chipper Canter).

Estas máquinas es posible encontrarlas compuestas por dos, cuatro y ocho cabezales. En el caso de ocho cabezales usualmente cuatro de ellos se encuentran en posición vertical y el resto en posición horizontal. Algunas de las características de estas máquinas son:

- a. Velocidad de Avance
- b. Potencia
- c. Altura, Ancho y largo máximo y mínimo de las piezas
- d. N° de Cabezales
- e. Capacidad en piezas/min

En el Anexo N° 26 se encuentran algunos de estos equipos. Este tipo de máquinas es más común encontrarlas cumpliendo la función de corte secundario, ejemplo de esto es la línea de Mulchén.

#### **6.7.- Astilladores Canteadores (Chipper Canter)**

Conocidos como Discos Canteadores Astilladores, estas máquinas permiten transformar parte de la madera en astillas, generando caras planas que son tomadas como base para un posterior corte, o bien, pasan a ser cara de productos laterales obtenidos del trozo o semibasa.

Compuestos por un o dos conos truncados sobre el cual van las herramientas que realizan el corte, los chipper canter, son máquinas muy usadas en los aserraderos, su capacidad de producir astillas de buena calidad y reducir la cantidad de desechos en el proceso, considerando que la astilla obtenida debería ser tratada como chicotes en un astillador, ha hecho que esta máquina pase a formar parte importante en las plantas.

Han existido tres tipos de cabezales astilladores, el primero de ellos similar a las fresas que realizan el cepillado, un segundo cabezal donde los cuchillos eran concéntricos, y el cabezal que se conoce hoy, que es un cono truncado, donde van montados los cuchillos.

Este último presenta la mejor calidad de astilla, asegurando que esta pueda usarse en la industria de la pulpa.

Este tipo de tecnología fue generado bajo el supuesto que los trozos eran rectos, de baja conicidad, y a pesar de que esto no es la realidad, presentan buen comportamiento en el aserrado. En la siguiente figura se muestra uno de estos equipos.

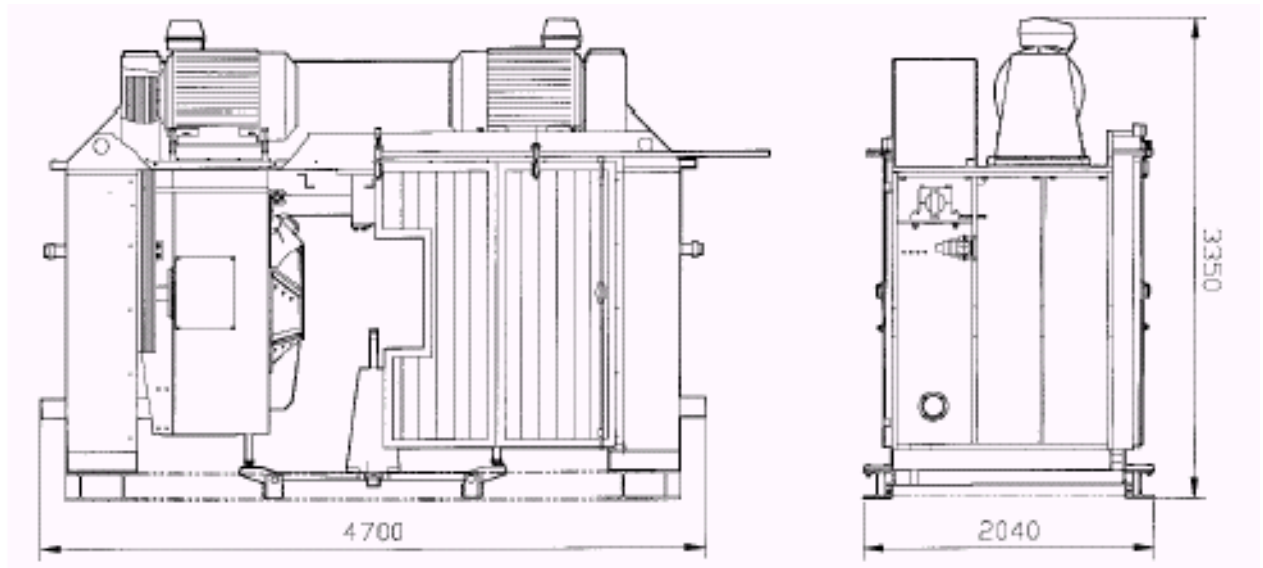


Figura N° 7.26: Chipper Canter, Empresa ARI VISLANDA

Las configuraciones posibles de este tipo de máquina son como Máquina principal y secundaria, compuestas por uno o dos Cabezales astilladores. Se debe mencionar que estas máquinas no se encuentran solas realizando las operaciones de corte, siempre es posible encontrarlas trabajando en conjunto con sierras huinchas o sierras circulares. Algunas características de estas máquinas son:

- a. Largo, Ancho y Altura máxima y mínima de las piezas
- b. Número de Discos astilladores
- c. Potencia de la máquina
- d. Rango de apertura entre discos
- e. Altura máxima desde la base del astillador
- f. Velocidad de Alimentación
- g. Característica de astillas producidas
- h. Tipo de herramientas de corte.



Las herramientas de corte se pueden encontrar en los discos astilladores son de tres tipos:

- a. Cuchillos; estos ocupan todo el largo del cono.
- b. Espiral: estos forman una especie de espiral en la superficie del cono
- c. Paso: en este tipo las herramientas están puestas sobre el cono y se encuentran separadas, en la siguiente figura se ven estos tipos de herramientas.



Figura N° 7.27: Herramientas de corte en Chipper Canter. Izquierda es Espiral, el del centro es de Paso y al lado derecho Cuchillos.

Estos equipos requieren de un sistema de rodillos laterales y superiores, cuya función es centrar y sujetar los rollizos o semibasas. Además, cuentan con un sistema de salida con rodillos laterales y superiores, los que tienen por tarea facilitar la salida del material procesado.

Aunque en una planta exista mas de un Chipper Canter en la línea principal es seguro que cada uno tiene funciones distintas, por ejemplo uno puede estar encargado de realizar el destape del trozo, esto es sacar dos de las cuatro caras de una basa paralelepípeda, es decir, sacar la cara exterior de los 2 primeros laterales. Y el segundo podría estar a cargo de la formación de la basa. En el Anexo N° 27 se encuentran algunos de estos equipos.

## 6.8.- Reductores de Contrafuerte (Butt Reducer)

Los reductores de contrafuerte constituyen uno de los equipos últimamente integrados a los aserraderos, el objetivo de estos es reducir el contrafuerte de los trozos que dificultan la operación en las etapas del proceso de aserrío.

Algunas características de este equipo son:

- a. Capacidad en trozos/min
- b. Largo máximo y mínimo de los trozos
- c. Velocidad de Operación
- d. Potencia
- e. Diámetro máximo y mínimo de los trozos

En las siguientes figuras se pueden ver dos tipos de configuraciones para los elementos de corte que realizan la reducción del contrafuerte.

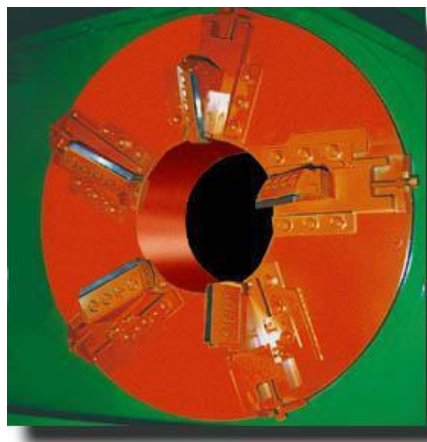


Figura N° 7.28: La figura de la izquierda corresponde a un reductor de Contrafuerte de la empresa Nicholson Debarker, la figura de la derecha corresponde a la herramienta en reductores de la empresa Bruks.

Este tipo de equipos suele ser usado a la entrada de los aserraderos, aunque también es posible encontrarlos ubicados antes del descortezado. En el Anexo N° 28 se encuentran algunos de estos equipos.

## 6.9.- Astilladores (Chipper)

Formados por un disco giratorio en cuya cara se encuentran disponibles cuchillos, los astilladores cumplen la función de transformar el material residuo de las principales operaciones de la planta en astillas de calidad pulpable. Estos residuos pueden ser lampazos, despuntes, e incluso trozos no clasificados para el aserrado y cuyo valor es mejor transformarlo en astilla. Las características de este equipo son:

- a. Diámetro Disco
- b. Número de Cuchillos
- c. Capacidad Producción Astillas
- d. Tipo material que procesa
- e. Velocidad de alimentación
- f. Velocidad de corte
- g. Potencia

Los astilladores constituyen maquinarias anexas a los aserraderos, o lo que llamamos equipos complementarios. La función de estos es transforman los residuos sólidos (despuntes, lampazos) en astillas.

Entre las ventajas de contar con este tipo de máquina se puede mencionar:

- a. Una reducción en los volúmenes de desecho.
- b. Transformación de desechos en un producto que puede ser comercializado, nos referimos a la astilla.
- c. Generación de una forma mas adecuada de trabajar un material para uso de combustible. En este sentido se puede decir que es más fácil alimentar una caldera con astillas, en comparación con lampazos o madera de canto muerto obtenida en canteado, que vienen a distintos largos, anchos, lo que dificulta el manejo de ella.

Existen dos tipos de astilladores; Astillador de Disco y Astillador de Tambor.

El astillador de disco esta formado por un disco rotatorio, en el cual se colocan radialmente cuchillos que realizan el corte. La alimentación se realiza a través de un canal, por donde ingresa el material a procesar. El ángulo de inclinación adecuado para la alimentación es de 45°, lo que genera astillas de buena calidad, sin dañar las fibras de la madera. Los

tamaños de estos astilladores son muy variables y van desde aquellos que procesan residuos del proceso de aserrado, hasta aquellos que son capaces de astillar trozos completos de árbol.

Los astilladores de tambor, están formados por un tambor en el cual van montados los cuchillos en posición tangencial.

Las características que se deben considerar para escoger un astillador, se pueden relacionar en cuatro aspectos:

- a. Primero, se deben considerar las características de las astillas que se desean obtener, esto es forma, dimensiones y rangos aceptables para las astillas.
- b. Segundo, se debe considerar la especie a procesar, esto influye de manera relevante en el desgaste de las herramientas de corte y por ende en los tiempos de mantención y cambio de herramientas.
- c. Tercero, se debe considerar el material a procesar. Si son trozas se debe considerar los diámetros, largos y algunas características de forma como curvatura, doble flecha. Si se trata de desechos de aserrío, es importante considerar las dimensiones del material.
- d. Cuarto, considerar el contenido de humedad del material a procesar.

Este tipo de equipos siempre se encuentra presente en los aserraderos, su importancia es mas que obvia, por un lado son capaces de transformar residuos del aserradero en un producto del cual se puede obtener mayor valor, en comparación que este se usara como combustible. En el Anexo N° 29 se muestran algunos de estos equipos.

Los equipos descritos anteriormente corresponden a la batería encargada de realizar operaciones sobre la madera, ya sea en la forma de trozos, semibasas, tablas o en la forma residuos del proceso como despuntes o chicotes obtenidos en las canteadoras.

## **7.- EQUIPOS DE CLASIFICACIÓN Y APILADO DE MADERA ASERRADA (SORTER AND STACKER)**

Los equipos de clasificación y apilado son los encargados de realizar la clasificación de piezas que pertenecen a una misma escuadría, o a una misma calidad. El proceso de clasificación de madera normalmente en aserraderos es posible encontrar a los operarios realizándolo, sin embargo, los distintos criterios que tienen los operadores han hecho que la industria invierta en equipos que aseguren que las piezas pertenecen a una calidad determinada y de esta manera evitar quejas de clientes, o problemas de manejo en la planta.

Cuando los operarios realizan la clasificación, la madera sale por una larga mesa donde las piezas aserradas son transportadas, transporte usualmente de cadenas, donde los operadores observan las piezas y las retiran según su criterio y comparación con el entrenamiento que ellos realizan. Luego las piezas son puestas en carros y apiladas para luego realizar el empaquetado o algún tratamiento posterior.

En el capítulo anterior se describieron los tres tipos de clasificación de madera, los sistemas semiautomático y automático, una vez que se ha realizado el corte final de la madera en el largo, estas piezas son dirigidas a equipos que las clasifican por ejemplo según calidad. En el Anexo Nº 30 se muestran algunos de estos equipos. Estos equipos son los llamados Clasificadores o Sorter, de estos equipos se encuentran tres tipos:

- a. Clasificadores de Bandeja ( Tray Sorter): en este tipo de clasificadores las piezas ingresan a bandejas donde las piezas son almacenadas para luego realizar el apilado de estas en paquetes. La ventaja de este equipo es que las piezas son llevadas de manera ordenada hasta el equipo que realizará el apilado de las piezas.
- b. Clasificadores de Cajas ( Bin Sorter ): este clasificador consiste en una serie de buzones donde las piezas van cayendo, la desventaja de este equipo es que un vez que las piezas son ingresadas al clasificador, para realizar el apilado las piezas caen a una mesa de salida donde deben ser ordenadas nuevamente. Uno de estos equipos se encuentra en aserradero el Colorado.
- c. Clasificadores Inclinados: similar al clasificador de bandeja con la excepción que estas se encuentran en posición inclinada hacia un sistema de apilado, presenta la misma ventaja que el clasificador de bandeja.

Algunas de las características de estos equipos son:

- a. Número de bandejas o buzones
- b. Número de piezas por buzones o bandejas
- c. Capacidad de almacenamiento en piezas/min

Por otro lado los sistemas de apilado en las plantas se encargan de juntar piezas de mismas escuadrías o calidades y hacer paquetes de madera con estas, los cuales pueden estar destinados a algún tratamiento. Estos equipos son conocidos como Stacker. Algunas características de estos equipos son:

- a. Largo, ancho y espesor de las piezas
- b. Capacidad de apilado en piezas/min
- c. Número de piezas en el alto y ancho del paquete

En el Anexo N° 31 se encuentran algunas figuras y datos para estos equipos de clasificación y apilado.

## **8.- EQUIPOS PARA TRATAMIENTOS**

Como ya se ha mencionado los tratamientos de la madera son básicamente cuatro: Secado, cepillado, baño Antimancha e Impregnación. Entonces los equipos para realizar los tratamientos son:

- a. Cámaras de Secado
- b. Tinas Antimancha para el baño en paquete
- c. Cadenas Para baño Antimancha en línea
- d. Cámara de Impregnación

- e. Cepilladoras

### **8.1.- Cámaras de Secado**

Las cámaras de secado que se pueden encontrar son usualmente de dos tipos, cámaras de secado convencional y las cámaras de secado al vacío, de las cuales las más usadas son las primeras.

### **8.2.- Antimancha**

Los equipos para baño por paquete son tinas donde el líquido Antimancha, antistain por ejemplo, se encuentra dispuesto para realizar el baño del paquete completo. Para el caso del baño Antimancha en línea, el sistema esta formado por un sistema de cadenas con “perros” de sujeción para las piezas, las cuales van siendo pasadas por una tina donde se encuentra el líquido Antimancha. Algunas de las variables que se deben controlar en estos equipos son:

- a. Tiempo de permanencia de paquete o de las piezas en el baño
- b. Cantidad de piezas posible a bañar en cualquiera de los sistemas
- c. Concentración del Líquido Antimancha

### **8.3.- Cámaras de Impregnación**

Las cámaras de impregnación conocidas como autoclave, su principio es ingresar la madera al autoclave y luego mediante ciclos vacío presión hacer ingresar a la madera el compuesto impregnador, sales CCA Y CCB por ejemplo. El procedimiento consiste:

- a. Introducción de la madera en el recipiente de tratamiento y realización de un vacío a fin de extraer el aire de ésta.
- b. Introducción del producto químico en el recipiente de la planta de tratamiento y aplicación de una presión de trabajo, cuya intensidad y tiempo de mantenimiento es

función de factores inherentes al protector, a la madera y al grado de protección a alcanzar.

- c. Retorno a la presión atmosférica y extracción del resto del producto del cilindro de la planta de tratamiento.
- d. Realización de un vacío final de intensidad y tiempo de mantenimiento superior al inicial.
- e. Extracción de la madera del cilindro de la planta de tratamiento, consiguiéndose así que la madera salga sin exceso de producto protector.
- f. En general se alcanzan retenciones del producto protector del orden de 23-30 Lts./m<sup>3</sup>. De esta forma, la madera queda protegida adecuadamente.

En este equipo se controlan los niveles de retención de producto en la madera, en la siguiente figura se ve un autoclave:



Figura N° 7.29: Cámara de Impregnación para productos terminados.

#### 8.4.- Cepilladoras

Las cepilladoras tienen como fin mejorar la calidad superficial de la madera, están compuestas por cabezales sobre los cuales van puestas las herramientas de corte. Algunas características de este equipo son:

- a. Velocidad de alimentación



- b. Número y posición de Cabezales
- c. Número de Cuchillos por Cabezal
- d. Potencia
- e. Espesor, ancho y largo máximo y mínimo de las piezas

## 9.- EQUIPOS COMPLEMENTARIOS

Los equipos complementarios de la planta son aquellos que permiten realizar de mejor manera las operaciones en las plantas. Entre estos equipos se pueden mencionar:

- a. Detectores de metal.
- b. Equipos para afilado de herramientas de corte.
- c. Motosierras para reducir contrafuertes o mal desrame en trozos.
- d. Equipos para realizar el empaquetado.
- e. Transporte de Residuos
- f. Tamizado de Astillas

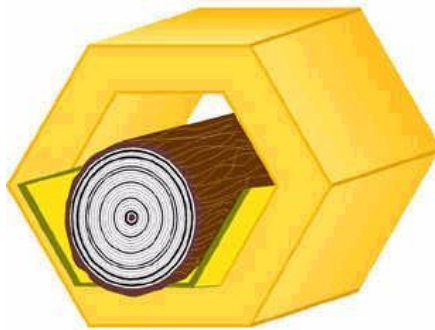


Figura N° 7.30: Detector de Metal de la empresa Rens Metal Detector

Hasta ahora se ha descrito los equipos que participan en la transformación de la madera, en ellos se han mencionado variables como factor de operación, disponibilidad y uso de las máquinas. Si se pudieran tener estas variables para los equipos entonces podríamos realizar la sensibilización del aserradero, sin embargo, esto también puede conseguirse obteniendo datos de tiempos de fallas de los equipos, o tiempos en general de funcionamiento de la máquina. En el siguiente se entrega una clasificación de los equipos por centro de trabajo, según los descritos en el capítulo anterior. En el Anexo N° 32 se encuentran algunos equipos complementarios.

## **10.- PARAMETRIZACIÓN DE LOS EQUIPOS SEGÚN ESTACIONES DE TRABAJO**

Como ya han sido descritos los equipos que participan en la transformación primaria de la madera, era necesario poder diferenciar estos equipos según la operación que ellos realizaban, de acuerdo a las principales variables que afectaban a estos.

En un principio se intento entregar rangos para los parámetros de todos los equipos; sin embargo esto fue imposible, ya que se encontro que los valores que tomaban los equipos para algunas variables, se cruzaban para distintas operaciones, no pudiendo entonces diferenciar cuales eran los rangos por ejemplo de una sierra huincha como equipo principal y una sierra huincha como equipo secundario.

Para esto se realizó una metodología que basada en algunas conversaciones y en respuesta a nuestras inquietudes, que es la que se comenta a continuación, se tomo la decisión de entregar rangos para los centros de trabajo.

### **10.1.- Metodología para Parametrización**

Frente al problema que era muy difícil encontrar rangos para cada equipo fue necesario tomar algunas decisiones al respecto, para ellos un aserie de preguntas fue necesario responder, para poder determinar como realizar la Parametrización, entre las cuales están:

- a. ¿De qué depende la velocidad de los equipos, o los parámetros que participan en el proceso?
- b. ¿Qué es lo que diferencia realmente un equipo de otro?
- c. ¿Cuáles son los rangos que toman los centros de trabajo?
- d. ¿Las velocidades de los equipos entregados por distribuidores son aplicables a la realidad?
- e. ¿Cuáles son las velocidades de transportes?

Para nuestra primera interrogante la podríamos responder con el siguiente ejemplo, supongamos que tenemos como principal una sierra hinchable doble y un astillador canteador doble como se muestra en la figura.

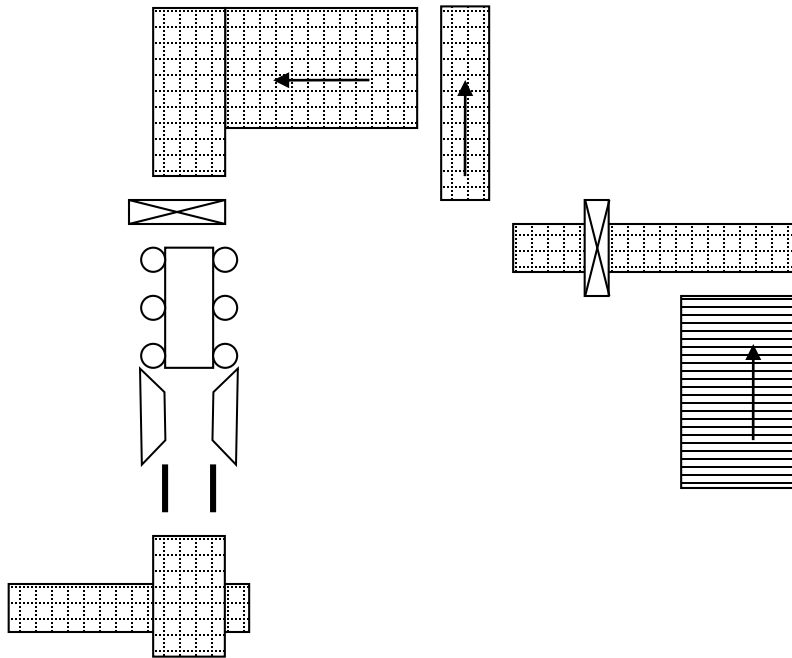


Figura N° 7.31: Centro de trabajo Chipper canter y Sierra Huincha Doble.

Para estos equipos de corte es posible que encontremos las siguientes posibilidades en el mercado

Tabla N° 7.5: Datos de entrada para dos combinaciones de Equipos de Corte

Datos de entrada	Combinación 1	Combinación 2
Potencia Canter	Dos motores de 55 KW	Dos motores de 75 KW
Altura Corte	150 mm	180 mm
Profundidad de Entrada Canter	Hasta 80 mm	Hasta 100 mm
Potencia Sierra	Dos motores de 75 KW	Dos motores de 85 KW
Diámetro de trabajo	32 cm	32 cm

Estos dos equipos son capaces de funcionar a la misma velocidad, entonces que es lo que diferencia a uno de otro, la respuesta es clara, es imprescindible conocer el esquema de

corte al cual van a trabajar, esto determina cuales son los valores que es posible obtener. Cuando un diseñador de aserraderos debe hacer su tarea, requiere en términos generales conocer dos aspectos: primero saber cual es la materia prima con la cual se va a trabajar y segundo necesita conocer los productos que se quieren obtener, este último punto lleva consigo la idea de poder establecer cual es el esquema de corte para obtener el mayor beneficio. Por esta razón se decidió entregar rangos para los centros de trabajo, y aún esto es muy difícil de lograr. Esto último respondería la tercera pregunta referente a los rangos de los centros de trabajo, simplemente se debe experimentar cuales son los equipos que consiguen el mejor desempeño de acuerdo al esquema de corte con el cual se va a trabajar.

La cuarta pregunta hace referencia a esto, y en términos generales se puede decir que los equipos que entregan los distribuidores si alcanzan variable como velocidades, o alturas de corte en la práctica, muchas veces estas incluso son superadas por mejoras realizadas en el proceso, llámense a esta capacitaciones, cambio de algunos equipos de alimentación, dentro del proceso no se debe olvidar la presencia de los operadores como parte importante de este, aunque la tendencia vaya a la eliminación de estos.

Para la segunda interrogante y en vista que es imposible diferenciar un equipo principal de uno secundario por valores de variables, aquello que permite diferenciar las estaciones de trabajo es el transporte o sistema de alimentación a los equipos de corte. Sin embargo; al visitar un aserradero cualquiera se ve que claramente el transporte esta sujeto al material que se alimenta, y de esta manera es posible observar que muchas veces el único transporte que se diferencia del resto de la línea es aquel que se encuentra en el centro de trabajo de corte primario. Luego y de acuerdo al material que se debe transportar entre un centro y otro, es que se debe asociar el transporte requerido, por ejemplo nunca deberíamos poner un sistema de cadenas de dientes afilados para transportar una semibasa por su lado plano. En este punto se quiere responder la interrogante acerca de la velocidad de los transportes, esta siempre esta de acuerdo a la velocidad de los equipos de corte, recordando que los transportes son solo complementarios en el proceso. Por ejemplo si para las combinaciones anteriores la velocidad de trabajo fuese 50 m/min, entonces el transporte de salida del equipo debería correr

a 52 m/min, en general la velocidad de la línea siempre va aumentando, en términos generales la diferencia varía entre un 5 a 10 %, del equipo anterior.

Una vez que se obtuvo respuesta a las inquietudes se tomo las siguientes decisiones a fin de poder lograr una especie de Parametrización que diga cuales son los rangos que se pueden obtener:

- a. Realizar una clasificación según los centro de trabajo descrito en el capítulo anterior, donde se muestre los equipos que interactúan, ya sean transporte, equipos de corte, sistema de recolección de información.
- b. Para los equipos de corte se entregaran las variables que de acuerdo a conversaciones con José Ávila y Gonzalo Sandoval son importantes para los distintos centro de trabajo.
- c. Se entregan algunos rangos de velocidad y alturas de corte según centro de trabajo y que corresponde a visitas realizadas en algunos aserraderos.

## **10.2.- Clasificación y Parametrización de los centro de trabajo**

Las variables que se consideran para este punto consistieron en aquellas que de acuerdo a las conversaciones con los distribuidores de máquinas son la principales para el proceso.

Los distribuidores de equipos plantean que las variables involucradas en el proceso, son aquellas que afectan el flujo de este, por ejemplo: velocidad de avance, alturas de corte, número de cortes. Por otro lado deben considerarse variables como potencia de motores que restringen las alturas de corte que se pueden alcanzar, o el número de sierras que se pueden poner en un equipo.

No se deben olvidar que dentro de cada equipo existen características que son dependientes de otras, por ejemplo en sierras circulares la altura de corte depende del

diámetro de las sierras, o que la velocidad de avance que puede alcanzar la máquina depende de la potencia de los motores.

Ahora entonces se entregan las posibilidades de equipos para los centro de trabajo en el aserradero. En las siguientes tablas se muestran los equipos que se deben considerar en cada centro, considerando algunas variables y rangos para aquellas que se han considerado las principales.

### **10.2.1.- Equipos para Descortezado**

Este centro de trabajo esta compuesto por las siguientes partes que permiten llevar a cabo la operación:

- a. Mesa de Carga
- b. Sistema Dosificador
- c. Transporte de Entrada ( el cual incluye el transporte acelerador)
- d. Sistema Alimentador
- e. Descortezador
- f. Transporte de Salida
- g. Buzones de Clasificación
- h. Sistemas de Medición o de Recolección de Información

En la siguiente tabla se presentan los equipos requeridos para realizar esta operación con las variables que deben ser consideradas:

Tabla N° 7.6: Equipos para Centro de trabajo de Descortezado

Ítem	Equipo	VARIABLES
Mesa de Carga	Cadenas	Velocidad de avance cadena Máxima Capacidad de Carga Frecuencia de Servicio Diámetro máximo a transportar Dimensiones mesa de carga
Sistema Dosificador	Cadenas	Velocidad de avance cadena Máxima Capacidad de Carga Capacidad trozos/min Diámetro máximo a transportar Largo de la cadena
	Alimentadores de Paso	Capacidad en trozos/min Diámetro máximo/ mínimo de trozos Largo máximo/mínimo de trozos Número de Pasos
Transporte de Entrada	Cadenas	Velocidad de avance Máxima Capacidad de Carga Diámetro máximo a transportar Largo de la cadena
Sistema Alimentador	Rodillos o rotores	Velocidad de alimentación Diámetro mínimo/máximo a alimentar Nivel de Curvatura máximo que puede manejar Largo mínimo/máximo de trozos
Descortezador	Anillos Mecánicos	Velocidad de descortezado Diámetro mínimo/máximo a alimentar Nivel de Curvatura máximo que puede manejar Largo mínimo/máximo de trozos
	De fresas	GAP entre trozos Capacidad en trozos/min Potencia descortezadores
Transporte de Salida	Cadenas con barras articuladas	Velocidad de avance Capacidad de carga cadena Largo de la cadena
	Cadenas con Kickers	Velocidad de desalojo de la línea GAP entre trozos
Buzones de Clasificación	Buzones	Capacidad de almacenaje en trozos/ hora Largo mínimo/máximo Número de Buzones Clase diámetrica por buzones
Sistemas de Medición	Escáner Longitudinal Medición	Velocidad de lectura Capacidad de lectura en trozos/min Nivel de Exactitud Densidad de escaneo Características del trozo a medir (diámetro, largo, elipticidad, curvatura)

En la siguiente tabla presentamos algunos rangos para este centro de trabajo.

Tabla N° 7.7: Rango para Descortezador de anillos Mecánicos

Díámetro (cm)	Capacidad (trozos/min)
20 – 30	12
30 – 48	10
48 - 60	6

Estos datos son válidos para el descortezador de anillos mecánicos. Una variable que se debe tomar en cuenta en este equipo es el factor de operación, en la visita realizada a aserradero Mulchén, esta variable alcanza un valor de 90%, lo que nos indica que muy pocas veces este equipo presenta fallas y cuando esto sucede la causa más común es la rotura de alguna cadena.

### 10.2.2.- Equipos para Trozado

Las requerimientos para esta estación de trabajo son cumplidas con las siguientes partes:

- a. Mesa de Carga
- b. Sistema Dosificador
- c. Transporte de Entrada ( el cual incluye el transporte acelerador)
- d. Equipo de Corte
- e. Transporte de Salida
- f. Buzones de Clasificación
- g. Sistemas de Medición o de Recolección de Información



Como es posible ver en la lista de arriba, este centro es muy similar a descortezado, esta es una razón por las cuales en algunas plantas, ambas operaciones se realizan en forma conjunta, en la siguiente tabla se nombran los equipos.

Tabla N° 7.8: Equipos para Trozado

Ítem	Equipo	Variables
Mesa de Carga	Cadenas de Pato	Velocidad de avance cadena Máxima Capacidad de Carga Frecuencia de Servicio Diámetro máximo a transportar Dimensiones mesa de carga
Sistema Dosificador	Cadenas	Velocidad de avance cadena Máxima Capacidad de Carga Capacidad trozos/min Diámetro máximo a transportar Largo de la cadena
	Alimentadores de Paso	Capacidad en trozos/min Diámetro máximo/ mínimo de trozos Largo máximo/mínimo de trozos Número de Pasos
Transporte de Entrada	Cadenas	Velocidad de avance Máxima Capacidad de Carga Diámetro máximo a transportar Largo de la cadena
Sistema Alimentador	Rodillos o rotores	Velocidad de alimentación Diámetro mínimo/máximo a alimentar Nivel de Curvatura máximo que puede manejar Largo mínimo/máximo de trozos
Equipo de Corte	Sierras Circular simple, para movimiento longitudinal del trozo	Velocidad de Corte Número de sierras Diámetro de sierras Exactitud del corte
	Sierra Circular Múltiple para movimiento longitudinal del trozo	Capacidad en trozos/min Gap entre trozos Distancia entre sierras Potencia
	Sierra Circular Múltiple para movimiento transversal del trozo	
Transporte de Salida	Cadenas con barras articuladas	Velocidad de avance Capacidad de carga cadena Velocidad de desalojo de la línea GAP entre trozos
	Cadenas con Pateadores	Largo de la cadena

Buzones de Clasificación	Buzones	Capacidad de almacenaje en trozos/ hora Largo mínimo/máximo Número de Buzones Clase diámetrica por buzones
Sistemas de Medición	Escáner Medición Longitudinal	Velocidad de lectura Capacidad de lectura en trozos/min Nivel de Exactitud Densidad de escaneo Características del trozo a medir (diámetro, largo, elipticidad, curvatura)

### 10.2.3.- Equipo para Alimentación Aserradero

En este centro de trabajo se encuentran los siguientes componentes.

- a. Mesa de Carga
- b. Transporte longitudinal
- c. Sistemas de Giro
- d. Sistema Dosificador
- e. Sistema de Medición

Tabla N° 7.9: Equipos para Alimentación área aserrío

Ítem	Equipo	Variables
Mesa de Carga	Cadenas de Pato	Velocidad de avance cadena Máxima Capacidad de Carga Frecuencia de Servicio Diámetro máximo a transportar Dimensiones de la mesa
Transporte Longitudinal	Cadenas	Velocidad de avance Máxima Capacidad de Carga Diámetro máximo a transportar Largo de la cadena
Sistema de Giro	Pateadores	Capacidad en Trozos/min Diámetro máximo/mínimo Largo máximo/mínimo Velocidad de Giro Potencia
	Cadena Media Luna	Capacidad de carga Capacidad trozos/min Velocidad de alimentación Diámetro máximo/mínimo Largo máximo/mínimo Largo de la cadena
Sistema Dosificador	Cadenas	Velocidad de avance cadena Máxima Capacidad de Carga Capacidad trozos/min Diámetro máximo a transportar Largo de la cadena
	Alimentadores de Paso	Capacidad en trozos/min Diámetro máximo/ mínimo de trozos Largo máximo/mínimo de trozos

		Número de Pasos
Sistemas de Medición	Escáner Longitudinal	Medición Velocidad de lectura Capacidad de lectura en trozos/min Nivel de Exactitud Densidad de escaneo Características del trozo a medir (diámetro, largo, elipticidad, curvatura)

En este centro de trabajo los sistemas giradores compuestos por pateadores alcanzan rangos hasta 24 trozo/min para largos de 3 a 6 metros. El sistema de media luna alcanza valores de 22 a 32 trozos por minuto para los mismos largos. En el Anexo N° 33 se aprecian estos equipos.

#### 10.2.4.- Corte Primario

Las partes que componen este centro de trabajo son:

- a. Sistema dosificador
- b. Transporte de entrada
- c. Sistema alimentador
- d. Equipo de Corte
- e. Transporte de salida

Tabla N° 7.10: Equipos para operación de Corte Primario

Ítem	Equipo	Variables
Sistema Dosificador	Cadenas	Velocidad de avance cadena Máxima Capacidad de Carga Capacidad trozos/min Diámetro máximo a transportar Largo de la cadena
	Alimentadores de Paso	Capacidad en trozos/min Diámetro máximo/ mínimo de trozos Largo máximo/mínimo de trozos Número de Pasos
Transporte de entrada	Cadenas	Velocidad de avance cadena Máxima Capacidad de Carga Capacidad trozos/min Diámetro máximo a transportar Largo de la cadena
Sistema Alimentador	Carros Convencionales	Apertura Potencia Capacidad en trozos/min

		Diámetro máximo/ mínimo de trozos Largo máximo/mínimo de trozos
	Carros Telescópicos	Velocidad de Avance Potencia Capacidad en trozos/min Diámetro máximo/ mínimo de trozos Largo máximo/mínimo de trozos
	Posicionadores Giradores Centradores	Potencia Capacidad en trozos/min Diámetro máximo/ mínimo de trozos Largo máximo/mínimo de trozos Velocidad de Avance
Equipo de Corte	Sierras Circulares	Número de sierras Potencia Altura de Corte Largo mínimo/máximo de trozos Diámetro máximo/mínimo trozos
	Sierras Huinchas	Número de ejes Kerf Velocidad de Avance Capacidad trozos/min Diámetro de sierras
	Sierras Alternativas	Velocidad de Corte
	Canteadores Astilladores	Número Canteadores Velocidad de avance Rango apertura entre Cabezales Largo mínimo/máximo de trozos Diámetro máximo/mínimo trozos Máxima altura desde la base del canteador Potencia Capacidad en trozos/min
	Perfiladores	Apertura vertical Apertura Horizontal Número de Cabezales Velocidad de Avance Potencia Largo mínimo/máximo de trozos Diámetro máximo/mínimo trozos Capacidad en trozos/min
Transporte de Salida	Separador de Tablas	Largo Mín/máx. pieza con canto muerto Altura Mín/Máx. pieza con canto muerto Apertura máxima entre rodillos de salida Ancho del centro de la Cadena Potencia Motor Cadena Central Potencia Motor vertical de salida Velocidad de avance
	Cadenas	Velocidad de avance Máxima Capacidad de Carga
	Rodillos	Largo del transporte Capacidad en piezas/min
	Cintas	Potencia motor
Sistema de Medición	Escáner de medición longitudinal	Velocidad de lectura Capacidad de lectura en trozos/min

		Nivel de Exactitud Densidad de escaneo Características del trozo a medir (diámetro, largo, elipticidad, curvatura)
--	--	--

Las cadenas usadas en este centro deben ser capaces de lograr sujetar el trozo, usualmente se encuentran cadenas provistas con puntas que sujetan el trozo durante el corte o para la alimentación al aserradero. En este centro de trabajo para una combinación de sierra circular mas canter se pueden alcanzar velocidades de 40 a 70 m/min, para diámetros entre 18 a 42 cm. Al usar sierra circular como máquina principal se pueden lograr las siguientes velocidades considerando los diámetros de los trozos.

Tabla N° 7.11: Rangos para Velocidad de avance en corte Primario.

Diámetros (cm)	Velocidad de Avance (m/min)
180 – 220	70
220 – 280	60
280 – 340	50
340 – 420	40
420 – 520	35

De bibliografía se pudo obtener los siguientes datos para una sierra huincha vertical con carro de avance convencional, el diámetro de los volantes es de 1820 mm, con 450 rpm y un kerf de 3.4 mm.

Tabla N° 7.12: Velocidad de avance para Sierra Huincha Vertical con carro de avance.

Velocidad de Alimentación (m/min)	Altura de Corte (mm)	Potencia (HP)
29	546	75
31	525	74
36	447	71

42	388	68
48	345	66
54	312	65
60	284	64
67	261	63
70	254	63

En la siguiente tabla se muestran los equipos utilizados como equipo principal según rango de producción en aserraderos de tipo permanente.

Tabla N° 7.13: Producción de madera aserrada por equipo principal según rango de producción en aserraderos de tipo permanentes, fuente INFOR, año 2000

Rango de Producción	Total	Producción de Madera Aserrada por Equipo Principal (m <sup>3</sup> )								
		HH	HP	HV	AL	CC	CS	CD	CV	MU
Total	5209641	35233	626207	1733775	90603	189083	681713	1182046	101109	569872
%	100	0,7	12,0	33,3	1,7	3,6	13,1	22,7	2,0	10,9
> 50000	3339973	-	545000	1041716	69928	189083	-	954559	-	539687
20001– 50000	833010	-	70080	270209	-	-	364138	111583	-	17000
10001– 20000	404657	6065	-	219451	18275	-	61947	63581	24953	10385
5001 – 10000	314209	-	8907	135139	-	-	98373	40219	31571	-
<= 5000	317792	29168	2220	67260	2400	-	157255	12104	44585	2800

Simbología

HH: Huincha Horizontal  
AL: Alternativa  
CD: Circular Doble

HP: Huincha Paralela  
CC: Chipper Canter  
CV: Circular con voladora

HV: Huincha Vertical  
CS: Circular simple  
MU: Circular Múltiple

De la tabla anterior es posible darse cuenta de que existe un mayor uso de sierras huinchas verticales, las cuales están normalmente acompañadas por chipper canter.

### 10.2.5.- Corte Secundario

Para el corte secundario los equipos requeridos son similares al corte primario, en este centro de trabajo no se encuentran los sistemas dosificadores, que han sido reemplazados por transportes a los cuales se ha llamado conectores, que permiten unir un centro con otro, estos se tratan más adelante.

Entonces los equipos requeridos para este centro de trabajo se muestran en la tabla siguiente.

Tabla N° 7.14: Equipos para Operación de Corte Secundario.

Ítem	Equipo	Variables
Transporte de entrada	Cadenas	Velocidad de avance cadena Máxima Capacidad de Carga Capacidad trozos/min Diámetro máximo a transportar Largo de la cadena
Sistema Alimentador	Carros Convencionales	Apertura Potencia Capacidad en trozos/min Diámetro máximo/ mínimo de trozos Largo máximo/mínimo de trozos
	Posicionadores Giradores Centradores	Potencia Capacidad en trozos/min Diámetro máximo/ mínimo de trozos Largo máximo/mínimo de trozos Velocidad de Avance
Equipo de Corte	Sierras Circulares	Número de sierras Potencia Altura de Corte Largo mínimo/máximo de trozos Diámetro máximo/mínimo trozos Número de ejes
	Sierras Huinchas	Kerf Velocidad de Avance Capacidad trozos/min Diámetro de sierras Velocidad de Corte
	Sierras Alternativas	
	Canteadores Astilladores	Número Canteadores Velocidad de avance Rango apertura entre Cabezales Largo mínimo/máximo de trozos Diámetro máximo/mínimo trozos Máxima altura desde la base del canteador Potencia Capacidad en trozos/min
	Perfiladores	Apertura vertical / Horizontal Número de Cabezales Velocidad de Avance Potencia Largo mínimo/máximo de trozos Diámetro máximo/mínimo trozos Capacidad en trozos/min
Transporte de Salida	Separador de Tablas	Largo Mín/máx. pieza con canto muerto Altura Mín/Máx. pieza con canto muerto Apertura máxima entre rodillos de salida Ancho del centro de la Cadena Potencia Motor Cadena Central Potencia Motor vertical de salida Velocidad de avance
	Cadenas	Velocidad de avance Máxima Capacidad de Carga

	Rodillos	Largo del transporte Capacidad en piezas/min Potencia motor
	Cintas	
Sistema de Medición	Escáner de medición longitudinal	Velocidad de lectura Capacidad de lectura en trozos/min Nivel de Exactitud Densidad de escaneo Características de la pieza a medir (largo, altura de corte.)

En aserradero planta Mulchén para la combinación de un canteador astillador y un perfilador, para una semibasa de dimensiones 380 x 305 mm, se logran velocidades de 38 hasta 76 m/min.

En planta nacimiento para la combinación de canteador astillador y sierra circular se alcanzan velocidades de 23 a 59 m/min. En la siguiente tabla se muestran algunos valores para sierra circular como máquina secundaria.

Tabla N° 7.15: Rangos para la velocidad de avance en la Operación de Corte Secundario

Altura de Corte (mm)	Velocidad de Avance (m/min)
100 – 110	69
110 – 150	65
150 – 180	61
180 – 210	55

Las sierras alternativas son poco usadas en corte primario y secundario, este tipo de equipo alcanza velocidades de 20 m/min para alturas de corte de 600 a 700 mm.

Los canteadores astilladores para corte primario y secundario normalmente alcanzan las velocidades de las sierras circulares, huinchas u otro equipo con el cual estén combinados.

Antes de seguir con la estación de canteado, y en referencia a las sierras huinchas, para este tipo de equipo se nos hizo imposible poder diferenciar entre centros de trabajo. Como se explicó anteriormente, una máquina puede realizar más de una operación funcionando con las



mismas características, por ejemplo refiriéndose a sierras huinchas, iguales diámetros de volante, alturas de corte son posibles de encontrar como máquina principal, secundaria, o reaserradora. En las siguientes tablas se muestran algunas relaciones para parámetros de este equipo.

Tabla N° 7.16: Parámetros para Sierra Huincha

Diámetro Volantes (mm)	Velocidad de Corte (m/min)	Espesor de Sierra (mm)	Ancho de Hoja (mm)	Kerf (mm)	Altura de Corte (mm)	Velocidad Avance (m/min)	Potencia (KW)
1524-1828	2438-3352	1,65-1,83	203-304	3,40-4,27	200-335	73,15-120,70	45-112
2133-2438	2286-3352	2,11-2,41	304-381	4,57-5,46	236-447	102,72-150,88	71-195
2743	2590-3200	2,77-3,05	406	6,22-6,35	292-482	113,39-166,42	187-247

Como es natural pensar a medida que aumenta el diámetro de los volantes las necesidades de mayor potencia deben ser suministradas. Para la velocidad de alimentación, a medida que aumenta la altura de corte esta disminuye. En la tabla anterior, es posible darse cuenta que existen rangos para las variables que se cruzan, lo que impide asumir una posición al definir si la máquina puede trabajar solo en una operación o en otra.

#### 10.2.6.- Canteado

Este centro de trabajo se puede decir que es el más simple de todos, requiere algunas características similares a los anteriores centros, pero la cantidad de equipos que realizan el corte se ve reducida al uso de sierras circulares. La tabla siguiente muestra los equipos requeridos.

Tabla N° 7.17: Equipos para Operación de Canteado.

Ítem	Equipo	VARIABLES
Transporte de entrada	Cadenas	Velocidad de avance
	Rodillos	Capacidad piezas/min
	Cintas	Largo transporte Potencia Motores
Sistema Alimentador	Posicionadores Centradores	Potencia Capacidad en piezas/min Ancho máximo/mínimo Espesor máximo/mínimo Largo máximo/mínimo de piezas Velocidad de Avance
Equipo de Corte	Sierras Circulares	Número de sierras Potencia Altura de Corte Largo mínimo/máximo de piezas Ancho máximo/mínimo Espesor máximo/mínimo Número de ejes Kerf Velocidad de Avance Capacidad piezas/min Diámetro de sierras Velocidad de Corte
Transporte de Salida	Cadenas	Velocidad de avance
	Rodillos	Máxima Capacidad de Carga Largo del transporte
	Cintas	Capacidad en piezas/min Potencia motor
Sistema de Medición	Escáner de medición transversal	Velocidad de lectura Capacidad de lectura en piezas/min Nivel de Exactitud Densidad de escaneo Características de la medición

En aserradero Nacimiento se tiene una sierra circular con tres sierras que alcanza velocidades de 250 m/min, y es capaz de procesar espesores de 55 mm. Los equipos más

usados como canteadora son las sierras circulares, aunque existen aplicaciones de chipper canter. En la siguiente tabla se muestran valores para este equipo.

Tabla N° 7.18: Parámetros para Sierra Circular Canteadora

Altura de Corte (mm)	Velocidad de Avance (m/min)
15 – 26	240
26 – 48	194
48 - 70	148

### 10.2.7.- Despuntado y Clasificación

Este centro de trabajo esta compuesto por equipos que permiten realizar la clasificación y despuntado de la madera. Se considerará ahora los equipos que se utilizan en la clasificación y despuntado automático y semi automático.

Para señalar los equipos utilizados se hará referencia al igual que en los casos anteriores, al centro de trabajo general indicado en el capítulo anterior para este centro de trabajo, en la siguiente tabla se detallan las partes que lo constituyen.

Tabla N° 7.19: Equipos para la Operación de Despuntado y Clasificación.

Ítem	Equipo	Variables
Transporte de entrada	Cadenas	Velocidad de avance Capacidad piezas/min Largo transporte Potencia Motores
Sistema Posicionador	Posicionadores	Número de piezas/min Alcance posicionado
Equipo de Corte	Sierras Circulares Simples *	Número de Sierras Diámetro de sierras Profundidad de corte Potencia Kerf
	Sierras Circulares Múltiple **	Distancia entre Sierras Velocidad de Corte Exactitud del corte

		Capacidad en piezas/min Gap entre piezas
Transporte entre despuntado y clasificación	Cadenas	Velocidad de avance Capacidad piezas/min Largo transporte Potencia Motores
Equipos de Clasificación	Clasificadores	Largo Piezas Velocidad de Avance Capacidad de almacenado Capacidad en piezas/min
Equipos de Apilado	Apiladores	Altura, ancho del apilador Potencia Compresor Largo Máximo Piezas Espesor Máx./Mín. de piezas Capacidad Lugs/Minuto Capacidad en Piezas
Transporte de Salida	Cadenas	Velocidad de avance Capacidad piezas/min Largo transporte Potencia Motores
	Tilt Hoist	Ancho equipo Largo de paquetes Capacidad en paquetes/turno

\* Se refiere a sierras circulares simple una por cada lado, con algunas excepciones donde existen dos sierras en un mismo lado de la mesa de salida.

\*\* Estas son las llamadas TRIMMER, que no deben ser confundidas con las sierras circulares para corte longitudinal de trozos, semibasas, basas y tablas.

En este centro de trabajo es posible tener para despuntado hasta 60 piezas/min, existen sistemas donde la cantidad de piezas alcanza las 90 piezas/min, en este caso es requerido usar sistemas más rápidos para definir la línea de madera.

Entre centros de trabajo deben existir transportes para la madera aserrada, o en general para el material que se este transportando. Se ha dicho que existen transportes longitudinales y transversales, en la siguiente tabla se indican los transportes más usados entre centros de trabajo y que hacen posible el flujo en la planta.

Tabla N° 7.20: Transportes entre centros de Trabajo

Centros de Trabajo	Transporte
Corte Primario – Corte Secundario	Cadenas Rodillos
Corte Primario – Canteado	Cintas Rodillos
Corte Secundario – Canteado	Rodillos Cadenas Cintas

En las tablas anteriores se ha nombrado a las cadenas como un componente que se encuentra presente en todos los centro de trabajo, ya sea como transporte del centro o como un conector. Sin embargo para cada estación de trabajo, se deben diferenciar las formas que tienen las cadenas, ya que estas se encuentran de acuerdo al material que deben transportar. Existe las llamadas de dientes afilados, las cadenas de patos, cadenas para despuntado, algunas imágenes de estas se encuentran en el anexo de cadenas.

Los equipos presentados en este capítulo y que se encuentran presentes en el proceso de conversión primaria, son solo una primera aproximación de los equipos que se encuentran disponibles en el mercado. Existen tecnologías que intentan combinar en una sola máquina todas estas tecnologías y esconder esto en lo que se conoce como caja negra, en la cual ingresa un trozo y se obtiene la madera aserrada, como se muestra en la figura.



Figura Nº 7.32: Combinación de Sierras Circulares, Cabezales Fresadores Verticales y Horizontales.

La combinación de equipos en los aserraderos, siempre esta ligada a las necesidades, o como de dijo anteriormente, esta relacionada con el mix de productos que se quieren obtener. Los rangos de velocidades dependen exclusivamente del patrón de corte y es en base a este que son escogidos los elementos del sistema completo.

Entonces cuando se quiera comprar un equipo, se debe pensar cuales son nuestras necesidades, o cuales son las materias primas en cada operación que se procesan. Los distribuidores de máquinas ofrecen equipos que alcanzan velocidades de 150 m/min como máquinas principales, pero esto solo es aplicable bajo ciertas condiciones. Se ha hablado de

los defectos de la madera, y sin ir mas lejos las fallas humanas, o las de mala planificación, hacen que los indicadores de desempeño disminuyan considerablemente.

Respecto a las variables que se consideran para cada equipo, estas deben ser tomadas en los aserraderos de nuestra región o del país a fin de poder contar con una base de datos que sea representativa y que pueda ser simulada, estos valores deben ser tomados a las principales variables que afectan el flujo del proceso, las cuales son:

- a. Velocidad de avance
- b. Restricciones de corte (Alturas, anchos y espesores de Corte)
- c. Capacidades de los equipos

Otras variables como Factor de Operación, Factor de Uso, Factor de disponibilidad, productividad, rendimiento de los equipos, servirán para sensibilizar el aserradero, aunque estas mismas pueden ser obtenidas como resultado entregando al software simulador una base de tiempos de fallas, de operación de los equipos.

Finalmente la clasificación anterior de los equipos esta sujeta a cambios drásticos, esto de acuerdo a las nuevas tecnologías que van siendo generadas en el mercado, por lo cual debe siempre en todo simulador contar con una opción de máquina que sea una especie de “caballo de guerra”, en caso que exista un nuevo equipo que adjuntar al sistema.

## **CAPITULO VIII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **1.- CONCLUSIONES**

##### **1.1.- Productos**

Una vez realizada la etapa de investigación de los productos, se llegó a la conclusión que los atributos que caracterizan a un producto de madera aserrada son el contenido de humedad,

dimensiones de la pieza (medidas de producción y tolerancias), procedencia de la pieza desde el trozo (madera lateral, central o semilateral).

Los atributos relacionados con el tratamiento de la madera, se encuentran ligados con las especificaciones del cliente.

Los productos producidos en la industria nacional, basados en los complejos CMPC y Arauco, son caracterizados por esquadrias, porcentaje de aprovechamiento de la pieza, lo que se encuentra relacionado con un grado o clasificación de la madera. Esta clasificación esta relacionada con el uso final que tendrá la pieza, remanufactura, muebles.

En cuanto a las normas con las cuales se clasifican los nombres de productos, la norma americana es la más utilizada para clasificar los productos. Para mercados como Japón, Medio oriente y otros, existen normas o especificaciones entre el cliente y el productor.

La experiencia de los aserraderos nórdicos, y norteamericanos han causado positivos cambios en la industria chilena con la incorporación de nuevas tecnologías que permiten obtener un mejor aprovechamiento de la madera.

La clasificación de madera en Chile, se encuentra a un nivel muy simple, en comparación con las clasificaciones americana y nórdicas. Es necesario entonces poder generar una norma que sea capaz de clasificar los productos de madera, o en su defecto adoptar una norma estándar extranjera bajo la cual se puedan clasificar los productos.

## 1.2.- Proceso

Aspectos como principios de diseño, indicadores de desempeño, deben ser considerados a la hora de diseñar un aserradero.

El esquema de corte y los productos que se quieran obtener determinan el layout de la planta, esta es la base de los diseñadores de aserraderos.

Fue posible describir el proceso en base a áreas, operaciones y tareas. Las áreas corresponden a Preparación de materia Prima, Aserrío de Trozas y Tratamientos de la madera Aserrada. Las operaciones se encuentran distribuidas dentro de cada área específica con tareas que se encuentran definidas y que se deben cumplir.

Fue posible identificar las operaciones del proceso, y entregar una base de centros de trabajo usados en la industria donde se realiza la combinación de equipos.

Los aserraderos han dejado atrás el concepto de maximizar la materia prima desde el centro del trozo, maximizando la recuperación en volumen y valor desde la periferia del trozo hacia el interior de este. La madera obtenida desde la periferia posee un mayor valor económico.

La manera en la cual se toman las decisiones en el proceso esta basado en una lógica programada, la cual es capaz de optimizar las decisiones, ya sea realizando el posicionado de las herramientas o de la madera.

### 1.3.- Equipos

Fue posible clasificar los equipos en familias relacionadas con el corte, transporte, clasificación y apilado de la madera, equipos de recolección de información. Además, fue posible clasificar los equipos según las operaciones posibles que pueden realizar.



Las variables que definen un equipo genérico corresponden a aquellas que afectan el flujo del proceso, entre estas se encuentran las restricciones de corte (altura, espesor, ancho), velocidades de avance, número de corte. Estas variables son las que se deben incorporar al sistema simulador.

Los indicadores de desempeño, pueden ser obtenidos como resultados del proceso de simulación, o bien si se encuentran como datos, pueden ser ingresados al sistema simulador permitiendo de esta manera sensibilizar el aserradero.

Fue posible además entregar algunos rangos para combinaciones de máquinas encontradas en aserraderos visitados, y que pueden ser usados como una primera aproximación para el simulador.

Se entregó además una batería de equipos usados en la industria, con los parámetros que caracterizan a cada uno de ellos.

## **2.- RECOMENDACIONES**

Los atributos considerados son relevantes para la clasificación de productos; sin embargo se deben considerar otras posibles especificaciones de clientes.

Para los centros de trabajo presentados, es necesario tomar datos de algunas variables, como por ejemplo: factores de operación, rendimientos, tiempos y otros.

Es difícil entregar para cada equipo rangos de variables según centros de trabajo, debido a que existen innumerables combinaciones de máquinas que pueden realizar la misma operación obteniendo un mismo producto.

Se deben considerar tecnologías emergentes.

## BIBLIOGRAFIA

Libros, Revistas y Publicaciones.

Aguayo Aburto, Raúl. "Estudio de línea de producción en Aserradero Adicon".1998.

Araman, Philip. " A Next Generation Processing System For Edging And Trimming". Department of Electrical and Computer Engineering. Virginia Tech. May 11, 2000

Aroca Narváez, Boris. "Determinación de tiempos y causas de detención y su impacto en la producción de una planta de Aserrío".1998.

Bruce E. Cutre. "Softwood Lumber Grades". School of Forestry, Fisheries and Wildlife, University of Missouri-Columbia.

Burbidge, John L. " Planificación de la producción". Bilbao :Deusto,c1979.

Campos, J. Cerda, I."Estudio: Análisis de la Información Sobre Productos Forestales Madereros en Chile". Proyecto Comisión Europea/FAO. Santiago de Chile, Marzo de 2001

Cardona H., Mario . "Distribución de Planta por Proceso, Puesto de Trabajo y Operación". Revista el mueble y la madera

Chandler W. Jones."Bandsaws : wide blade and narrow blade types... in sawmilling and remanufacture, in cabinet and furniture manufacture, in history".Seattle, 1992

Chávez, Angel . "Estudio de Rendimiento, Tiempos y Movimientos en el Aserrio, Manual Practico". Documento Técnico 62/1997. Diciembre, 1997. Santa Cruz, Bolivia

Cutre, Bruce E." Softwood Lumber Grades". [Agricultural](#) publication G05053. School of Forestry, Fisheries and Wildlife, University of Missouri-Columbia. October 1, 1993

Devlieger S., Francis Y Baetty P., Ricardo. "Modelo De Optimización y Simulación para el Aserrado de Coníferas".Universidad De Talca. Chile 2000

Díaz Saavedra, José Marcelo."Estudio de aprovechamiento de distintas combinaciones de máquinas de aserrío en aserraderos regionales".1991.

Espinosa B., Miguel y Muñoz S.,Fernando y otros."Silvicultura Aplicada I: Apuntes de Clase". Universidad de Concepción. Facultad De Ciencias Forestales. Departamento Silvicultura. Concepción, 2000

Fronius, Kart." Técnicas de aserrado".1900.

Fuentes, Rosa B. "Técnicas Para la Preservación de Maderas". Documento Técnico 65/1998. Universidad Autónoma Juan Misael Caracho. Bolivia. Febrero, 1998

Hervalejo L, Angél. "Las clases de riesgo de ataque biológico en la madera". Artículos de Protecma, (UNE EN 335).

Kline, D. Earl y otros. "Machine Vision Technology the Forest for Products Industry". Virginia Tech. July 1997

Navarrete C., Carlos."Control de calidad en el aserradero : generalidades y aplicación : cartas de control : técnica para el control de procesos de transformación mecánica en aserraderos".1991.

Pastoret, James. "Air Seasoning (Drying) of Wood". [Agricultural](#) publication G05550. School of Forestry, Fisheries and Wildlife, University of Missouri-Columbia. October 1, 1993

Risopatrón Cerna, Alfredo."Determinación de tiempos y causas de detención en una planta de aserrío".2001

Schmoltdt L. Daniel."Automation for Primary Processing of Hardwoods". Research Forest Products Technologist. USDA Forest Service. Southeastern Forest Experiment Station. Manuscript prepared August 19, 1992.

Schulz Segura, Carlos."Simulación del aserradero Horcones II del grupo Aserraderos Arauco S.A."2001.

Stern, Abigail. "Improved Sawing Accuracy does Help". Forest Products Laboratory. Forest Service. Department of Agriculture. United States.

Thunell, B. "El Aserrado en Suecia". Departamento de Tecnología de la Madera, Laboratorio de Investigaciones sobre Productos Forestales, Estocolmo, 1999

Tuset, Rinaldo."Manual de maderas comerciales, equipos de procesos de utilización : (aserraderos, secado, preservación, descortezado, partículas)".1986.

Vidaurre Echeverría, Sergio."Principios de organización y operación del aserradero" . 1989.

Williston, Ed M."Lumber manufacturing : the design and operations of sawmills and planer mills".1976

Williston, Ed M."Saws :design selection operation maintenance". San Francisco, 1989.

Yobanolo, Rodrigo y Ramis Francisco. "Estudio de los Problemas Dimensionales que se Producen en las Máquinas". CMPC Maderas. Planta Nacimiento. Concepción, 2001

Yobanolo, Rodrigo y Ramis Francisco. "Busqueda de Oportunidades de Mejoramiento". CMPC Maderas. Planta Bucalemu. Concepción, Enero 2001

CIRIS. "Los Parámetros que Influyen sobre el Rendimiento de la Materia Prima". Francia, 2002.

CIRIS. "Herramientas Software de Ayuda en la Decisión Para la Gestión de Producción de Aserraderos". Francia, 2002.

CIRIS. "Las Ventajas del Scanner Forma Real Para el Pino Marítimo". Francia, 2002.

CONAMA. "Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial, Rubro Aserraderos Y Procesos De Madera". Santiago de Chile. Diciembre de 2000

Facultad de Económicas."Consideraciones sobre el Mercado de Madera Aserrada". Universidad de Santiago de Compostela (España)

Forest Products Research Society. "A handbook of hardwoods". London, 1956

Forest Products Research Laboratory. "A handbook of softwoods". Gran Bretaña. 1957.

Forest Products Laboratory. "Wood handbook--Wood as an engineering material". Madison, WI:U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 1999. 463 p.

INFOR." Estadísticas Forestales". Boletín Estadístico N° 79, ,Santiago de Chile, Agosto 2001

INFOR." La Industria del Aserrío". Boletín Estadístico N° 81, ,Santiago de Chile, Septiembre 2001.

Lignum. "Estandarización de la madera: Una tarea Pendiente". N°48, octubre/Noviembre 2000.

UNASYLVA . "Alternativas para la Transformación Industrial del Recurso Forestal, Producción y exportación de madera aserrada". Uruguay. Dirección Forestal Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C., 1996

Western Wood Products Association. "Lumber Specifying Information: Rough Carpentry (In Base Values ) And Finish Materials ".United Status. 2002.

Western Wood Products Association. "Lumber Storage And Handling For Lumber Mills, Dealers And Contractors

".United Status. 2002.

Western Wood Products Association. "Machine Stress-Rated Lumber: Quality Control, Availability, Specifying, Code Acceptability

".United Status. 2002.

Western Wood Products Association. "Moisture Content And Seasoning In Unseasoned (Green) Dimension Lumber And Heavy Timbers

".United Status. 2002.

Western Wood Products Association. "Western Lumber Grades and Quality Control Lumber Specifying

".United Status. 2002.

### Páginas de Internet Visitadas

<a href="http://www.wwpa.org">www.wwpa.org</a> <a href="http://www.arauco.cl">www.arauco.cl</a> www.cmpc.cl <a href="http://www.mondowood.com">www.mondowood.com</a> <a href="http://www.infonac.cl">www.infonac.cl</a> www.cornellindustrial.com www.licoinc.net www.lekopa.com www.wilsoneng.com.au www.lewcoconveyor.com www.coemfg.com www.lindenfab.com www.morbark.com www.laimet.com www.linck-hvt.com www.precisionhusky.com <a href="http://www.primultini.it">www.primultini.it</a> www.osha.gov	www.nordautomation.fi www.acorareneco.com www.nicholsonmfg.com www.metaldetect.com www.peer-conveyor.com www.armentia.net www.p-a-group.com www.flareinternational.com www.gofastsaw.com www.hardwoodproducts.com www.4helle.com www.benjones.com <a href="http://www.progressindustries.com">www.progressindustries.com</a> www.inovec.com www.autoflame.com www.vislanda.com www.sea.es	www.cookssaw.com www.usedsawmillequipment.com www.usar.com www.ari.se www.heinolasm.fi www.vkb.com www.alpinequip.com www.ltilaser.com www.mccchain.com www.pacificindustries.com www.can-amchains.com www.autolog.com www.gmelectronica.com.ar www.carbotechinc.com www.fulghum.com <a href="http://www.ewd.de">www.ewd.de</a> www.usda.gov
---	---	--