



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**IMPLEMENTAR PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL  
PROCESO DE SECADO EN LA INDUSTRIA MADERAS Y MACHICHEMBRES S.A. (MYMSA)**

**María Sucely Herrera Pérez**

Asesorado por el Ing. Frisley William Daniel Mendizábal Tánchez

Guatemala, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTAR PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL  
PROCESO DE SECADO EN LA INDUSTRIA MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A. (MYMSA)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARÍA SUCELY HERRERA PÉREZ**

ASESORADO POR EL ING. FRISLEY WILLIAM MENDIZABAL TÁNCHEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

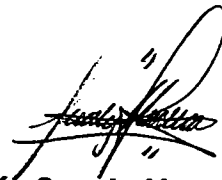
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADOR	Ing. Víctor Hugo García Roque
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPLEMENTAR PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE SECADO EN LA INDUSTRIA MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A. (MYMSA)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 22 de noviembre de 2011.



**María Sucely Herrera Pérez**

Guatemala 21 de mayo de 2013.

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director de la Escuela de Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
USAC

Por este medio me dirijo a su persona, para informarle que he asesorado y revisado el trabajo de graduación titulado: **“IMPLEMENTAR PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE SECADO EN LA INDUSTRIA MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A. (MYMSA)”**, que desarrolló la estudiante: María Sucely Herrera Pérez, cursante de la carrera de Ingeniería Industrial con carné número 2006 14904; cumpliendo con los objetivos propuestos.

Por su atención muy agradecido.

Atentamente,

  
*Ing. Frisley Mendizábal*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 6905  
Frisley William Mendizábal Tanchez  
Ingeniero Industrial  
Colegiado No. 6905



REF.REV.EMI.140.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTAR PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE SECADO EN LA INDUSTRIA MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A. (MYMSA)**, presentado por la estudiante universitaria **María Sucely Herrera Pérez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Edgar Darío Álvarez Cotí  
Ing. Mecánico Industrial  
Colegiado No. 3424

Guatemala, agosto de 2013.

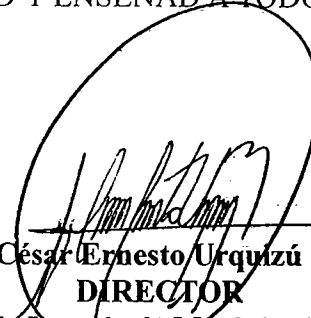
/mgp



REF.DIR.EMI.243.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **IMPLEMENTAR PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE SECADO EN LA INDUSTRIA MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A. (MYMSA)**, presentado por la estudiante universitaria **María Sucely Herrera Pérez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
**DIRECTOR**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2013.

/mgp



Ref. DTG.639.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTAR PRODUCCION MAS LIMPIA, PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE SEGADO EN LA INDUSTRIA MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A. (MYMSA)**, presentado por la estudiante universitaria: **María Sucely Herrera Perez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, septiembre de 2013



/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme sabiduría, protegerme siempre y darme la oportunidad de cumplir este sueño.
<b>Mis padres</b>	Carmen Pérez y Aurelio Herrera, por el amor y fortaleza incondicional que me brindan en cada etapa de mi vida.
<b>Mis hermanos</b>	Carmen y Alberto Herrera, por ser parte de mi vivir, por el apoyo que siempre nos ha caracterizado.
<b>Mi sobrino</b>	Pequeño ser que trajo consigo luz y alegría a mi familia.
<b>Jose Gálvez</b>	Futuro compañero de vida, gracias por motivarme a terminar este proyecto, que es el inicio de una vida entera de proyectos que nos esperan juntos.
<b>Mis amigos</b>	Por compartir grandes experiencias y momentos inolvidables.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Ing. Andrés Molina**                      Por permitirme sin egoísmo elaborar este trabajo de graduación dentro de su empresa.
- Mi asesor**                                      Ing. Frisley Mendizábal, por su valioso tiempo, apoyo y comprensión, durante el desarrollo de este trabajo.
- Ing. César Urquizú**                      Por la ayuda oportuna en diversas ocasiones para alcanzar este sueño.
- Max Leiva**                                      Por la confianza depositada y tiempo de trabajo brindado para dar por finalizado este trabajo.
- Abel de la Cruz**                              Por su valiosa ayuda de inicio a fin en el desarrollo de este trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS .....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI

## 1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1.	Maderas y Machihombres S.A.....	1
1.1.1.	Historia .....	2
1.1.2.	Ubicación .....	3
1.1.3.	Visión.....	4
1.1.4.	Misión .....	4
1.1.5.	Valores .....	5
1.1.6.	Actividad comercial .....	6
	1.1.6.1. Productos .....	6
1.1.7.	Organización.....	10
	1.1.7.1. Organigrama.....	10
1.2.	Industria de madera.....	11
1.2.1.	Definición .....	12
1.2.2.	Origen de la madera .....	12
1.2.3.	Composición de la madera .....	13
1.2.4.	Tipos de madera .....	14
1.2.5.	Transformación de la madera .....	14



1.4.7.	Equipos e instrumentos .....	35
1.4.7.1.	Hornos.....	35
1.4.7.2.	Ventiladores .....	36
1.4.7.3.	Deflectores de aire .....	36
1.4.7.4.	Termómetros .....	37
1.4.8.	Preparación de la madera para el secado.....	38
1.4.8.1.	Carga.....	38
1.4.8.2.	Apilado .....	38
1.4.9.	Etapas de secado .....	40
1.4.9.1.	Precalentamiento.....	40
1.4.9.2.	Calentamiento .....	40
1.4.9.3.	Secado .....	41
1.4.9.4.	Acondicionamiento .....	41
1.4.9.5.	Enfriamiento .....	41
2.	SITUACIÓN ACTUAL	
2.1.	Análisis de la industria.....	43
2.2.	Procesos .....	45
2.3.	Desechos .....	52
2.3.1.	Tipos.....	54
2.3.2.	Manejo.....	54
2.4.	Cámara de secado .....	56
2.5.	Área de secado .....	56
2.5.1.	Descripción del método .....	56
2.5.2.	Eficiencia actual.....	57
2.5.3.	Metodología de control de humedad.....	58
2.5.4.	Carga de la cámara de secado .....	58
2.5.5.	Consumo energético.....	59
2.5.6.	Conducción de secado .....	59

2.5.7.	Mano de obra .....	59
2.5.8.	Almacenamiento posterior al secado.....	60
2.5.9.	Equipo e instrumentos.....	60
2.5.9.1.	Características .....	60
2.5.9.2.	Especificaciones .....	62
2.5.9.3.	Mantenimiento .....	64
2.5.10.	Características de cámara de secado .....	65
2.6.	Bases físicas de secado .....	66
2.6.1.	Especie .....	66
2.6.2.	Humedad .....	66
2.6.3.	Temperatura.....	67
2.6.4.	Diseño del sistema de circulación del aire .....	67
2.7.	Características de los procedimientos.....	68
2.8.	Emisiones atmosféricas .....	68

### 3. PROPUESTA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE SECADO

3.1.	Control del proceso de secado.....	74
3.1.1.	Corte de muestras para el control.....	75
3.1.2.	Control de temperatura .....	78
3.1.3.	Control de humedad .....	81
3.1.4.	Control de la ventilación .....	83
3.2.	Control de secado acorde al tipo de especie.....	84
3.3.	Controlar el apilado y cargado .....	86
3.4.	Mitigar fugas de calor en cámara de secado.....	88
3.5.	Propuesta de procedimientos para asegurar la calidad del proceso .....	91
3.6.	Análisis de salidas de materiales .....	93
3.6.1.	Cuantificación.....	93

	3.6.1.1.	Productos .....	95
	3.6.1.2.	Subproductos .....	95
	3.6.1.3.	Residuos .....	95
	3.6.1.4.	Emisiones.....	97
3.6.2.		Clasificación de residuos .....	97
	3.6.2.1.	No contaminantes.....	99
	3.6.2.2.	Contaminantes .....	100
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA		
4.1.	Gerencia General .....		101
	4.1.1.	Demostrar la ventaja competitiva .....	102
4.2.	Informar al personal.....		104
	4.2.1.	Nuevas técnicas de apilado .....	105
	4.2.2.	Selección de desperdicios para alimentar el horno .....	107
	4.2.3.	Utilización de documentos de control .....	108
4.3.	Aplicación de un programa de secado acorde al tipo de especie.....		109
4.4.	Control de procesos y procedimientos .....		111
4.5.	Diseño e instalación de dispositivos electrónicos para controlar el proceso .....		112
4.6.	Cámara de secado .....		113
	4.6.1.	Selección del aislante .....	113
	4.6.2.	Diseño .....	113
	4.6.3.	Instalación .....	114
5.	IMPACTO AMBIENTAL		
5.1.	Identificación de impactos ambientales .....		115
	5.1.1.	Clasificación de los impactos .....	117

5.1.2.	Descripción de los impactos .....	119
5.1.2.1.	Impactos positivos ambientales.....	119
5.1.2.2.	Impactos negativos ambientales .....	120
5.1.3.	Evaluación de los impactos .....	121
5.2.	Legislación Ambiental .....	121
5.3.	Medidas de prevención y mitigación .....	122
5.3.1.	Plan de contingencia .....	122
5.3.1.1.	Plan de seguridad ambiental.....	123
5.3.1.2.	Plan de seguridad para la salud humana .....	124
6.	SEGUIMIENTO Y MEJORA	
6.1.	Plan de evaluación.....	129
6.1.1.	Indicadores de avance .....	132
6.1.2.	Evaluación de resultados .....	132
6.2.	Evaluación cualitativa.....	133
6.3.	Evaluación cuantitativa .....	133
6.4.	Mantenimiento de equipo y cámara de secado .....	135
6.5.	Acciones correctivas .....	136
	CONCLUSIONES .....	137
	RECOMENDACIONES .....	139
	BIBLIOGRAFÍA .....	141
	APÉNDICES .....	143
	ANEXOS .....	151



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Instalaciones Maderas y Machihombres S.A.....	2
2.	Ubicación física .....	4
3.	Madera dimensionada de pino y ciprés .....	6
4.	Madera impregnada en caballetes .....	7
5.	Estilo de pérgola tradicional.....	8
6.	Juegos infantiles de exterior .....	9
7.	Muebles de jardín .....	10
8.	Organigrama general.....	11
9.	Partes del tronco .....	13
10.	Carro porta trozas .....	16
11.	Sierra de cinta para madera tipo <i>Schuler</i> .....	16
12.	Maquina desorilladora .....	17
13.	Reaserradora .....	18
14.	Equipo de afilar cintas .....	18
15.	Bandas transportadoras de rodillos .....	19
16.	Cámara de secado .....	27
17.	Planos de corte de la madera .....	32
18.	Distintos defectos de secado.....	35
19.	Horno conductor de calor .....	36
20.	Ventiladores y deflectores de aire .....	37
21.	Termómetro industrial bimetálico.....	37
22.	Método de apilado <i>box piling</i> , agregando separadores.....	39
23.	Método de apilado <i>box piling</i> , sin agregar separadores.....	40

24.	Principales productos de exportación.....	44
25.	Mapa de procesos MYMSA .....	46
26.	Patio de trozas, antes del aserrado.....	47
27.	Posibles alternativas de corte .....	48
28.	Aserrado de madera, alternativa 1 .....	49
29.	Distribucion de maquinaria de aserrado en Línea Principal.....	50
30.	Almacen madera aserrada .....	51
31.	Madera secada al aire, apilada en caballetes .....	52
32.	Residuos de madera áreas impregnado y celosía .....	53
33.	Desperdicios de madera .....	55
34.	Temperaturas máximas actuales. ....	57
35.	Detalle del Departamento de Maderas Duras y Servicios Generales .....	59
36.	Vista frontal horno.....	61
37.	Termómetro del horno de secado .....	62
38.	Dispositivos de control de temperatura y humedad relativa .....	63
39.	Xilohigrómetro para determinar la humedad en madera .....	64
40.	Puerta de inspección área de secado .....	65
41.	Circulación del aire dentro de la cámara de secado.....	68
42.	Esquema propuesta proceso de secado eficiente .....	72
43.	Acciones previas y etapas del proceso de secado .....	74
44.	Obtención de muestras para control de humedad.....	77
45.	Espesor sugerido para separadores de madera en pilas .....	88
46.	Mantas de lana mineral de roca .....	90
47.	Mantas de fibra cerámica.....	91
48.	Representación de un balance total .....	94
49.	Diagrama propuesto de flujo de operaciones alimentación de horno de secado .....	96
50.	Actividades para fase de planeación y organización del programa de Producción más Limpia.....	102

51.	Formación de pilas o lotes de madera a secar .....	107
52.	Instalación lana mineral de roca .....	114
53.	Diagrama de flujo para clasificar los niveles de significancia de los efectos medioambientales .....	118
54.	Medidas de Seguridad industrial durante el proceso de apilado y carga .....	126
55.	Diagrama de secuencia de procedimiento para la adquisición y cambio de equipo de protección individual (EPI) .....	127
56.	Documento para registro de razones de no conformidad. ....	128
57.	Cantidad de madera seca por período. ....	134

## **TABLAS**

I.	Temperaturas admisibles para lograr secado de alta calidad en diferentes tipos de madera .....	81
II.	Contenido recomendable de humedad en distintos artículos de madera al momento de la instalación .....	82
III.	Criterios de clasificación de la madera .....	85
IV.	Propuesta datos básicos para el análisis y establecimiento del programa de secado .....	110
V.	Temperatura y gradiente de secado para maderas frondosas.....	110
VI.	Definición de los ciclos de secado según la JUNAC.....	111
VII.	Registro de datos para residuos sólidos.....	112
VIII.	Clasificación de impactos ambientales identificados .....	117
IX.	Clasificación de impactos según significancia .....	119
X.	Indicadores de avance .....	132
XI.	Estado de resultados comparativo sobre tiempos de secado actual, optimista y pesimista .....	134



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetro
<b>CH</b>	Contenido de Humedad
<b>Ec</b>	Ecuación
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>°F</b>	Grados Fahrenheit
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mA</b>	Miliamperio
<b>mm</b>	Milímetro
<b>Ps</b>	Peso madera seca
<b>%</b>	Por ciento



## GLOSARIO

<b>Abastecimiento</b>	Actividad encaminada a cubrir las necesidades de consumo.
<b>Aislante</b>	Propiedad de un material que representa la resistencia al paso del calor, la electricidad, entre otros.
<b>Alteración</b>	Cambio o modificación en las características físicas o químicas de un objeto.
<b>Anisótropo</b>	Propiedad general de la materia según la cual determinadas propiedades físicas varían según la dirección en que son examinadas.
<b>Aserradero</b>	Instalación mecanizada o artesanal dedicada al aserrado o corte de madera.
<b>Aserrín</b>	Partículas que se desprenden de la madera cuando se la sierra.
<b>Calor</b>	Transferencia de energía entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas temperaturas

<b>Canto</b>	Línea que forma la terminación de la superficie de algún elemento de madera.
<b>CCA</b>	<i>Chrome, Copper, Arsenic</i> (Óxidos de cromo, Cobre y Arsénico) Químicos utilizados para el tratamiento de madera, para aumentar la duración y resistencia.
<b>Celosía</b>	Estructura reticular de barras rectas interconectadas en nudos formando triángulos planos o pirámides tridimensionales.
<b>Celulosa</b>	Principal componente de las paredes celulares de los árboles y otras plantas.
<b>Dimensión</b>	Atributo o característica de carácter descriptivo de un objeto al que se le pueden asignar diferentes valores.
<b>EIA</b>	Evaluación de Impacto Ambiental. Procedimiento técnico y administrativo utilizado para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en caso de ser ejecutado.
<b>Equilibrio</b>	Estado en el cual un sistema se encuentra constante o sin cambio según las variables que se estén estudiando o midiendo.
<b>Fabricación</b>	Conjunto de operaciones unitarias necesarias para modificar las características de las materias primas.



<b>Fisura</b>	Abertura fina producida en cualquier material con superficie suave.
<b>Gradiente</b>	Diferencia de valor para un fenómeno entre dos puntos del espacio en un mismo momento.
<b>Grieta</b>	Abertura larga y estrecha producto de la separación de dos materiales.
<b>Humedad</b>	Cantidad de vapor de agua presente en el aire. Cantidad de agua presente en un objeto.
<b>Humedad Relativa</b>	Relación porcentual de la cantidad de vapor de agua presente en el aire, entre la cantidad máxima de vapor que puede mantener a la misma temperatura.
<b>Impregnación</b>	Saturación de las fibras con una mezcla química de efectividad comprobada con el objeto de protegerla contra organismos destructores.
<b>LCD</b>	<i>Liquid Crystal Display</i> (Pantalla de Cristal Líquido) Pantalla delgada y plana formada por pixeles a color o monocromos colocados delante una fuente de luz.
<b>Machihembre</b>	Sistema para ensamblar tablas de madera cepillada por medio de rebajes y cortes en los cantos.

<b>Melanina</b>	Pigmento de color negro o pardo negruzco en forma de gránulos que existe en el protoplasma de ciertas células de los vertebrados.
<b>Secado</b>	Eliminar parcial o totalmente la humedad de una materia.
<b>Viruta</b>	Fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas de la madera.

## RESUMEN

La industria de la madera es un rubro productivo de gran magnitud, un punto clave de este proceso es el secado de madera, porque para elaborar un derivado de buena calidad se necesitan niveles de humedad bajos y específicos según el uso final deseado.

La madera recién cortada contiene un porcentaje elevado de humedad, secada al aire libre tardará el doble de tiempo que al ser secada de forma artificial. Son muchas las ventajas del secado artificial, las más importantes son el control de las variantes del clima dentro de la cámara de secado y un aumento considerable de las propiedades físicas de la madera.

En estos días la contaminación ambiental es un problema crítico que afecta a la humanidad completa, provocada en gran parte por la adición de sustancias en dosis que sobrepasan las aceptadas por la naturaleza y que muchas de ellos son emitidas por los procesos industriales. Se hace necesaria la aplicación de la Producción más Limpia al proceso de secado de madera, porque se puede aumentar la eficiencia y reducir impactos ambientales que afectan directamente a la naturaleza.

La Producción más Limpia se basa en estrategias ambientales preventivas integradas tanto a procesos como a productos, la implementación implica la evaluación de los procesos e identificación de oportunidades para hacer mejor uso de los materiales y minimizar la generación de los residuos y emisiones.

Las variables de mayor relevancia en el proceso de secado son la temperatura, la humedad y la velocidad del aire. La energía necesaria que adquieren las moléculas de agua para la evaporación proviene del calor y de la capacidad del aire para absorber la humedad que se libera de la madera.

La aplicación de buenas prácticas de operación y cambios tecnológicos son un punto de apoyo durante el desarrollo de dicha estrategia; al igual que la información cualitativa y cuantitativa obtenida adaptará al equipo de trabajo con los procesos productivos de la empresa y se simplifica la identificación y planteamiento de opciones de Producción más Limpia.

Conjuntamente se trabaja con la conservación de la materia prima, con la energía, la eliminación de materias primas tóxicas, la reducción en cantidad y toxicidad de las emisiones antes de la finalización del proceso; cumpliendo con las normativas ambientales que garanticen el mejoramiento continuo de la gestión ambiental para la empresa, además la información recolectada se almacenará en una base de datos y será útil para definir un programa de secado que se adapte no solo a la especie de madera a secar, sino a la propia cámara de secado.

La comunicación y el orden son elementos principales para el correcto funcionamiento de todo sistema y en este caso el proceso de secado de madera; el uso de instrumentos y herramientas básicas facilitan el control y seguimiento del proceso de implementar de la Producción más Limpia en el Área de Secado de Madera.

# OBJETIVOS

## General

Implementar Producción más Limpia, para aumentar la eficiencia en el proceso de secado en la industria Maderas y Machihombres S.A. (MYMSA).

## Específicos

1. Detectar ineficiencias en el proceso de secado, analizando los puntos críticos.
2. Establecer un sistema para el control de las principales variables del secado de la madera.
3. Diseñar documentos que respalden la calidad del secado
4. Establecer un mecanismo para eliminar las fugas en el proceso de secado
5. Clasificar los desperdicios utilizados en la alimentación de los hornos, para reducir emisiones que contaminen al medioambiente.



## INTRODUCCIÓN

Maderas y Machihembres S.A. (MYMSA) es una industria cuya actividad económica depende del aserrado de madera, al utilizarse como materia prima para la elaboración de los productos. Cuenta con maquinaria de aserrío, impregnación y secado por lo que dentro de la zona urbana, es uno de los aserraderos más grandes.

Debido a los cambios climáticos provocados por la actividad humana durante el crecimiento industrial, en la actualidad el enfoque de la Producción más Limpia ha ido en aumento, y se orienta en la mejora de procesos y productos para evitar problemas ambientales, es por ello que nace la necesidad de aumentar la eficiencia en el secado de madera.

El proceso de secado en la industria consiste básicamente en absorber la humedad de la superficie de la madera, mediante la circulación de aire caliente generado por hornos cuyo combustible es el desperdicio de madera generado de otros procesos dentro de la industria.

La demanda de madera seca durante el invierno incrementa, tanto para procesos internos, como para terceros que la requieren para uso propio y que no cuentan con maquinaria adecuada para realizar el secado.

Para lograr un mejor secado en la madera se necesita controlar de factores clave durante el proceso siendo estos: la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire, para reducir el tiempo de secado y por consiguiente costos como la energía y mano de obra.





## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

Muchos de los usos de la madera han sido reemplazados por metales o plásticos desde la revolución industrial, aún así, sigue siendo un material apreciado por la belleza, características y propiedades que la hacen única al compararla con otros materiales artificiales.

Debido a la demanda de madera seca para diversos usos comerciales, el secado artificial se ha convertido en un proceso de gran importancia en la competencia nacional e internacional con productos de buena calidad.

Partiendo de la variedad de factores que influyen para que el proceso de secado se convierta en un proceso ineficiente, que abarca gran cantidad de tiempo y energía, nace la necesidad de controlar las variables como temperatura y humedad relativa con base en un programa de secado el cual representa el mayor reto para la industria maderera debido a la diversidad de especies arbóreas en cada región.

### **1.1. Maderas y Machihembres S.A.**

La empresa es la planta de producción del antiguo aserradero H.E. Arathoon y Cía. Ltda., fundado en 1939 en la avenida Bolívar, zona 3. Las instalaciones en la ciudad de Guatemala cuentan con maquinaria de aserrío, impregnación y secado.

Actualmente ofrece gran variedad de productos y servicios madereros entre los que destacan madera dimensionada, muebles, diseño de exteriores, juegos infantiles y servicio de secado de madera, entre otros.

Figura 1. **Instalaciones Maderas y Machihembres S.A.**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

### **1.1.1. Historia**

En 1939 la familia Arathoon decide comprar las instalaciones del aserradero ubicado en la avenida Bolívar a la familia Fumigalli Maselli Bonato.

Fue en 1965 que como parte de la expansión del negocio, trasladan el aserradero a la actual planta de producción, ubicada en la zona 12 calzada Atanasio Tzul, en donde permanece hasta la actualidad, las instalaciones de la avenida Bolívar se utilizaron como puesto de venta hasta el 2000 cuando deciden vender estas instalaciones.

En 1981 Hillary Arathoon sede la empresa a los hijos, quienes actualmente continúan con la administración, como parte de la expansión del negocio familiar, en 2004 se inaugura la sucursal ubicada en el kilometro 18.5, carretera al Salvador, como puesto de venta para artículos de carpintería como: *decks*, juegos infantiles y celosía entre otros.

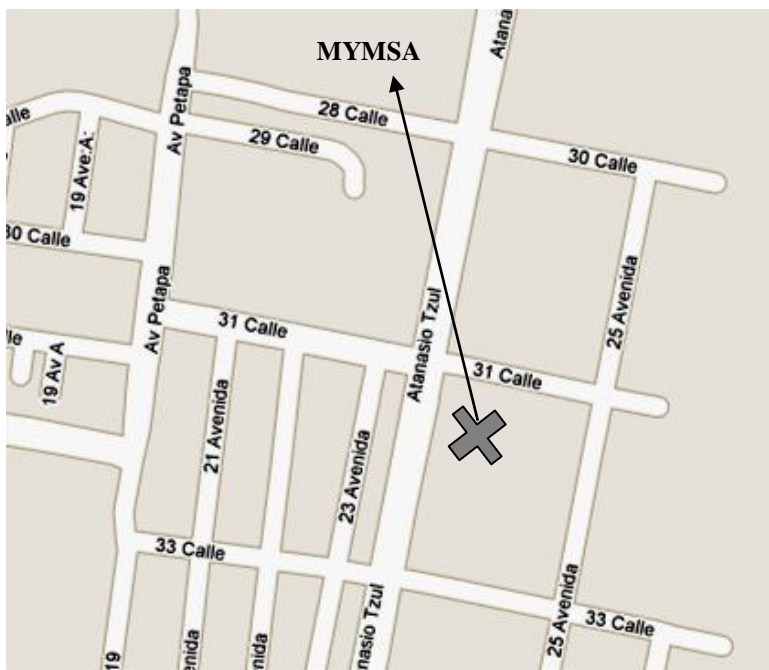
En 2004 también se adquieren los hornos para el secado de madera, motivados por la creación de una estrategia para aprovechar los residuos de los diferentes procesos de la madera provenientes del aserrado, además de que el Área de Carpintería demanda cierta cantidad de madera seca para cumplir con la demanda, en consecuencia a esto detectan la importancia de la madera seca para distintos procesos y la aprovechan como fuente de ingresos, fue entonces cuando adquieren el equipo de secado.

En 2007 como nueva estrategia se inicia con el servicio de secado de madera para terceros, cuya demanda ha ido en crecimiento desde ese entonces.

### **1.1.2. Ubicación**

La industria Maderas y Machihombres S.A. (MYMSA) se encuentra actualmente ubicada en la zona 12, calzada Atanasio Tzul, 31 calle 24-00, ciudad de Guatemala. El siguiente mapa describe la ubicación geográfica de la empresa en la ciudad de Guatemala.

Figura 2. **Ubicación física**



Fuente: [maps.google.com.gt/maps?q=calzada+atanasio+tzul](https://maps.google.com.gt/maps?q=calzada+atanasio+tzul). Consulta: 15 de abril de 2011.

### 1.1.3. **Visión**

Ser una empresa líder a nivel nacional en la elaboración de productos madereros, alcanzar los más altos estándares de calidad a un precio competitivo, y ofrecer un servicio de excelencia buscando siempre la satisfacción de nuestros clientes y el respeto al medio ambiente.

### 1.1.4. **Misión**

Crecer dentro de un ambiente de negocios dinámico y globalizado a través de la atención al cliente, la diversificación del negocio y el mercadeo, respetando la integridad administrativa legada por nuestros fundadores.

### **1.1.5. Valores**

La empresa basa sus acciones y decisiones en un conjunto de valores que orientan la conducta de todos los miembros de la organización, en la realización de las tareas diarias. Estos valores describen la imagen que la empresa desea ofrecer, además de ser fundamentales para el impulso empresarial en el alcance de los objetivos.

**Respeto.** Valorar y aceptar de forma positiva a las personas, para crear armonía entre la organización, el equipo de trabajo y los clientes.

**Transparencia.** Actuar de acuerdo a aspectos legales y principios éticos, brindar siempre información verídica a los clientes e instituciones interesadas.

**Humildad.** Conocer las debilidades de la organización, para mantenerse estable en el respeto propio, reconociendo los errores para enmendar las acciones.

**Lealtad.** Compromiso de los miembros de la empresa con el cumplimiento de los objetivos y metas, siendo perseverantes en todo momento y actuando con honestidad de acuerdo a las políticas de la misma.

**Responsabilidad.** Cumplir con las tareas asignadas, dar el máximo esfuerzo de cada uno, y de esta forma crear confianza tanto en los clientes, como en cada miembro de la organización.

**Trabajo en equipo.** Mediante un ambiente de comunicación, respeto y confianza, compartir conocimientos y experiencias para el alcance de los objetivos empresariales.

### **1.1.6. Actividad comercial**

La empresa se dedica a la adquisición, proceso, asesoría y venta de objetos de madera. En el proceso de aserrío se genera materia prima para los procesos de los Departamentos de Celosía, Impregnado y Secado, dentro de la empresa.

#### **1.1.6.1. Productos**

Actualmente el negocio se divide en ramas comerciales; cada una de estas ofrece productos con características descritas a continuación:

- Pino y ciprés: madera dimensionada de pino, utilizada para vigas, estructuras, techos falsos, tableros encofrados; madera dimensionada de ciprés utilizada para vigas, columnas, techos, cielos falsos y zócalos entre otros. Se cuenta con asistencia y asesoría en la construcción y se trabaja bajo cortes comerciales y especiales.

Figura 3. **Madera dimensionada de pino y ciprés**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

- Pino impregnado con CCA: la madera es un material susceptible a ser atacado por agentes biológicos, por ello se hace necesaria la preservación mediante la utilización de equipos de impregnación y químicos de alta calidad provenientes del *Chemical Specialties Inc.* Estados Unidos; de esta forma la madera puede exponerse a todo tipo de condiciones climáticas.

Figura 4. **Madera impregnada en caballetes**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

- Tableros: ligeros y económicos fabricados de fibras de madera entre ellos se ofrecen:
  - Madera contrachapada (*Plywood*): la construcción se basa en sobreponer y pegar placas de madera alternando el sentido de la fibra para generar estabilidad dimensional, y resistencia. De diferentes tipos dependiendo el uso final para el que se desee y de acuerdo a la especie de madera y el tipo de encolado utilizado.

- MDF (tableros de fibra de densidad media): de estructura uniforme y homogénea, de textura fina, por lo que es utilizada para construir muebles, se trabaja de la misma forma que la madera maciza, pero el peso es muy elevado. Excelente para pintar o lacar, además de ser de bajo costo económico en el mercado.
- Melamina: tablero aglomerado de partículas, recubierto en forma decorativa en ambos lados en diversos colores y diseños, superficie totalmente dura y libre de poros, lo que la hace de fácil limpieza. Utilizado frecuentemente en muebles decorativos.
- Maderas tropicales: se cuenta con una gama completa de maderas, duras, finas y exóticas incluyendo: teca, Santa María, cedro, palo blanco, chichipate, conacaste, caoba.
- Carpintería completa: creación de todo tipo de objetos a base de madera y flexible a las necesidades del cliente:
  - Pérgolas: fabricación de pérgolas en varios estilos, de acuerdo al plano proporcionado o asesorar en un diseño que se adapte al estilo y presupuesto del cliente.

Figura 5. **Estilo de pérgola tradicional**



Fuente: Maderas y Machihombres S.A.



- Juegos infantiles: fabricación de columpios, casitas y fuertes en pino impregnado; en el diseño seleccionado o proporcionado por el cliente.

Figura 6. **Juegos infantiles de exterior**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

- Kioscos: fabricación de kioscos en el estilo proporcionado o seleccionado por el cliente y en color natural o con tinte, con varios colores de techo, y con diferentes diseños de baranda.
- Vigas y tijeras: fabricación de vigas compuestas de hasta 10 metros. Estructurales y decorativas además se fabrican tijeras de techo bajo especificación.
- Puertas: fabricación de puertas a la medida, en el estilo y tipo de madera seleccionada por el cliente. También se fabrican puertas de pino impregnado para ambientes tropicales.
- Muebles de jardín: se posee una amplia gama de muebles de jardín fabricados bajo pedido en la madera que deseada por el cliente.

Figura 7. **Muebles de jardín**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

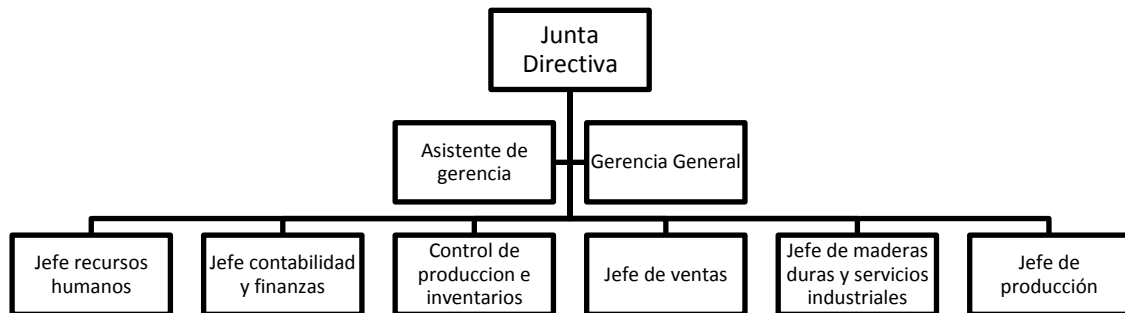
### **1.1.7. Organización**

La organización es funcional por lo que cada jefatura tiene a cargo un departamento. Las decisiones trascendentales son tomadas por Junta Directiva, la máxima autoridad dentro de la planta es el gerente general, teniendo a cargo la operación y supervisión de los departamentos internos de la empresa, también se cuenta con asistente de gerencia, quien contribuye a las decisiones tomadas por el gerente general.

#### **1.1.7.1. Organigrama**

El organigrama (ver figura 8) esquematiza de manera general la jerarquía en la toma de acciones y decisiones dentro de la empresa.

Figura 8. **Organigrama general**



Fuente: Gerencia General.

## 1.2. **Industria de madera**

La madera proveniente del tronco de un árbol es un material orgánico natural, con excelentes propiedades tanto físicas como mecánicas; es transformada y utilizada por empresas para diversos fines desde tiempos muy remotos debido a la resistencia.

La industria de la madera, es una de las más importantes a nivel mundial, en cuanto a aprovechamiento de los recursos naturales, emplea a cientos de miles de trabajadores alrededor del mundo, favoreciendo la economía de cada país. Inicia con la plantación de árboles, extracción de los bosques y procesamiento según el uso final que se le desea dar; la madera posee características que la hacen propia de la región de la que se obtuvo.

Se divide en dos ramas principales: la industria de madera primaria que abarca desde la plantación hasta el aserrado y la industria de madera secundaria que procesa los productos obtenidos en la industria de madera primaria y los convierte en productos de uso común.

La madera es un material de gran dureza por naturaleza, para alargar la vida útil en la industria de madera secundaria luego de pasar por el proceso de aserrado, es sometida a procedimientos químicos que la protegen del ataque de organismos vivos como hongos y termitas, uno de los métodos más importante es la impregnación con cloruro de cinc o CCA, sin embargo el recubrimiento superficial con barnices resulta ser buena opción en cuanto a rapidez, aunque menos duradera.

Con el proceso de secado se mejoran las propiedades físicas y mecánicas al disminuir los niveles de humedad favoreciendo la industria de madera dedicada a la fabricación de productos de uso final.

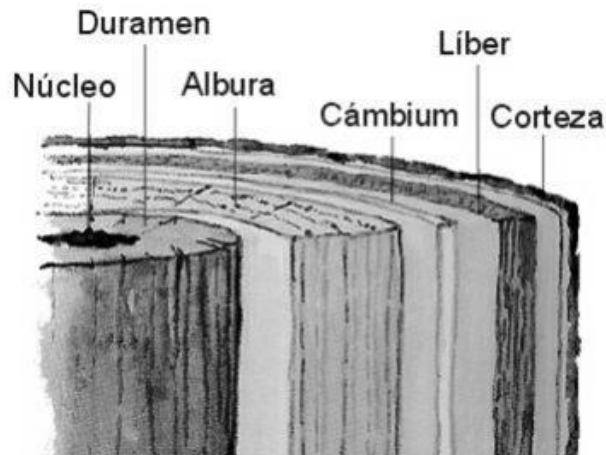
#### **1.2.1. Definición**

La composición celular la hace un material resistente y duradero; debido a la porosidad absorbe humedad haciéndola vulnerable al ataque de hongos e insectos y para contrarrestar estos efectos, se somete a procesos como el secado e impregnado que mejoraran la resistencia, aislamiento y manejable al trabajar.

#### **1.2.2. Origen de la madera**

La madera es un material de origen vegetal que se encuentra en los troncos de los arboles, compuesto por fibras de celulosa, es un material ortotrópico debido a que las propiedades mecánicas son únicas y en la estructura interna posee tres ejes elásticos (longitudinal, tangencial y radial).

Figura 9. **Partes del tronco**



Fuente: [www.tecnoagencia.com](http://www.tecnoagencia.com). Consulta: 20 de marzo de 2013.

### 1.2.3. **Composición de la madera**

Como cualquier otro ser vivo, la madera posee células, estructuradas mayormente por carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y otros componentes en cantidades de acuerdo al tipo de árbol, estos componentes forman la celulosa y la lignina que le proporcionan propiedades físicas y químicas a la madera.

Los principales elementos que componen la madera son los siguientes:

- **Fibras:** estas proporcionan resistencia mecánica al árbol, se encuentra en forma paralela al eje longitudinal.
- **Poros:** transportan agua y sustancia a las ramas

- Radios: transportan y almacenan sustancias de reserva en forma horizontal.
- Parénquima longitudinal: células más cortas y más claras que la fibras; transportan y almacenan sustancias de reserva en dirección longitudinal.

#### **1.2.4. Tipos de madera**

Puede ser clasificada en dos grupos principales: maderas duras y maderas blandas.

- Maderas duras: consideradas como de mejor calidad, se caracterizan por obtenerse de arboles caducifolios es decir de hojas anchas y que las pierden en cierta temporada del año, el precio es más elevado debido a que el crecimiento es lento, en la superficie poseen poros microscópicos, lo que las hace ser más resistentes, entre ellas se encuentran: teca, chichipate, Santa María, caoba y cedro.
- Maderas blandas: son económicas y provenientes de arboles de crecimiento rápido, por lo que son más abundantes. Entre ellas tenemos: pino y ciprés.

#### **1.2.5. Transformación de la madera**

La troza obtenida del árbol es transportada a los aserraderos y mediante la utilización de máquinas mecánicas se procesan y obtienen productos semiacabados destinados a la transformación de diferentes bienes.

### **1.2.5.1. Proceso de aserrado**

El proceso del aserrado inicia con la recepción de trozas de madera, codificación e ingreso al sistema de cada aserradero; seguido se generan productos semiacabados, tablas y tablones dimensionados, para ser destinados a una industria de segunda transformación, carpintería y construcción, entre otros.

### **1.2.5.2. Equipo utilizado**

Durante el aserrado se trata de lograr el mejor rendimiento posible de cada troza, con los avances de la tecnología en cuanto al equipo utilizado se logra perfeccionar el corte en cuanto a velocidad, delgadez y precisión; reduciendo de forma considerable la cantidad de aserrín.

Un aserradero regularmente utiliza la siguiente maquinaria básica para el funcionamiento:

- Carro porta trozas: los mecanismos eléctricos y neumáticos que controlan el carro son controlados en un centro de mando a distancia, manejado por un operador. Mediante un sistema de cables de acero se transmite el movimiento hacia el elemento cortante (sierra cinta) y hacia atrás (después del corte). El movimiento transversal se realiza a través de las escuadras de accionado mecánico para dar a la madera el espesor requerido, la troza se fija al sistema mediante sujetadores tipo gancho que funcionan de forma manual.

Figura 10. **Carro porta trozas**



Fuente: [www.mit.cl/main/producto/25](http://www.mit.cl/main/producto/25). Consulta: 15 de abril de 2013.

- Sierra de cinta o sierra principal: es una sierra eléctrica que consta de una cinta dentada, realiza el corte en un solo sentido, el operario con ayuda del carro porta trozas gira la troza y corta las orillas hasta obtener un tablón de madera con cortes rectos en las caras longitudinales.

Figura 11. **Sierra cinta para madera tipo *Schuler***



Fuente: [maqtool.wordpress.com/tag/maquinaria-maderera](http://maqtool.wordpress.com/tag/maquinaria-maderera). Consulta: 15 de abril de 2013.



- Desorilladora: se utiliza para producir tablas o tablones con cantos paralelos. Las tablas o tablones provenientes de la sierra principal, son transportadas para alimentarla en forma manual para el canteado por medio de una o más sierras circulares.

Figura 12. **Maquina desorilladora**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

- Despuntadora: tipo pendular, realizan cortes transversales o perpendiculares al eje de la tabla. La función principal es cortar los extremos de las tablas o tablones para obtener ángulos rectos en los extremos. Son utilizadas también para eliminar defectos en las tablas como rajaduras, extremos podridos y grietas entre otras.
- Reaserradoras: son máquinas más pequeñas que constan de una sierra circular de mesa, las cuales se utilizan para recuperar piezas sanas de dimensiones menores eliminando las áreas dañadas de las mismas.

Figura 13. **Reaserradora**



Fuente: [www.mit.cl/main/producto/25](http://www.mit.cl/main/producto/25). Consulta: 15 de abril de 2013.

- Equipo de afilado: área en la cual se aprovisiona de forma constante las sierras necesarias para el óptimo funcionamiento de la sierra de cinta y canteadoras.

Figura 14. **Equipo de afilar cintas**



Fuente: [aserraderos.blogspot.com](http://aserraderos.blogspot.com). Consulta: 15 de marzo de 2013.

- Transportadores: son bandas que mediante uso de rodillos y el accionamiento manual transportan de un lado a otro las tablas y tablones provenientes de los procesos de corte en la sierra de cinta y canteadoras.

Figura 15. **Bandas transportadoras de rodillos**



Fuente: [www.mit.cl/main/producto/25](http://www.mit.cl/main/producto/25). Consulta: 15 de marzo de 2013.

### **1.2.5.3. Rendimiento**

El rendimiento depende de la maquinaria utilizada en cada aserradero y al ritmo de producción que se trabaja. A manera general inicialmente se seleccionan trozas con características comunes, se toman datos sobre el volumen, forma y especie de cada troza. Luego de haber sido procesada en la sierra principal se separan las piezas obtenidas, para finalmente evaluar el volumen de madera obtenido en tablas, y dividir entre los medios que se utilizaron para obtener dichos resultados, es decir el volumen inicial de cada troza de prueba.

### **1.2.6. Industria de madera en Guatemala**

En los últimos años, los productos procedentes de la industria de madera han incrementado considerablemente, beneficiando a la economía nacional.

Existen más de 700 especies de árboles en los bosques de Guatemala, según el Registro Forestal Nacional del Instituto Nacional de Bosques INAB, pero son pocas las especies clasificadas para la industria de madera primaria y secundaria; la caoba y el cedro son especies que están dentro de las de alto valor en el mercado.

Aunque la tecnología utilizada en la mayor parte de los aserraderos es de bajo nivel tecnológico, la madera aserrada es el producto que tiene más plantas de producción registradas. El abastecimiento de materia prima se realiza durante el verano, por lo que la demanda es estacional.

La industria de madera secundaria está constituida por numerosas empresas y talleres artesanales, que se dedican a la generación de diversos productos, y cuya materia prima proviene de la industria de madera primaria.

Los muebles de madera por las características naturales, atraen grandemente al mercado y se encuentran dentro de los productos de madera que generan mayores divisas al país.

### **1.3. Producción más Limpia**

La aplicación de la Producción más Limpia en los procesos incluye, el aprovechamiento al máximo de la materia prima, agua, energía, en general se busca pasar de un proceso ineficiente de control a un proceso eficiente de

prevención de contaminación, para reducir costos y obtener mayores ganancias. La aplicación en los productos busca que durante toda la fabricación se reduzcan los impactos negativos al ambiente, a la salud y a la seguridad humana.

### **1.3.1. Definición**

La Producción más Limpia es la aplicación de estrategias a los procesos, productos y servicios para hacerlos más eficientes y productivos, de esta forma reducir el impacto ambiental y riesgos al ser humano.

### **1.3.2. Principios**

La Producción más Limpia se basa en los siguientes principios básicos para la aplicación:

- Controlar el proceso y las prácticas operativas para evitar defectos en el producto terminado.
- El buen mantenimiento de la maquinaria y equipo utilizado durante el proceso.
- El uso eficiente de la energía
- Sustitución de las entradas de materiales al proceso por otros menos tóxicos.
- Reutilización de los materiales resultantes como desperdicio de otros procesos dentro de la empresa.

- Modificación de los equipos existente para operar con mayor eficiencia
- Uso de equipo tecnológico
- Cambios o modificaciones en el producto por uno con características similares; mediante la utilización de materiales que generen menos impacto ambiental.

Cada uno de estos principios realizan un aporte al mejoramiento de la eficiencia de los procesos de producción y de esta forma se contribuye a la protección del medio ambiente.

### **1.3.3. Beneficios**

La aplicación de la Producción más Limpia trae consigo beneficios como los siguientes:

- Mejora el proceso haciéndolo más eficiente y se reducen costos en cuanto al correcto uso de los recursos proporcionados.
- Aprovechan al máximo los materiales convirtiéndolos en subproductos y se reducen las emisiones atmosféricas contaminantes.
- Aumenta la calidad de los productos y servicios brindados por la empresa porque las operaciones en el proceso son controladas, lo que las hace ser más predecibles en cuanto a tiempos de entrega lo que brinda una mejor imagen de la empresa ante los clientes y otros involucrados.

## **1.4. Secado de madera**

La madera recién cortada posee altos niveles de humedad, que la hacen ser un material pesado y de fácil ataque a hongos e insectos; de esta forma se hace necesario reducir los niveles de humedad dependiendo del uso final para el cual será destinado. Son muchas las condiciones que deben cumplirse para el secado de madera; sin embargo las principales son: el conseguir una humedad adecuada, en función de la aplicación prevista y que la humedad se distribuya de forma uniforme en la madera para evitar fisuras y tensiones.

### **1.4.1. Definición**

Es la reducción del porcentaje de humedad en la madera, a la salida del proceso de aserrado, hasta un porcentaje en función al uso final de la misma; este proceso se realiza mediante la utilización de métodos que bajo condiciones ambientales establecidas, van removiendo el agua contenida en la madera hacia otras zonas con menos contenido de humedad, hasta que se logra el porcentaje deseado.

### **1.4.2. Tipos de secado**

Son diversos los métodos para secar madera, básicamente se dividen en natural y artificial; pero cualquiera que sea el método empleado para secar la madera, durante el proceso pueden ocurrir cambios que pueden originar defectos capaces de cambiar absolutamente el principio básico de la técnica del secado, así el proceso de secar la madera, involucra el hecho de se reduzcan estos defectos, además de ser lo más rápido y económico posible.

#### **1.4.2.1. Secado al aire**

También denominado secado natural, consiste en apilar las piezas de madera en un lugar protegido, separadas del suelo y con espacios apropiados para que al exponer la madera a las condiciones ambientales de temperatura, humedad y aire circulen con uniformidad, hasta que las piezas vayan perdiendo el contenido de humedad en un tiempo que por lo regular oscila de 3 a 4 semanas o más.

El contenido de humedad que se logra en las piezas de madera, al aplicar este sistema de secado es igual o cercano al ambiente del entorno en que se encuentran dichas piezas de madera, buscando siempre el equilibrio. En cuanto al tiempo este tipo de secado está en desventaja, al igual que para controlar el desarrollo, pero es una buena opción si se trata de secar madera generada del proceso de aserrado y que formará parte del inventario de la empresa.

#### **1.4.2.2. Secado artificial**

El secado artificial de la madera consiste en controlar las condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad de circulación de aire de las piezas de madera húmeda a secar. Los contenidos de humedad obtenidos pueden ser muy bajos y en tiempo más corto.

Entre algunos métodos de secado artificial se tienen los siguientes:

- Secado convencional: este método se realiza en cámaras cerradas, el clima deseado se logra controlando las variables básicas de secado que son humedad relativa, circulación del aire y temperatura. El tiempo de secado depende de la especie y dimensiones de la madera sometida al



proceso. Se trabaja con temperaturas hasta 80°C y humedades relativas de 95 %.

- Secado al vacío: en este método se introduce la madera en máquinas que crean un vacío (reducción de la presión), transformando el agua contenida en la madera, en vapor que se va moviendo en dirección de las áreas frías. Una de las ventajas en la utilización de este método es que se eliminan riesgos de fisuras y alteraciones en el color.
- Secado a altas temperaturas: el método es parecido al convencional, a diferencia que se trabaja a temperaturas mayores de 110°C y la madera se debe precalentar a una temperatura lo más cercana a 100°C. Cuando se alcanza esta temperatura se incrementa rápidamente, lo que hace que el tiempo de secado sea más rápido y se utilice mejor la energía.
- Secado por bomba de calor: este método lo constituye básicamente un sistema de aire acondicionado, el cual consiste en pasar el aire húmedo de la cámara, por el evaporador que enfría el aire, hasta que empieza a condensarlo y elimina parte del vapor de agua en el aire en forma líquida, que pasa al compresor y se impulsa al condensador en donde se conecta y se envía a la cámara.

### **1.4.3. Importancia del secado**

Algunos aspectos de importancia que se logran con el secado de madera y hacen que la madera sea más fácil de trabajar, obteniendo productos con un mejor acabado son:

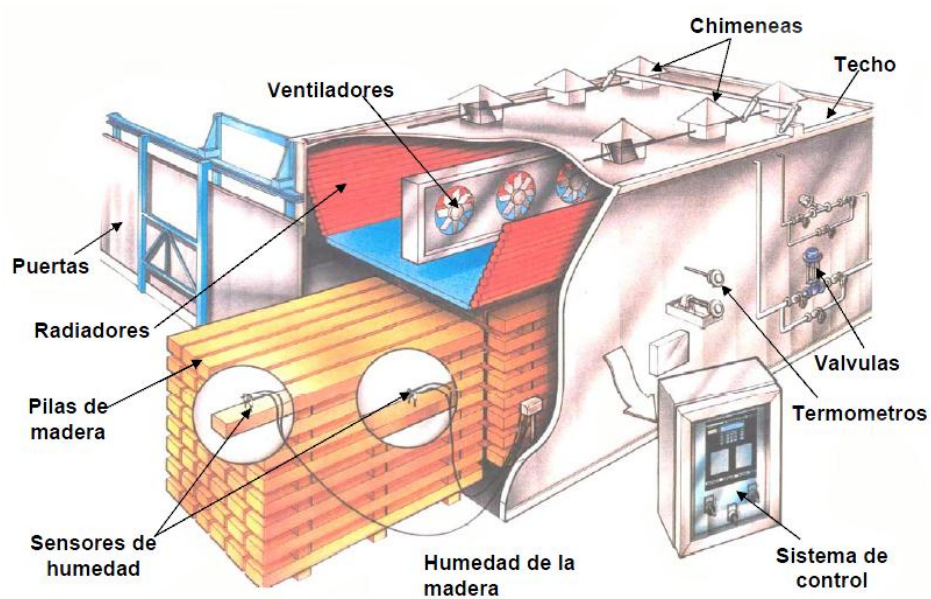
- Reducción del peso de la madera, debido a la eliminación de gran parte de la humedad, facilitando el transporte y manipulación cuando es trabajada.
- Cuanto más bajo sea el contenido de humedad así aumentará la resistencia y las propiedades aislantes.
- Se hace menos susceptible en cuanto al ataque de algunos insectos y hongos.
- Es más fácil la utilización de químicos para tratamiento de preservación
- Aumento de la capacidad para aceptar recubrimientos en las superficies

#### **1.4.4. Cámaras de secado**

Las dimensiones de una cámara de secado varían de acuerdo a la producción de madera que se desea secar, se utilizan materiales aislantes en el interior de la misma, con el objetivo de evitar pérdidas de energía en forma de calor dentro de la cámara de secado.

En general una cámara de secado está compuesta por un portón frontal, por donde se realiza la carga; una puerta pequeña para realizar la inspección; el techo y las paredes internas que están compuestas por algún material aislante; un sistema de ventilación de aire, el piso constituido por concreto y un sistema de control.

Figura 16. **Cámara de secado**



Fuente: Compymefor. Manual de secado. p. 28.

#### 1.4.5. **Bases físicas para el secado**

La calidad del proceso de secado depende del control de variables esenciales como humedad, temperatura y velocidad del aire.

##### 1.4.5.1. **Especie**

Cada especie de madera posee: densidad, coeficiente de contracción y humedad inicial diferente; la velocidad de secado de las maderas blandas es más rápida debido a que los poros en la superficie de la estructura son más grandes, por lo que la evaporación del agua en el interior se realiza más rápido. En cambio la estructura superficial de las maderas duras, es más compleja y de mayor densidad por lo que se requiere un mayor tiempo de secado.

### **1.4.5.2. Humedad relativa**

Es una medida de la cantidad de humedad en el aire. Es necesario mantener una temperatura adecuada dentro de la cámara de secado, si se aumenta la temperatura disminuye la humedad relativa es decir que aumenta la capacidad del aire de contener vapor de agua, se absorbe mayor cantidad de vapor de agua de la madera, en un menor tiempo.

Cuando se extrae vapor de agua del aire de la cámara de secado, se logra disminuir la humedad relativa y se aumenta la capacidad de sacar vapor de la madera. A una temperatura dada se alcanza un equilibrio es por ello que las condiciones del ambiente deben variar durante el proceso de secado.

La humedad relativa se define entonces como la relación que existe de vapor de agua en un volumen de aire entre el valor máximo de vapor de agua que dicho volumen podría contener a una temperatura dada.

#### **1.4.5.2.1. Medida de la humedad relativa**

La humedad relativa puede ser medida utilizando diferencia psicométrica de temperatura seca y húmeda o mediante un higrómetro que mide directamente la humedad en el aire. La humedad relativa del aire dentro de la cámara de secado tiene relación directa con la humedad de la madera, es decir que al aumentar la humedad relativa del aire, aumenta la humedad de la madera y al disminuir la humedad relativa del aire, disminuye la humedad de la madera.

### **1.4.5.3. Calor latente de evaporación**

Es la cantidad de energía necesaria para transformar el agua en vapor, es decir cambiar de un estado a otro. La madera en la estructura interna posee agua y al suministrar calor en la cámara de secado, la temperatura del agua contenida en la madera comienza a aumentar hasta llegar al punto de ebullición, donde permanecerá constante y la energía mientras la temperatura contenida en la madera permanezca constante, será utilizada para cambiar el agua de fase líquida a vapor.

### **1.4.5.4. Calor sensible**

El calor sensible es la energía absorbida durante un aumento de temperatura, pero no cambia de fase. Durante el proceso de secado el agua contenida en la madera aumenta de temperatura mientras se suministra calor a la cámara y esta energía absorbida durante el aumento de temperatura es lo que se denomina calor sensible.

### **1.4.5.5. Temperatura**

La temperatura mide la intensidad de calor de una sustancia en cualquier estado, las moléculas utilizan el calor como un medio para adquirir energía cinética y convertirse en vapor; cuanto más alta sea la temperatura dentro de la cámara de secado, más aumentará la capacidad del aire para absorber humedad de la madera y el proceso de secado será más rápido debido a que se acelera la evaporación.

El control de temperatura durante el proceso de secado es de gran importancia y depende directamente del tipo de madera sometida al proceso, las

maderas duras y madera recién aserrada deben secarse a bajas temperaturas para evitar defectos; por otro lado las maderas blandas resisten altas temperaturas, dependiendo de la fase o etapa del proceso de secado en que se encuentre.

#### **1.4.5.6. Velocidad**

El aire es el medio que se utiliza para transportar el vapor de agua que despiden las maderas, durante el secado. Transmite la energía necesaria para calentar y evaporar el agua contenida en la madera.

En el secado artificial, el aire caliente circula entre las pilas de madera mediante la utilización de ventiladores, a diferente velocidad de acuerdo a la fase que se encuentre la madera durante el proceso de secado. Además el aire debe distribuirse para calentar la madera de manera uniforme y sustituirlo por aire fresco.

Para evitar pérdidas de aire las puertas deben ser herméticas, los ventiladores deben funcionar a velocidad constante y la madera se debe apilar de modo que el aire pueda recorrer libremente la superficie de cada pieza de madera dentro de la cámara de secado.

#### **1.4.5.7. Espesor de la madera**

El tiempo de secado también depende del espesor de la madera. Durante el proceso de secado la madera sufre una contracción y se reduce en promedio de 1/16" a 1/8" en el espesor.

Al secar madera de diferente especie y espesor es recomendable combinar espesores con una diferencia no mayor a ½", de lo contrario no resultará eficiente, debido a que las piezas con mayor espesor tomaran más tiempo en alcanzar los niveles de humedad deseados, en comparación de las piezas de menor espesor.

Cuando se secan piezas de espesor elevado es necesario establecer condiciones ambientales más suaves, para evitar defectos provocados por la resequedad en la superficie de la madera.

#### **1.4.6. Proceso de secado**

En el proceso de aserrado se realizan cortes a cada troza, generando madera dimensionada que presenta hasta un 80 % de humedad, lo cual la hace pesada, vulnerable al ataque de hongos y por consiguiente poco atractiva para uso comercial.

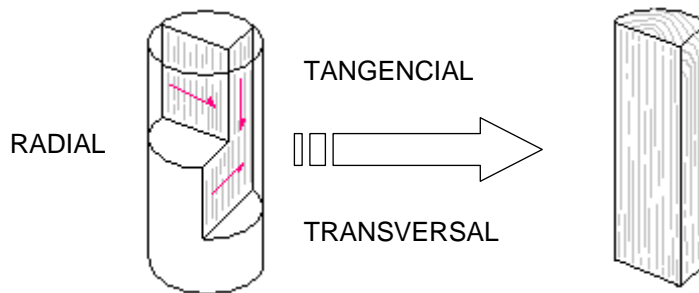
La madera debe presentar un porcentaje de humedad menor de 30 % para ser utilizada en la industria de segunda transformación; y dependerá del uso final que se le desee dar, es decir que el grado de humedad debe ser similar al de las condiciones ambientales en donde la madera será utilizada.

##### **1.4.6.1. Tipos de corte**

La madera es un material anisótropo por lo que posee distintas características en los ejes (longitudinal, transversal, tangencial); en dirección longitudinal el agua circula rápidamente, en dirección radial el agua circula un poco más lento y en dirección tangencial el agua circula lentamente; sobre estas direcciones se realizan los siguientes cortes:

- Corte transversal: perpendicular al eje del tronco
- Corte radial: longitudinal, paralelo a los radios y perpendicular a los anillos, regularmente usado en la fabricación de puertas.
- Corte tangencial: sección tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios, seca más rápido debido al fácil movimiento a través de los radios, aunque es más propensa a sufrir deformaciones.

Figura 17. **Planos de corte de la madera**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

#### 1.4.6.2. **Consideraciones de secado**

La especie, humedad, temperatura, velocidad y espesor son las principales variables que durante el proceso de secado artificial deben ser controladas, pero además existen otras consideraciones a tomar en cuenta para lograr madera seca de alta calidad.

- Humedad en la madera: el agua en el interior de la madera se presenta como: agua libre, agua de constitución y agua higroscópica; durante el proceso de secado pueden ser removidas el agua libre y el agua



higroscópica. En el proceso de secado el agua avanza por canales microscópicos, de interior a exterior, es decir busca las caras superficiales y extremos.

En la madera el contenido de humedad es la diferencia entre la cantidad de agua al iniciar el proceso de secado y la cantidad de agua al finalizar el mismo; se expresa en porcentaje utilizando la formula siguiente:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100$$

En donde:

CH = contenido de humedad

Ph = peso Inicial (madera húmeda)

Ps = peso Final (madera seca)

- Gradiente de humedad: el gradiente de humedad es la diferencia que se establece entre el contenido de humedad de la madera en el centro frente a la humedad en la superficie o ambiente en equilibrio. Entre mayor sea esta diferencia el secado será más rápido y entre más pequeña, el secado tardará más tiempo, el gradiente de humedad debe ser óptimo para evitar daños en la madera.

Un gradiente elevado puede interrumpir la circulación de agua, al formarse una capa dura en la superficie de la madera, impidiendo el secado de la madera. Por ello el agua contenida en la madera debe mantenerse regular en toda su área, para evitar tensiones que produzcan rajaduras o deformaciones.

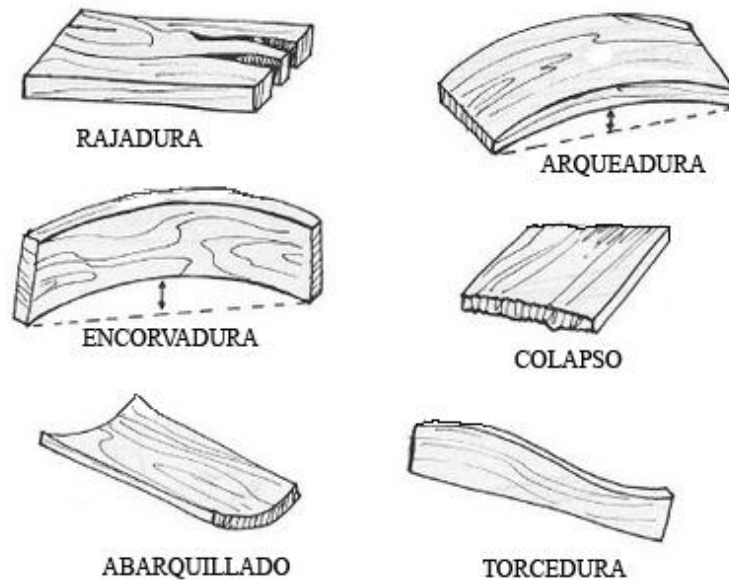
- Deformaciones naturales: imperfecciones relacionados con el crecimiento de los arboles, presentándose en la estructura de la madera, por ejemplo existencia de nudos, grano desviado.

### **1.4.6.3. Defectos de secado**

Si el proceso de secado no se realiza de forma adecuada, la madera puede generar tensiones internas a nivel de la estructura y presenta los siguientes defectos:

- Grietas superficiales o colapso: estos defectos son causados por la aplicación de un gradiente de humedad alto, por lo que las partes externas de la madera alcanzan rápidamente humedad bajo el punto de saturación de las fibras, mientras que la parte interna aun posee humedad.
- Cambios en la coloración o presencia de manchas: causado por una inadecuada circulación del aire entre las tablas y demasiada humedad en el ambiente, haciendo apto para la formación de hongos.
- Endurecimiento superficial: debido al elevado gradiente de humedad, causando interrupción en la circulación del agua, por la formación de una capa muy seca en la superficie.
- Alabeos: torceduras debidas al método inadecuado para apilar la madera, antes de ser ingresadas a la cámara de secado.

Figura 18. **Distintos defectos de secado**



Fuente: mueblesdomoticos.blogspot.com. Consulta: 15 noviembre de 2012.

#### **1.4.7. Equipos e instrumentos**

En el mercado existen equipos de alta y baja tecnología, la adquisición de un equipo de secado depende de los objetivos que el empresario persigue, generalmente un equipo de secado posee distintos componentes y el sistema de control.

##### **1.4.7.1. Hornos**

En el secado artificial son utilizados para generar calor que mediante tuberías es conducido hacia la cámara donde se encuentra la madera y utilizan ventiladores para la recirculación del aire caliente. Los hornos pueden ser

alimentados por combustión de algún material, por radiación o por electricidad y operan a temperaturas iniciales entre 38 °C -77 °C.

Figura 19. **Horno conductor de calor**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

#### **1.4.7.2. Ventiladores**

Son máquinas utilizadas para producir corriente de aire, giran en un solo sentido, la función es circular y renovar el aire proveniente del medio ambiente donde se encuentra instalado el sistema dentro de la cámara es decir entre las pilas de madera.

#### **1.4.7.3. Deflectores de aire**

Son utilizados para lograr una mejor circulación de aire, cambiando la dirección del flujo de aire, regularmente se utilizan los deflectores dentro de la parte superior y lateral de la cámara de secado.

Figura 20. **Ventiladores y deflectores de aire**



Fuente: [www.katres.cz/es/productos/camaras-de-compartimientos/construccion](http://www.katres.cz/es/productos/camaras-de-compartimientos/construccion).

Consulta: 13 de abril de 2013.

#### 1.4.7.4. **Termómetros**

Son instrumentos utilizados para medir la temperatura dentro de la cámara de secado y de combustión. En el proceso de secado juegan un papel muy importante, para mantener controlado el ambiente al que está expuesta la madera.

Figura 21. **Termómetro industrial bimetalico**



Fuente: [www.la-educacion.com/2012/02/temperatura-bloque-3-tema-2-ciencias.html](http://www.la-educacion.com/2012/02/temperatura-bloque-3-tema-2-ciencias.html).

Consulta: 3 de abril de 2013.

### **1.4.8. Preparación de la madera para el secado**

La madera debe ser preparada tomando en cuenta que el aire debe pasar de manera uniforme a través de las tablas, en el apilado se debe evitar la presencia de obstáculos que impidan esta circulación.

#### **1.4.8.1. Carga**

Regularmente la zona de carga se encuentra fuera del secadero en un espacio bajo techo, donde se preparan las pilas de madera a secar. El tamaño de las pilas depende del tamaño y del tipo de horno.

La madera se clasifica tomando en cuenta la especie, espesor, tipo de corte, el contenido de humedad inicial y el deseado, con el fin de obtener un producto de buena calidad. Si se mezclan especies se deben agrupar con otras de comportamiento de secado similar, además se visualiza la madera y se registran los defectos existentes. Dentro de la cámara de secado las pilas se colocan de tal forma que el recorrido del aire sea en dirección paralela a los separadores.

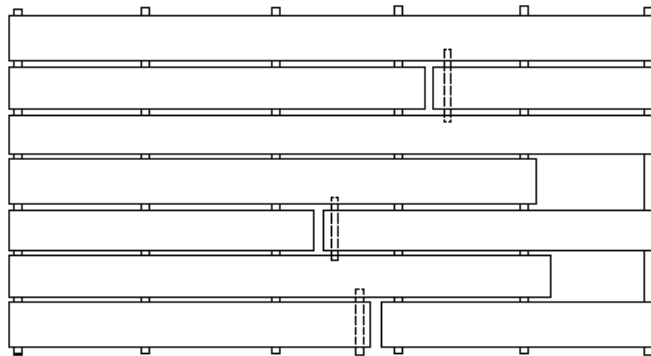
#### **1.4.8.2. Apilado**

Luego de clasificar las piezas, se forman las pilas cuyo tamaño depende de las dimensiones de la cámara de secado, cada pila se forma con madera de dimensiones regulares y uniformes para facilitar el manejo. Los fabricantes de secaderos recomiendan dimensiones estándar para los paquetes de 2.5x1.1x1.1 m, sobreponiendo como máximo cuatro paquetes.

Los separadores, hechos de madera seca libre de defectos, son colocados en dirección perpendicular a la longitud de las tablas a secar y se utilizan para lograr estabilidad en la estructura de la pila y una correcta distribución de aire.

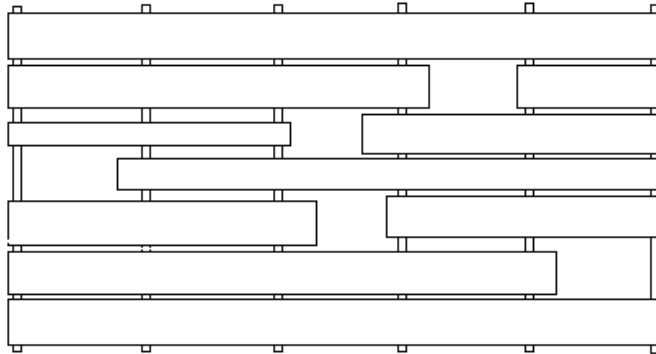
Cuando la madera a secar posee distintas longitudes se utiliza el método *Box piling*, que consiste en colocar en cada fila las piezas más largas en los extremos y rellenar el interior con las de menor longitud, cuando el espacio entre el separador y el extremo de la tabla es extenso es necesario agregar separadores, para evitar distorsión. El espacio entre piezas debe por lo menos de 2.5 cm. De lo contrario se restringe la circulación de aire entre la pila, causando manchas en los bordes.

Figura 22. **Método de apilado *box piling*, agregando separadores**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 23. **Método de apilado *box piling*, sin agregar separadores**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

#### **1.4.9. Etapas de secado**

Durante el proceso de secado se distinguen varias etapas que dan como resultado madera con bajos niveles de humedad, lista para ser utilizada en la industria de segunda transformación, carpintería y construcción entre otras.

##### **1.4.9.1. Pre calentamiento**

En esta etapa se comienza a suministrar calor, hasta lograr una temperatura similar en la madera y los elementos de la cámara.

##### **1.4.9.2. Calentamiento**

Se eleva la temperatura de la cámara, dilatando los poros superficiales de la madera facilitando el secado de las capas interiores. Es en esta etapa en que se genera calor latente al elevar la temperatura del agua dentro de la madera se llega al punto de ebullición y cambia de fase líquida a vapor de agua en donde inicia la fase de secado.



### **1.4.9.3. Secado**

Es la etapa más larga y donde se busca reducir el contenido de humedad de la madera, está constituida por dos subfases:

- Primera subfase: se elimina el agua libre contenida en la madera, la superficie de la madera es alimentada de agua líquida proveniente del interior y liberada en forma de vapor que es absorbido por el aire caliente que recorre dentro de la cámara. Esta fase puede durar días.
- Segunda subfase: Inicia la liberación del agua higroscópica y se modifican las dimensiones por ello es donde surgen los defectos debidos a un mal secado.

### **1.4.9.4. Acondicionamiento**

Al finalizar el proceso de secado no todas las piezas poseen el mismo nivel de humedad, por ello durante el acondicionamiento se reducen las tensiones producidas en la etapa de secado, al suministrar humedad al ambiente para lograr un contenido de humedad similar en todas las piezas.

### **1.4.9.5. Enfriamiento**

Para evitar defectos debidos a un choque térmico, se realiza un enfriamiento el cual consiste en abrir la compuerta de la cámara, desconectar la fuente de calor y mantener los ventiladores encendidos para circular el aire, la etapa termina cuando la cámara de secado alcanza un nivel de temperatura similar al del ambiente exterior.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se realiza un análisis de la industria de la madera en Guatemala a la cual pertenece Maderas y Machihombres, S.A., de igual forma se desglosan y describen los procesos realizados dentro de la empresa; haciendo énfasis en el Área de Secado la cual involucra dentro de la empresa el abastecimiento de materia prima al Área de Carpintería, tomando en cuenta el control de las principales variables de secado.

Se describen además las emisiones atmosféricas generadas a partir del procesamiento de la madera y el uso que se le a cada uno de estos, como base para determinar el impacto ambiental generado en la empresa.

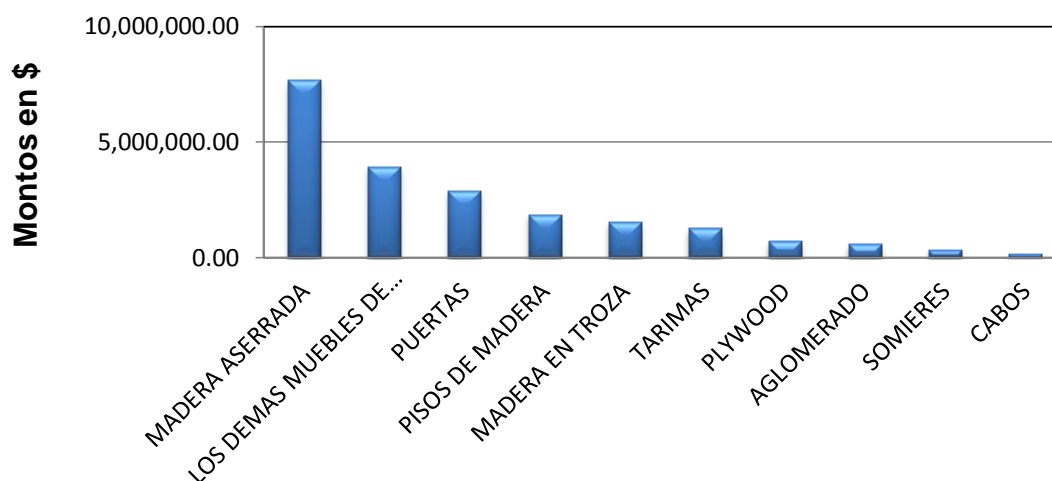
### **2.1. Análisis de la industria**

A octubre de 2010, según reportes del Registro Nacional Forestal, existen 811 empresas registradas activas como industrias forestales, de estas 223 se dedican principalmente a la elaboración de muebles y solo 71 se encuentran ubicadas dentro del departamento de Guatemala, siendo estas empresas las mayores competidoras, además de los fabricantes de muebles de metal que son el principal sustituto de los muebles de madera, aun así los muebles de madera son preferidos en el mercado decorativo, por ser un material natural , que brinda un toque clásico y de larga duración.

Dentro del sector forestal importadoras y exportadoras, se encuentran registradas 382 empresas, de estas, 72 exportan madera aserrada y únicamente 28 están ubicadas dentro del departamento de Guatemala. La madera aserrada

se encuentra entre los principales productos de exportación hasta julio 2010, siendo entonces un producto generador de grandes divisas para el país.

Figura 24. Principales productos de exportación



Fuente: Ventanilla Única para las Exportaciones (VUPE)-Sistema Estadístico Forestal Nacional.

La utilización de la madera se ha convertido en un elemento esencial en la actividad comercial, por ser un material ecológico, fácil de manejar y con grandes propiedades mecánicas, útiles para la construcción y elaboración de productos de uso común, como puertas, ventanas y otros elementos de carpintería.

Maderas y Machihombres, S.A. se encuentra clasificada dentro del sector forestal de Guatemala, como industria forestal, cuyo producto principal es la elaboración de muebles y distribución de madera aserrada, una de las ventajas principales es que cada producto se elabora acorde a las necesidades del cliente, mediante asesoría personalizada.

La industria cuenta además con el servicio de secado de madera en hornos para agilizar el proceso de preparación de la madera, principalmente durante la época de invierno, donde aumenta la demanda interna y externa debido a que las condiciones climáticas impiden que los niveles de humedad en la madera disminuyan de forma natural.

Durante la época seca, los proveedores abastecen a las empresas cuya materia prima proviene de la madera, debido a que en época de invierno el acceso a los puntos de obtención se dificulta; básicamente la empresa depende de la forma que operan los proveedores en la obtención de la madera.

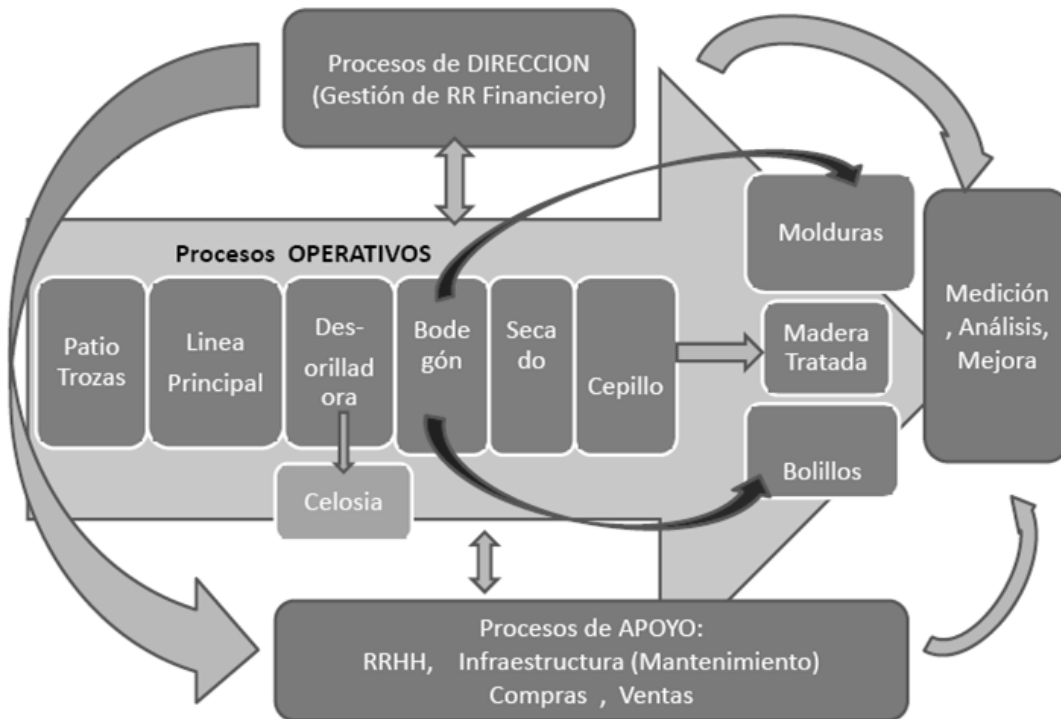
## **2.2. Procesos**

Los procesos se clasifican según las áreas de trabajo: dirección, apoyo y operativos.

En los procesos de dirección se conduce el comportamiento humano hacia el cumplimiento de las metas establecidas, delegando tareas específicas dentro de las reuniones continuamente realizadas.

Los procesos de apoyo son ejecutados en la medida que lo necesite la empresa. Entre ellos se incluyen la planeación de la adquisición del recurso humano, identificación de estándares de calidad y análisis de riesgos para desarrollar una respuesta.

Figura 25. **Mapa de procesos MYMSA**



Fuente: Gerencia de operaciones MYMSA.

Los procesos operativos o procesos de transformación del producto constan de tres fases o subprocessos principales:

- Subproceso 1 acopio de trozas:

Inicia con la llegada de camiones cargados con trozas de madera sin calificar e identificar, al patio de acopio del aserradero, revisar que la factura o nota de envío garantice la legitimidad de la procedencia (proveedor autorizado por el INAB), descargar y clasificar según especie, diámetro, calidad, para los procesos posteriores, colocando etiquetas con código de barra.

Figura 26. **Patio de trozas, antes del aserrado**



Fuente: Maderas y Machihombres S.A.

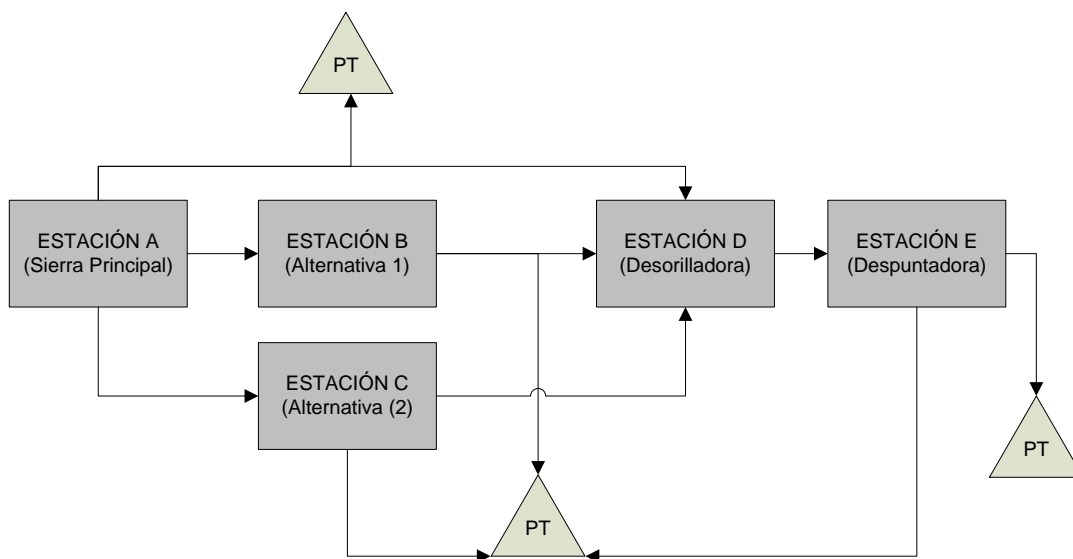
- Subproceso 2 aserrado de la madera:

Desarrollado en el área denominada Línea Principal, ingresan trozas que han pasado por un proceso de medición, aprobación e ingreso al sistema de control, según boleta de pedido. Cuenta con 5 operarios cada uno con uno o dos ayudantes, quienes realizan el trabajo de acuerdo a lo indicado por el supervisor. Las máquinas se encuentran alineadas de tal forma que el flujo de la madera sigue una secuencia de operaciones de acuerdo a la forma y el tamaño de la pieza que sale de la operación precedente, ver figura 27.

En este subproceso se cortan las orillas de la troza para obtener tablas de madera dimensionadas, esta operación se realiza en la sierra principal manejada por el operario quien en base a la experiencia, determina la forma de realizar el corte para aprovechar al máximo cada troza, básicamente se realizan cortes tangenciales a cada lado, hasta obtener una o varias piezas dimensionadas entre cuatro a ocho orillas, esta sierra está equipada con un sistema de giro y porta trozas con velocidad constante durante el corte.

La pieza o piezas generadas pasan a las alternativas 1 y 2 dependiendo del tipo de producto, realizando cortes longitudinales para convertirlas en tablas de diferentes dimensiones, dependiendo del pedido solicitado. El ritmo de trabajo del equipo es bastante lento, al igual que el tiempo de preparación y carga-descarga. Las orillas son colocadas en un área donde esperan para luego ser procesadas por la desorilladora donde se obtienen piezas delgadas de por lo menos media pulgada de espesor que son aprovechadas para la fabricación de celosía.

Figura 27. Posibles alternativas de corte



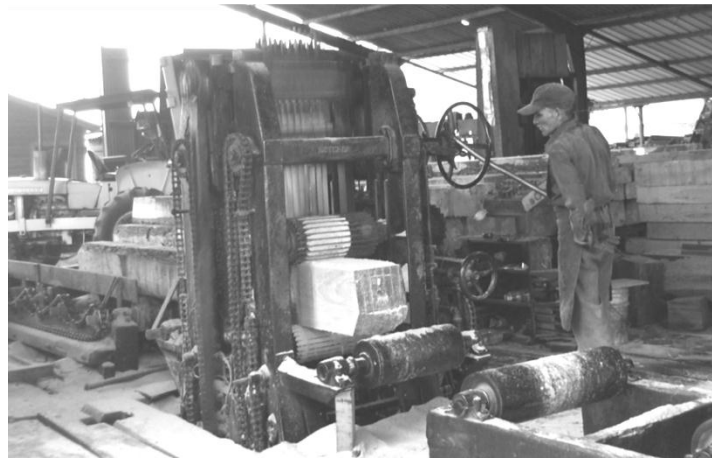
Fuente: elaboración propia.

Los criterios de clasificación para determinar la categoría a la que pertenece cada pieza obtenida del aserrado, depende de la especie, contenido de humedad y dimensiones; además de defectos naturales fácilmente apreciables, como la presencia de nudos, colocada al final de la línea de producción se encuentra la sierra despuntadora que realiza dos cortes



transversales en la pieza para determinar la longitud de la tabla. Esta máquina se encuentra provista de una mesa con rodillos en ambos lados, topes en el extremo de salida de la pieza y una regla como ayuda visual al operario para darle el largo deseado a la tabla con mayor precisión.

Figura 28. **Aserrado de madera, alternativa 1**

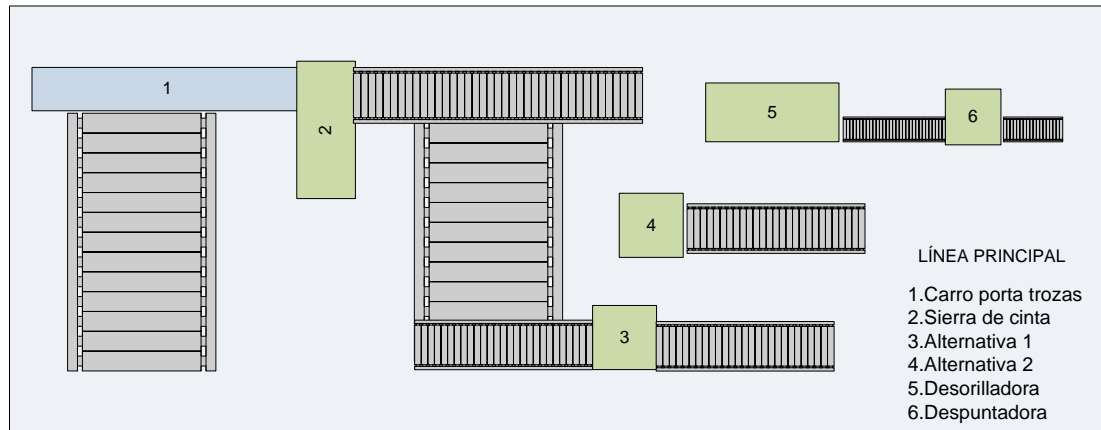


Fuente: Maderas y Machihombres S.A.

- Subproceso 3 secado y almacenamiento:

Al momento del aserrado las tablas presentan hasta un 80 % de humedad, haciéndola no apta para comercializarse, son ordenadas y apiladas de acuerdo al largo, ancho y grueso, en este momento es vulnerable frente al ataque de hongos, principalmente los que producen la mancha azul, por ello es sometida al proceso de secado para que alcance una humedad menor de 20 %.

Figura 29. **Distribucion de maquinaria en Línea Principal**



Fuente: elaboración propia.

El proceso de secado se realiza utilizando los tipos de secado existentes: natural y artificial. En el secado natural se apila la madera que no forma parte de un pedido especial, es decir madera cortada únicamente para mantener en existencia, en forma horizontal dentro del bodegón de acuerdo a identificación en estantería, cada pila separada a una distancia no mayor de 50 cm y tratando de que la ventilación sea la adecuada, cada paquete con una altura de 1.2 m.

El secado artificial se realiza en hornos por medio de aire caliente, transportado por tuberías hacia la cámara de secado, donde se encuentra la madera apilada de forma horizontal, el calor proviene de la combustión de desperdicios de madera generados de otros procesos. Este secado se realiza cuando se solicita el servicio por terceros o para uso interno. Parte de la madera seca se traslada al Área de Cepillado.

Figura 30. **Almacén madera aserrada**



Fuente: Maderas y Machihombres S.A.

La madera cepillada puede ser sometida al proceso de impregnación al vacío, presión con óxidos de cromo, cobre y arsénico, en el cual se trabaja utilizando 3 grados de impregnación:

- Liviano a 0.25
- Medio a 0.40
- Pesado a 0.60

La madera después de impregnada es resistente a la pudrición y ataque de insectos, por lo que el almacenamiento dentro de la empresa se realiza en caballetes al aire libre.

Figura 31. **Madera secada al aire, apilada en caballetes**



Fuente: Maderas y Machihombres S.A.

### **2.3. Desechos**

Por desecho se entiende todo aquel residuo, obtenido después de haber escogido lo mejor en un proceso, por lo tanto en cada proceso se generan desechos y muchos de estos pueden ser aprovechados.

En la sierra de cinta se realizan cortes de tal forma que se aproveche al máximo cada troza, aún así el rendimiento por troza después de pasar por la estación 1 (ver figura 27), alcanza hasta un 54 %, tomando como referencia una troza de buena calidad.

El proceso de aserrado genera un conjunto de residuos. Entre ellos se encuentran:

- Los despuntes: residuos provenientes del proceso de las alternativas 1 y 2. Se seleccionan los de tres pies de largo y entre media a una pulgadas de ancho aproximadamente, utilizados como materia prima para la fabricación de celosía.

- La corteza: residuos provenientes del corte con la sierra principal. La corteza y los despuntes que no son seleccionados para celosía se utilizan una parte para alimentar los hornos de secado y otra parte se vende a terceros de la misma forma que se hace con el aserrín.
- El aserrín: residuos provenientes durante todo el proceso de aserrado de trozas. A la mayor parte de este material se le dan diversos fines; gran parte es vendida a empresas que se dedican a la fabricación de tableros de madera aglomerada y de tablero de fibra de densidad media. La parte restante es utilizada dentro de la empresa fuera del campo de la carpintería para ser extendido en el suelo y mejorar la adherencia de esta forma se facilita la absorción de líquidos que sean derramados en el área de aserrado.

Figura 32. **Residuos de madera áreas impregnado y celosía**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

### **2.3.1. Tipos**

En los procesos de dirección y apoyo se generan residuos sólidos generados en las oficinas y el comedor, como papel, cartón, restos de embalajes, plásticos, restos orgánicos, elementos de limpieza, etc.

En los procesos operativos principalmente en el proceso de aserrado se generan grandes volúmenes de desperdicios sólidos entre estos se tienen: corteza, orillas con corteza, partes de madera del despunte, aserrín, virutas aceites, grasas, solventes provenientes de operaciones de mantenimiento de maquinarias y equipos, lubricantes, envases vacíos contaminados con resto de grasa, aceites y solventes.

### **2.3.2. Manejo**

Los desechos de la empresa se manejan de la siguiente manera:

- Desechos sólidos varios: entre ellos papel, cartón, restos de embalajes, plásticos, restos orgánicos, elementos de limpieza, etc. son recolectados, para ser recogidos por el servicio de limpieza municipal.
- Aserrín y viruta: se genera al cortar y cepillar las tablas rústicas, la mayor parte de este desperdicio es vendido a una empresa dedicada a la recolección de este tipo de desperdicio, el resto es utilizado para la realización de algunos productos aglomerados.

Figura 33. **Desperdicios de madera**



**Fuente:** Maderas y Machihembres S.A.

- Corteza y orillas con corteza: generadas luego de pasar por la sierra de cinta y por la desorilladora; se realizan cortes en dimensiones menores, pero útiles para la fabricación de celosía y algunos otros usos dentro de la industria de construcción.
- Aceites, grasas, solventes de las operaciones de mantenimiento de maquinarias y equipos, así como aceites de recambios de lubricantes, no se posee un manejo especial, para este tipo de desechos.
- Partes de madera del despunte: los restos obtenidos por despunte se clasifican según el tamaño la madera gruesa pero corta entre uno y dos pies, una parte es vendida y otra es utilizada como combustible de los hornos de secado.

## **2.4. Cámara de secado**

Internamente la cámara de secado mide 343 m<sup>3</sup> aproximadamente, en un espacio cerrado de 7 m por lado. Con base en esto, se presume que la capacidad máxima de madera que puede secar es 140 m<sup>3</sup>, dejando espacio suficiente para movilidad.

## **2.5. Área de secado**

El proceso de secado inicia cuando se desea disminuir humedad a la madera rústica dimensionada proveniente del secado al aire en caballetes, madera de terceros, maderas duras (tropicales) e impregnadas propias.

### **2.5.1. Descripción del método**

El método consiste en generar calor en un horno que utiliza como combustible desperdicios de otros procesos, el operario alimenta el horno de tal forma que la temperatura se mantenga en un rango entre 100°C y 140°C.

El calor generado se transfiere por conducción al chocar en una superficie metálica, y se traslada a la cámara por convección a través de ductos metálicos aislados con fibra de vidrio, para no perder energía durante el traslado, al ingresar a la cámara es impulsado por los ventiladores en forma de aire caliente, e inicia la etapa de precalentamiento y calentamiento, durante la etapa de secado se toman muestras aleatorias de humedad.

Debido a que se ingresan diversas especies y humedades, el proceso termina en momentos diferentes, además se hace necesario abrir la compuerta para sacar la madera que termina con el proceso de secado, dando como



resultado un proceso poco eficiente en cuanto a perdida de energía y calidad de secado.

### 2.5.2. Eficiencia actual

En el Área de Secado se trabaja por turnos, debido a que es necesario mantener el horno dentro de los rangos de temperatura establecidos.

Figura 34. **Temperaturas máximas actuales**

Tiempo	T. Camara (°C)	T. Ducto Entrada (°C)
1	63	135
2	62	88
3	65	129
4	64	82
5	59	91
6	61	127
7	56	77
8	61	107
9	64	129
10	65	141
11	62	89
<b>PROMEDIO</b>	<b>62</b>	<b>109</b>

$$\text{EFICIENCIA ACTUAL} = \frac{109}{141} = 77\%$$

$$\text{EFICIENCIA TÉRMICA} = \frac{62}{109} = 57\%$$

Fuente: elaboración propia.

La eficiencia se define como la relación entre la producción real y la producción estándar, en este caso la eficiencia con la que trabajan los operarios se determinó tomando como referencia el promedio de las temperaturas del horno mantenidas durante el primer turno en relación con el valor máximo de temperatura alcanzado, dando como resultado un 77 %, (ver figura 34).

La eficiencia térmica se determinó de acuerdo a la relación entre la temperatura generada mediante la combustión de desperdicios en el horno y la temperatura en la cámara de secado obteniendo una eficiencia de 57 % aproximadamente (ver figura 34), estas pérdidas se generan al perder calor en las paredes del interior de la cámara y por fugas en alguna parte de la misma.

### **2.5.3. Metodología de control de humedad**

Luego de clasificar la madera según especie, se procede a medir los niveles de humedad iniciales, mediante la utilización de un higrómetro que determinar la humedad relativa.

Durante el proceso se toman pruebas de humedad a la madera, mas no al ambiente que la rodea y cada vez que se desea comprobar los niveles de humedad se abre la compuerta, el operario por experiencia sabe el tiempo aproximado de secado que llevará cada especie.

### **2.5.4. Carga de la cámara de secado**

La zona de carga se realiza en el patio fuera del secadero, donde se preparan las pilas según el tamaño que el operario considere correcto y dependiendo del volumen de madera a secar.

La madera se clasifica tomando en cuenta la especie, espesor y contenido de humedad inicial, el operario es quien determina que especies puede mezclar y si se trata de madera de terceros, visualiza si posee defectos y se los hace saber al cliente de forma verbal.

### 2.5.5. Consumo energético

La cantidad de energía consumida, es la necesaria para arrancar el horno y los ventiladores, se considera que representa únicamente un 2 %, de la energía eléctrica total consumida en la empresa.

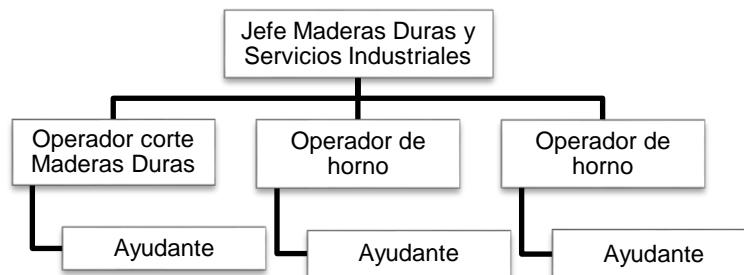
### 2.5.6. Conducción de secado

La conducción del calor se realiza por tuberías aisladas con fibra de vidrio y que llegan a la cámara de secado como aire caliente, además posee una entrada de aire fresco de manera que la humedad relativa se mantenga en niveles adecuados para adsorber humedad de la madera.

### 2.5.7. Mano de obra

Para el Área de Secado se hace necesario trabajar doble jornada, la diurna normal y la jornada mixta, en cada una se cuenta con un operador y un ayudante.

Figura 35. **Detalle del Departamento de Maderas Duras y Servicios Generales**



Fuente: Gerencia de operaciones MYMSA.

### **2.5.8. Almacenamiento posterior al secado**

Luego de finalizado el proceso de secado la madera propia es llevada al Área de Cepillado o Impregnación, con la madera de terceros se procura darle una fecha bastante estimada al cliente, debido a que no se cuenta con una área especial para almacenar esta madera, de no ser recogida rápidamente, se almacena dentro de la cámara de secado a temperatura ambiente.

### **2.5.9. Equipo e instrumentos**

Los equipos de control de la cámara permiten manejar las condiciones climáticas y de funcionamiento, para garantizar un secado de buena calidad. Estos dispositivos permiten controlar, temperatura, humedad de la madera, gradiente de humedad, tiempos de proceso, etc.

#### **2.5.9.1. Características**

- Control de temperatura electrónico: controla la climatización de la cámara, posee una pantalla LCD, fácil de leer, que muestra la temperatura detectada y los iconos personalizados en la pantalla indican el control y el estado del sistema de un solo vistazo. Posee un rango de ajuste (°F o °C). El relé de salida permanece apagado durante un periodo de tiempo establecido por el usuario, y evita dificultades en el arranque. Se ajusta en un panel frontal.
- Control de humedad electrónico: controla la humedad del interior de la cámara de secado, y la muestra en una pantalla LCD.

- Hornos: son equipos utilizados para quemar material combustible y alcanzar temperaturas altas que generan energía en forma de calor. Cada uno posee una chimenea por donde se libera el humo provocado por la combustión interna y tubería por donde recorre el calor hacia la cámara de secado.

Figura 36. **Vista frontal horno**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

- Termómetros de tipo industrial: utilizados para controlar la temperatura de los hornos, es indicada por una aguja que se mueve sobre una escala graduada dual.
- Ventiladores: la cámara de secado posee en la parte superior, tres ventiladores axiales, para distribuir el calor producido por los hornos.
- Xilohigrómetro: es un aparato que basándose en la resistencia de la madera al paso de una corriente eléctrica, las utiliza como base para

medir el contenido de humedad presente en la madera. Estos medidores eléctricos tienen la ventaja de que las lecturas del contenido de humedad son inmediatas y no requiere destruir la pieza.

### 2.5.9.2. Especificaciones

Las especificaciones del equipo actual son las siguientes:

- Termómetros de tipo industrial:
  - Termómetro bimetálico Marsh
  - Escala dual (°C - °F) acero inoxidable
  - Caratula de 3 pulgadas
  - Rango: 10-200 °C, 50 - 400 °F

Figura 37. **Termómetro del horno de secado**



Fuente: Maderas y Machihombres S.A.

- Control de temperatura electrónico:
  - Jhonson Control A419 ABC, Rango diferencial de 1 a 30 °F o °C
  - punto de arranque de -30 a 99 °C, retardador de 0-12 min
  - Capacidad de teledetección
  - Sensores intercambiables
  
- Control de humedad electrónico:
  - Rango de humedad relativa: 10 – 90%, pantalla LCD 0.35” serie W351P.
  - Salidas proporcionales de 0 a 20 mA
  - Modo de humidificación y des-humidificación

Figura 38. **Dispositivos de control de temperatura y humedad relativa**



Fuente: Maderas y Machihombres S.A.

- Xilohigrómetro:
  - Rango de medición 12-66%
  - Sensor: Fotodiodo de silicio

Figura 39. **Xilohigrómetro para determinar la humedad en madera**



Fuente: Maderas y Machihombres S.A.

### **2.5.9.3. Mantenimiento**

El mantenimiento de una cámara de secado es importante, para garantizar el correcto funcionamiento del equipo durante el secado, verificando constantemente la hermeticidad de la cámara y el funcionamiento del resto del equipo, actualmente no hay programas de prevención y mantenimiento, debido a esto algunos componentes de la cámara de secado se encuentran inservibles.



### 2.5.10. Características de cámara de secado

- Portón de carga frontal: fabricado en aluminio, posee un empaque en el contorno, para garantizar una perfecta hermeticidad, a través de los años este empaque se ha deteriorado permitiendo que parte del calor dentro de la cámara se escape.
- Puerta de inspección: utilizada para realizar el control de la madera durante el proceso de secado, mantenimiento o reparación de imprevistos. La puerta está fabricada en madera y posee cierre de accionamiento interior y exterior, para garantizar la seguridad del personal que trabaja que hace las inspecciones.

Figura 40. **Puerta de inspección Área de Secado**



Fuente: Maderas y Machihembres S.A.

- El techo del secadero: compuesto de paneles de fibrocemento y madera, también posee madera como cielorraso para separar la zona de carga del entretecho, donde se ubican los ventiladores y los elementos del sistema de calefacción.
- El piso del secadero: hecho de hormigón para soportar temperaturas altas y humedades de 100 % y clima agresivo por los ácidos y otros elementos que salen de la madera.
- Paredes: la pared trasera construida de ladrillos y las paredes laterales de fibrocemento, aserrín y machihembre.

## **2.6. Bases físicas de secado**

En el secado artificial la velocidad de evaporación puede ser controlada por la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire, mediante la utilización de dispositivos electrónicos.

### **2.6.1. Especie**

La empresa únicamente seca maderas duras y de construcción, es decir pino y ciprés, pino tratado, chichipate y Santa María, debido a que no se cuenta con un programa de secado para maderas finas como la caoba, el cedro, palo blanco y conacaste, que garantice un secado libre de defectos.

### **2.6.2. Humedad**

Es una medida de la cantidad de humedad en el aire. Aunque se cuenta con un sistema de humidificación, no existe un programa de secado para

relacionar directamente el porcentaje de humedad relativa dentro de la cámara con el proceso de secado, el operario se encarga de alimentar el horno y calcular por medio de la experiencia y de la especie sometida al proceso, el tiempo necesario para secar determinada especie.

La cámara de secado posee un ducto de entrada de aire fresco para extraer vapor de agua y que conduce al área donde se encuentran los hornos.

La humedad de la madera lo determina el jefe de Maderas Duras utilizando el higrómetro, durante el proceso de secado y cada vez que el operario inspeccione el estado de la madera dentro de la cámara.

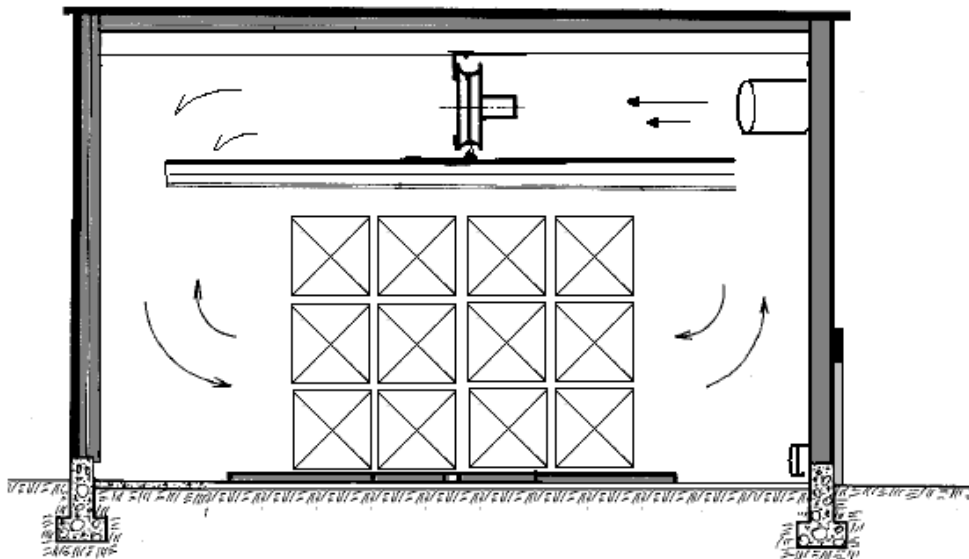
### **2.6.3. Temperatura**

La temperatura está determinada por un termómetro colocado en el horno y el sistema de control dentro de la cámara, debido a que no se posee un programa de secado, los datos obtenidos de estos instrumentos, se utilizan solamente para verificar que el horno se mantenga a una temperatura entre 100 a 140 °C, durante las jornadas de trabajo. El rango de temperatura dentro de la cámara de secado se encuentra entre 60°C – 65°C.

### **2.6.4. Diseño del sistema de circulación del aire**

Los ventiladores se ubican entre el techo y el falso techo, en un eje que se extiende a lo largo de la cámara e impulsan el calor proveniente de la cámara de combustión por toda la cámara, el aire caliente pasa sobre la parte que sobresale de un ducto sobre el suelo por donde obtiene aire fresco, para que nuevamente pase por la entrada de calor y realice el mismo recorrido.

Figura 41. **Circulación del aire dentro de la cámara de secado**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

## **2.7. Características de los procedimientos**

Se realiza un registro semanal de madera seca al aire y en hornos, expresada en pies tablares, por boleta. Se entrega al cliente un documento de receta del secado con gráficas de monitoreo de temperatura, cuando se seca en horno. De existir una inconformidad de madera secada para terceros, se registran y se clasifican por especie y acciones tomadas.

## **2.8. Emisiones atmosféricas**

Dentro del Área de Secado las emisiones atmosféricas son debidas a la quema directa de residuos de madera en los hornos. El humo de estos desperdicios contienen contaminantes nocivos como partículas, monóxido de

carbono y toxinas como la dioxina, pero en menor medida que otros combustibles y no representan un problema grave.

Los desperdicios de madera, combustible principal de los hornos, no se clasifican, el operario busca alrededor de toda la planta desperdicios, pero en el caso particular de que el horno sea alimentado con madera tratada, la combustión puede ser muy peligrosa debido a que la impregnación se realiza con CCA (óxidos de cromo, cobre y arsénico) químicos tóxicos que pueden emitirse en el humo y concentrarse en la ceniza.



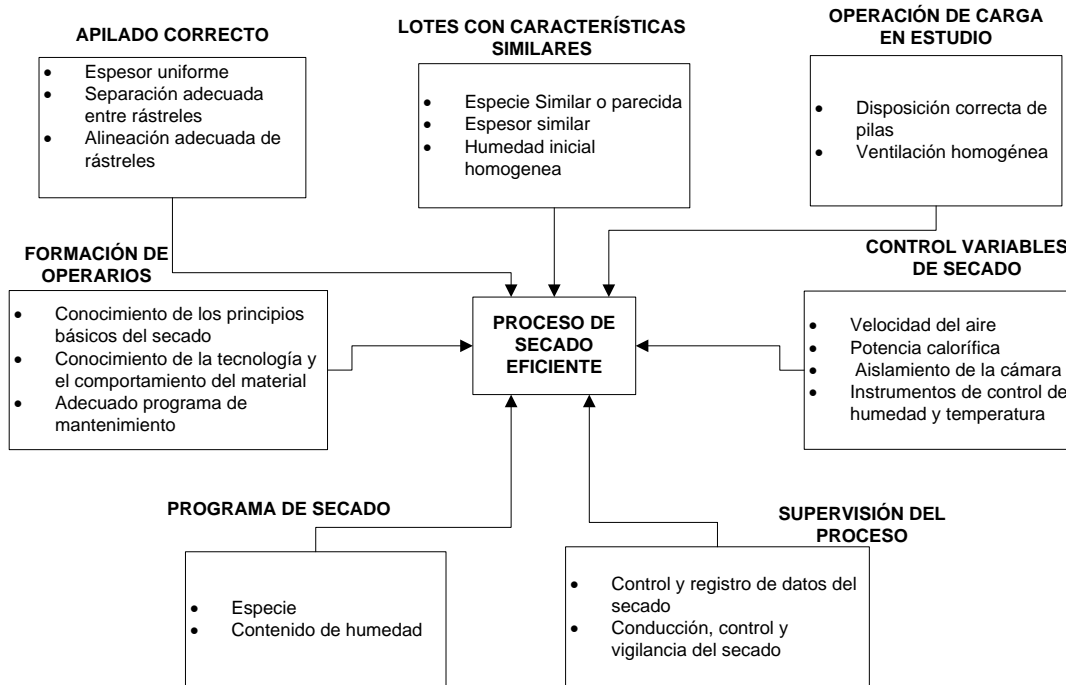
### **3. PROPUESTA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE SECADO**

La Producción más Limpia se aplica como una estrategia de prevención de contaminación industrial, para reducir el riesgo que se puede provocar al ambiente y al ser humano; en el desarrollo de este capítulo se describen las acciones para implementar dicha estrategia en Maderas y Machihombres S.A., así mismo se detallan las buenas prácticas de operación a realizar, utilizando las técnicas siguientes:

- Buenos procedimientos de operación
- Sustitución de materiales
- Cambios tecnológicos

Se requiere de la planificación de un conjunto de medidas, basándose en criterios esenciales del concepto de Producción más Limpia; por ello, inicialmente se presenta un esquema que muestra la propuesta, en forma de factores con actividades agrupadas, para la búsqueda del aumento de la eficiencia en el proceso de secado de madera.

Figura 42. Esquema propuesta proceso de secado eficiente



Fuente: elaboración propia.

Para cumplir con los factores del esquema antes detallado, se utilizarán herramientas sencillas: listas de chequeo, diagramas de flujo, formatos y formularios, para la recolección de información, cualitativa y cuantitativa; útil para adaptar al equipo de trabajo con los procesos productivos de la empresa, y con ello identificar y plantear opciones de Producción más Limpia.

Durante el proceso de secado de madera influyen diversos factores claves, que deben ser controlados simultáneamente, para obtener un secado con las características de calidad deseadas, para ello desde el momento que se solicite el servicio de secado, se iniciará con un control detallado y organizado por medio de procedimientos, para facilitar el manejo de la información obtenida, y



optimizar los recursos que servirán de base para las instrucciones y procedimientos operativos.

Conjuntamente se trabajará con la conservación de la materia prima y energía, la eliminación de materias primas tóxicas, y la reducción en cantidad y toxicidad de las emisiones antes de la finalización del proceso; con un análisis de entradas y salidas de materiales, clasificando y cuantificando los materiales.

La información recolectada se almacenará en una base de datos, para definir un programa útil en base a variables de control que servirán para definir áreas de oportunidad, control y evaluación de los avances logrados; teniendo un conocimiento completo acerca del proceso de secado de madera en Maderas y Machihembres (MYMSA)

La información a recopilar estará dividida de la siguiente manera:

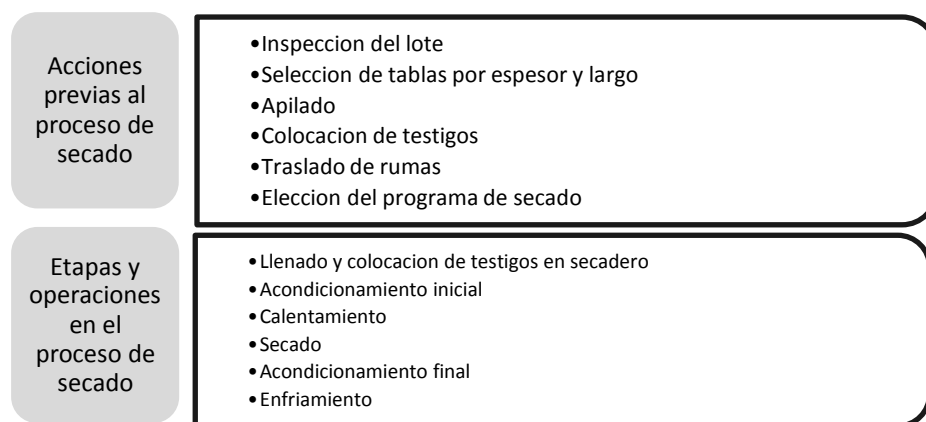
- Información sobre la madera a secar
- Información sobre el proceso de secado
- Uso de energía y otros insumos
- Tipo, cantidad, origen de residuos y desechos

La selección de un aislante para el interior de la cámara de secado y el mantenimiento del sistema automatizado de control de la humedad, temperatura y ventilación, contribuye al éxito de la aplicación del programa de secado, generado a partir del análisis de la información de la base de datos, para garantizar un secado de calidad y la satisfacción del cliente.

### 3.1. Control del proceso de secado

El proceso de secado da inicio con las operaciones de llenado del horno y finaliza con el enfriamiento como última operación; además se toman en cuenta operaciones previas de corte de muestras y apilado; paralelamente se realiza el monitoreo y control, cumpliendo con el programa de secado.

Figura 43. Acciones previas y etapas del proceso de secado



Fuente: elaboración propia.

El corte de muestras es una de las acciones previas al proceso de secado de gran importancia; debido a que representan el lote de madera a secar. La temperatura, humedad, ventilación son factores propios del proceso de secado; siendo puntos clave para la generación de datos con respecto al tiempo de secado necesario para obtener un secado con mejores características de calidad, respecto a las especies de madera ingresadas al horno.

La variabilidad del comportamiento de secado que existe entre especies de madera dificulta la aplicación de un sistema de control específico; por ello la necesidad de obtener información para generar una base de datos, a manera de

clasificar y homogeneizar la madera a secar; tomando en cuenta que la empresa en la búsqueda de reducción de costos, se ve obligada a secar distintas especies y dimensiones de madera al mismo tiempo.

Previamente se considera que al igual que en todo proceso industrial, en el proceso de secado de madera, se busca la rentabilidad y la eficacia de las operaciones realizadas, con base en una homogeneidad en las condiciones iniciales.

### **3.1.1. Corte de muestras para el control**

La variación del contenido de humedad en la madera se debe controlar y registrar mediante la recolección de datos para el establecimiento del programa de secado, debido al desconocimiento del comportamiento de algunas especies de madera, en cuanto a localidad y época en que se obtiene. Los programas de secado no se consideran solución general; y deben ser regularmente modificados, para aumentar la eficiencia del secador o comprobar la calidad que se maneja.

Por ello es necesario realizar un procedimiento de control por pérdida de peso en un testigo; método especialmente indicado para especies de madera de difícil secado, cuando se desconoce el comportamiento de una especie o se carece de la información necesaria para el manejo como es el caso de maderas y Machihombres S.A. (MYMSA).

El método consiste en elegir muestras cortas representativas del lote a secar, para controlar el avance de la humedad durante el proceso de secado; seleccionando como mínimo, una tabla por cada 10 m<sup>3</sup> de madera y pesando

con regularidad las muestras o testigos representativos de la carga de madera. El procedimiento para la preparación de las muestras testigo es el siguiente:

- Elegir las piezas de madera que se utilizaran como muestras durante el apilado; seleccionar como mínimo 6 tablones, 4 que representen la madera más húmeda o de difícil secado y 2 que representen la madera menos húmeda o de rápido secado.
- Cortar del primer tablón los extremos a no menos de 50cms de distancia hacia el centro; del tablón restante (muestra testigo) se cortara una sección de cada extremo que representan las primeras muestras de nuestro lote a secar.
- Sellar los extremos de la muestra testigo con pintura impermeabilizante
- Codificar, pesar y registrar la muestra testigo y las secciones
- Repetir el procedimiento con los 5 tablones restante
- Colocar las muestras testigos dentro del lote a secar, de modo que se encuentren en las condiciones más próximas del resto de la madera a secar.
- Por otro lado, colocar las pequeñas secciones dentro de una estufa a una temperatura entre 103-105 °C, hasta que se logre un peso constante; que representa el peso anhidrido o con 0 % de humedad.
- Calcular el contenido de humedad de cada sección utilizando la siguiente expresión:

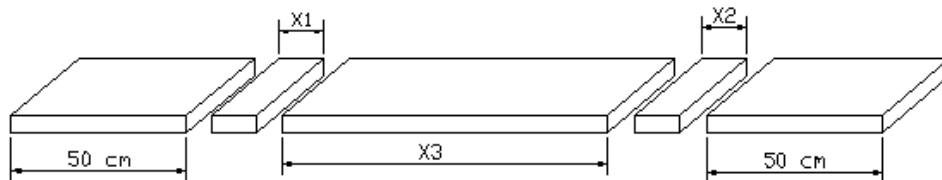
$$CH = \frac{(\text{Peso humedo} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} * 100 \text{ (Ec.)}$$

- Promediar el contenido de humedad (CH) de ambas secciones, el resultado representa el contenido de humedad de la muestra testigo.
- Determinar el peso seco de cada muestra testigo como sigue:

$$\text{Peso seco muestra} = \text{peso} \frac{\text{inicial de la muestra testigo} * 100}{\text{Contenido de humedad de la muestra} + 100}$$

Con este dato se podrá determinar en cualquier momento el contenido de humedad de la muestra, con solo obtener el peso actual.

Figura 44. **Obtención de muestras para control de humedad**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Estos datos servirán de base para determinar el programa de secado, al generar tablas de temperatura y humedad relativa de acuerdo a las características de cada especie de madera, predecir el tiempo de secado por especie y por consiguiente el tiempo de entrega a los clientes; conociendo la evolución del secado en cualquiera de sus etapas; a partir de esos datos se permitirá conocer el contenido y la distribución de la humedad de entrada de la partida de madera.

### **3.1.2. Control de temperatura**

Para poder evaporar el agua de la madera se necesita elevar la temperatura dentro de la cámara de secado. La velocidad de evaporación depende de la cantidad de energía suministrada por unidad de tiempo y de la capacidad del medio (aire) para absorber la humedad liberada por la madera; el calor suministrado no puede ser constante, ni aumentar drásticamente, porque provoca defectos en la madera, por ello es necesario controlar la temperatura de la cámara en las diferentes etapas del secado.

La temperatura óptima depende en gran medida de la especie, espesor, contenido de humedad inicial y del uso final de la madera a secar, simultáneamente con la humedad relativa, son variables que determinan el clima dentro del secador

Cuando la madera llega a el límite del contenido de humedad; es decir que llega a el punto de saturación comienza la eliminación del agua de constitución ubicada en la pared celular de las fibras. Regularmente se toma un promedio del punto de saturación de las fibras al 30% las maderas más densas están por debajo y otras menos densas por encima de este valor.

Aunque todos los factores que influyen en el secado son importantes, la temperatura es el factor de mayor peso durante el proceso, el control se realizará registrando los datos correspondientes a cada etapa tomando en cuenta las fases del secado.

- Fase de elevación de temperatura
  - Calentar toda la cámara para homogeneizar las condiciones del lote de madera a secar; dilatando los poros de la madera y eliminar el aire interno de la madera.
  - Trabajar inicialmente a una temperatura constante de 60°C y una alta humedad relativa de hasta 95 %.
  
- Fase de secado antes del punto de saturación de las fibras
  - Colocar las muestras dentro de la cámara de secado en las condiciones de humedad relativa y temperatura descritas en el inciso 3.1.1.
  - Verificar la homogeneidad de las condiciones dentro de la cámara
  - Alimentar el horno hasta obtener una temperatura, dentro del horno, de hasta los 85°C o más para disminuir la humedad relativa de tal forma que el aire absorba la mayor cantidad de agua posible.
  - Registrar el peso y humedad de las muestras testigos en lapsos aproximados de dos horas.
  
- Fase de secado después del punto de saturación de las fibras
  - Mantener las mismas condiciones de la etapa anterior, ya que está a punto de llegar al contenido de humedad deseado; pero esta vez

disminuir drásticamente la humedad relativa; abriendo la boquilla de ingreso de aire seco ubicada en el horno.

- Fase de acondicionamiento
  - Verificar las muestras testigo continuamente, cuando se haya llegado al contenido de humedad deseado disminuir la temperatura.
  - Cerrar nuevamente la boquilla de entrada de aire seco a la cámara; con el objetivo de aumentar la humedad relativa y que el gradiente de humedad se iguale dentro de cada pieza de madera.
  
- Fase de equilibrio o uniformización
  - Disminuir la temperatura hasta los 40 °C para aumentar la humedad relativa a manera de igualar el contenido de humedad entre las piezas que conforman la carga de madera.
  
- Fase de enfriamiento
  - Buscar el equilibrio de la temperatura interna de la cámara con el medio ambiente exterior, abrir la puerta de la cámara de secado hasta la mitad de modo que circule aire seco frío dentro de la cámara, para disminuir la temperatura y humedad relativa.
  - Esta etapa finaliza cuando se ha alcanzado una temperatura similar a la temperatura exterior.



Tabla I. **Temperaturas admisibles para lograr secado de alta calidad en diferentes tipos de madera**

<b>TIPO DE MADERA</b>	<b>TEMPERATURA ADMISIBLE ALTA CALIDAD</b>
Maderas livianas	70 a 90°C
Maderas semipesadas	60 a 80°C
Maderas pesadas	Temperaturas bajas

Fuente: Centro de Innovación Tecnológico de la Madera (CITE madera)

### **3.1.3. Control de humedad**

Para cada especie de madera a secar se llenará un documento detallado sobre la pérdida de humedad conforme transcurre el tiempo, de esta forma se tendrá una base sobre cual trabajar en futuros pedidos con características similares.

Es importante resaltar que la humedad final deseada depende del uso final que se le desee dar a la madera seca (ver tabla II); el control de la humedad se propone realizarlo por dos métodos; el primero descrito en el apartado 3.1.1 método de control por pérdida de peso en un testigo, el cual es muy efectivo cuando se desconoce el comportamiento de la madera a secar y el segundo método de utilización de un instrumento eléctrico o sondas eléctricas.

El método de control de humedad por sondas eléctricas presenta un grado bastante aceptable de fiabilidad este método es el utilizado por MYMSA; por ser de fácil manejo, poco tiempo de inversión se utilizará conjuntamente con el método por pérdida de peso en un testigo; a modo de comparación de datos y cuando el contenido de humedad en la madera no sobrepase el 30 %.

El contenido de humedad se determina en función de la profundidad a que se introducen los electrodos en la madera, lo recomendable es clavar los electrodos hasta 1/3 del espesor de la madera como mínimo. Y al igual que en el primer método la distancia para introducir los electrodos es a no menos de 50 cm del extremo del tablón; aunque el método por pérdida de peso en un testigo requiere de mayor esfuerzo y atención que el método por sondas eléctricas, la calidad y la fiabilidad de los datos obtenidos compensan los costos derivados de estas operaciones.

**Tabla II. Contenido recomendable de humedad en distintos artículos de madera al momento de la instalación**

Contenido de Humedad % (promedio)	Uso de la madera (en interiores y exteriores)
8	Planchas sólidas, productos laminados
8	Bordes comunes para interiores, muebles acabados, madera comprimida, madera secada en hornos, juguetes, paneles, gabinetes y otros productos hechos con madera en cuartos con calefacción central.
12	Puertas, ventanas, bordes, equipo deportivo, mangos de herramientas, productos de aserraderos y bordes de exteriores, Tablas de forro, revestimiento y muebles para cuartos levemente calentados.
12	Muebles de jardín, terrazas, ripios (tejas), madera aserrada para el armazón de una casa (tales como viguetas, alfardas y espigas), cajas y embalajes.
22	¡Este contenido de humedad es suficiente para favorecer el crecimiento de termitas, manchas y hongos que deterioran o pudren la madera!

Continuación de la tabla II.

Contenido de Humedad % (promedio)	Uso de la madera (en interiores y exteriores)
30	Pilotes, caballetes de puente, construcción subterránea y químicos para la madera (saturación de la veta a tratarse para la conservación o punto ignífugo).

Fuente: LSU Ag Center, Research & Extension. Procesos de secado para evitar defectos en la madera verde. p. 9.

#### **3.1.4. Control de la ventilación**

Del buen funcionamiento del sistema de ventilación depende que el aire se distribuya homogéneamente entre las pilas de madera, si la velocidad del caudal de aire es elevado, la humedad de la superficie de la madera será arrastrado rápidamente, y puede crear defectos en el secado.

Utilizando ventiladores axiales con variadores de velocidad, se podrá controlar el flujo de aire dentro de la cámara de secado y por ende la humedad relativa dentro de la misma.

Los ventiladores axiales son apropiados para la extracción de aire, gases y vapores, o para la inyección de aire en recintos de espacios cerrados; al extraer aire de la cámara de secado, se crea un vacío que provoca la facilidad de entrada de aire fresco por las aberturas dispuestas dentro de la cámara de secado. Este tipo de ventiladores permiten adecuar las velocidades de paso de aire entre las pilas en función de la especie, espesor y contenido de humedad de la madera, con ello se pretende reducir defectos asociados a velocidades de giro inadecuadas y de consumo eléctrico derivado de velocidades muy elevadas.

Los elementos del sistema de circulación de aire, deben ser adecuados para las condiciones climáticas que se trabaja durante el secado.

Modificar el falso techo que sostiene los ventiladores, por una viga construida en aluminio y acero inoxidable. El caudal del aire se puede modificar con la ayuda de chapas deflectoras de aluminio a los extremos de la viga; para distribuir el aire caliente rápidamente a la madera.

La ventilación juega un papel muy importante durante el desarrollo del proceso respecto a la velocidad de secado y en la etapa de estabilización la homogeneización de la humedad de la carga.

La velocidad de paso de aire en el sistema de ventilación debe verificarse al inicio y durante el proceso de secado; antes de cerrar la cámara de secado, accionar los ventiladores de cinco a diez minutos, para lograr uniformidad del aire dentro de la cámara de secado.

Revisar periódicamente los cables de los motores de los ventiladores, sustituyendo las conexiones y cables deteriorados además de registrar en los documentos respectivos la velocidad entrada de aire seco y caliente a la cámara de secado, mediante la utilización de un anemómetro de igual forma verificar que el funcionamiento de todos los ventiladores se encuentran en los regímenes de giro establecidos.

### **3.2. Control de secado acorde al tipo de especie**

La homogeneidad de la carga de madera facilita el secado en hornos, para esto se organizaran las pilas de madera antes de la entrada en el secadero, como metodología de control, identificación y almacenaje.

Primero se debe nombrar a un responsable de controlar que el procedimiento se lleve a cabo, asignado por las autoridades correspondientes, este tendrá las siguientes responsabilidades:

- Dirigir y organizar que la selección de la madera se lleve a cabo con el estricto control de la madera a secar (ver tabla III).
- Llenar los documentos con la información necesaria
- Revisar que el sistema se desarrolla, implementa, mantiene y actualiza según sea necesario para un buen funcionamiento.
- Informar a las autoridades correspondientes todo lo relacionado con el funcionamiento y eficiencia del sistema de inocuidad de los alimentos.

Tabla III. **Criterios de clasificación de la madera**

<b>Criterio de Clasificación</b>	<b>Comentario</b>
<b>Especie</b>	Maderas de secado rápido o lento, tendencia a sufrir defectos, necesidades de mercado y/o producción. De esta forma unificar sus características físicas, contracción, densidad, perdidas de humedad.
<b>Espesor</b>	La velocidad del secado es afectada por el espesor de la madera. Para garantizar una pérdida homogénea de humedad en diferentes tablas.
<b>Ancho</b>	La velocidad del secado es afectada por el espesor de la madera. Las piezas de menor espesor se secan primero.
<b>Longitud</b>	Asegurar una restricción mecánica y evitar deformaciones y rajaduras por extremos (alineamiento de separadores), el apilado es más fácil con piezas de la misma longitud.

Continuación de la tabla III.

<b>Criterio de Clasificación</b>	<b>Comentario</b>
<b>Cantidad de Humedad</b>	La madera aserrada proviene de distintos lotes de producción, lo que implica CH iniciales distintos, por lo que es conveniente separar diferentes espesores y especies.
<b>Calidad</b>	Conviene clasificar por grados de calidad para secar la madera de mayor valor en condiciones menos severas. A veces la madera de menor calidad se usa para proteger las partes superiores y laterales de las pilas.

Fuente: elaboración propia.

### **3.3. Controlar el apilado y cargado**

Después de clasificar la madera se procede a la preparación de la madera en pilas para la posterior carga; la zona de preparación debe estar cerca de la entrada a la cámara de secado, para el fácil manejo; libre y limpia para preparar los *pallets* dejando suficiente espacio para ser ubicados por el montacargas.

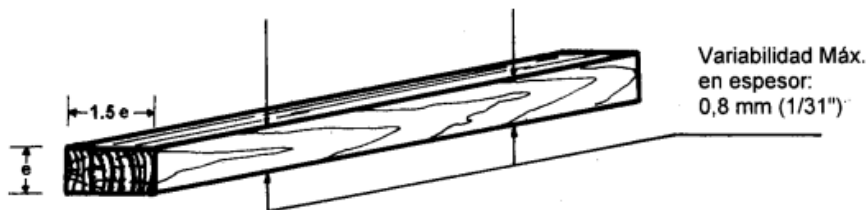
- Apilado de la madera
  - En el secado artificial, solo se practica el apilado horizontal o en estibas. Al igual que el control de humedad y temperatura este punto es de suma importancia ya que determina la calidad del producto final.
  - Las pilas de madera deben ordenarse según la especie; las de difícil secado colocarlas al fondo y las de fácil secado enfrente. El orden interno de las pilas de maderas dentro de la cámara requiere

del mayor rendimiento del espacio posible para lograr una mejor rentabilidad.

- El ancho de las tablas puede ser variable lo que importa es que el ancho total de la pila debe ser igual, ya que la pérdida de humedad se dan por las caras superior y inferior.
- Formación de la pila
  - La medida de la pila no debe ser mayor de 2.5x1.1x1.1 m. Se puede colocar pila sobre pila hasta un máximo de tres pilas; tratando de no sobrepasar un límite inferior de 30 cm del techo interno de la cámara. Evitar dejar huecos por donde circule aire.
  - Para facilitar la circulación del aire, los separadores deben mantener una proporción entre espesor de tabla y separador, por lo general de igual espesor, es decir que se mantenga una relación 50/50 entre aire y volumen de madera.
  - Según Silverio Viscarra, en la guía práctica para el secado de madera en hornos es necesario que los separadores tengan el espesor uniforme, entre 16 mm y 25 mm, con una variación máxima de 0.8 mm cepillados. Los más gruesos para madera de mayor espesor. El ancho de los separadores será un 50 % mayor que el espesor elegido.
  - La separación entre pila y pila es la necesaria para la movilidad, las tablas de diferentes pilas deben coincidir en sus laterales para que

garantice la circulación del aire, si se superponen se debe dejar un espacio similar ancho de tabla.

Figura 45. **Espesor sugerido para separadores de madera en pilas**



Fuente: VISCARRA, Silverio. Guía práctica para el secado de madera en hornos. p. 4.

### 3.4. **Mitigar fugas de calor en cámara de secado**

Una cámara de secado debe estar aislada térmicamente del clima exterior para mantener estables las condiciones internas para evitar pérdida de energía y limitar los gastos de energía.

Al realizar las pruebas con el anemómetro para detectar alguna pérdida o ingreso de aire fuera del sistema de ventilación, se detectó cierta fuga de aire en los empaques para sellar la puerta, lo que significa una pérdida de energía para el sistema. El cambio y mantenimiento de estos empaques garantizará que no se pierda energía.

El techo, al igual que las paredes, requiere de la misma atención. Se pudo verificar que en el techo el sistema pierde energía, los techos de los secadores deben estar constituidos a manera de un *sandwich*, con una capa aislante en su interior.



Se propone utilizar lana mineral de roca como capa aislante entre los paneles de fibrocemento y la madera del techo, para evitar pérdidas de calor dentro de la cámara de secado, el espesor del aislante térmico puede variar entre 60 mm a 160 mm.

La lana mineral es un material fibroso se obtiene de rocas basálticas balanceada químicamente con sílices. Los rollos de lana mineral vienen en presentaciones de 0.61 m. de ancho con un espesor de 0.9144 m a 1.2192 m y una longitud de 2 a 3 m. Las fibras finas de este material hace posible obtener forros para aislamientos en altas temperaturas en hornos secadores, ductos de aire caliente o cambiadores de calor etc. Es un material refractario para temperaturas hasta de 650°C y resistente a la acción de ácidos.

Con la utilización de este material y el programa según los datos obtenidos se prevé un aumento en la eficiencia térmica de 57 % a 74 %. Tomando en cuenta que la temperatura dentro de la cámara de secado se eleva en promedio a 85°C durante la etapa de secado, en la cual se eleva la temperatura, en relación a una temperatura promedio en el ducto de entrada de 115°C. Elevando la eficiencia con la que los operarios alimentan el horno de un 77 % a un 82 %; siempre en relación al máximo de temperatura promedio obtenida en el ducto de entrada, (ver figura 34).

Especificaciones técnicas:

- Límite de temperatura: 650°C - 1200°F
- Densidad: 7 lb/pies cúbicos
- Norma que cumple: ASTM-C-592
- Corrosividad: nula
- Resistente a hongos y bacterias

- Resistencia a la Humedad: si se moja, debe dejarse secar para recuperar las propiedades originales.
- No despiden olores

Figura 46. **Mantas de lana mineral de roca**



Fuente: [www.ratsa.com](http://www.ratsa.com). Consulta: 18 de febrero de 2013.

Además revestir los ductos del horno con mantas de fibra cerámica este material se caracteriza por la baja conductividad térmica, la excelente resistencia al choque térmico, bajo peso y fácil manejo e instalación.

Especificaciones técnicas:

- Densidad: 64, 96 y 128 Kg/m<sup>3</sup> (4, 6 y 8 lb/pies<sup>3</sup>)
- Conductividad térmica: 0.032 a 0.044 W/(m K)
- Temperatura de operación: hasta 1260°C (2300°F)
- Dimensiones: 7.62 x 0.61 m - 3.8 x 0.61 m
- Espesores: 2.54 y 5.08 cm
- Color: blanco

Figura 47. **Mantas de fibra cerámica**



Fuente: [www.calorcol.com](http://www.calorcol.com). Consulta: 18 de febrero de 2013.

### **3.5. Propuesta de procedimientos para asegurar la calidad del proceso**

Los procedimientos se documentan para definir las responsabilidades de cumplimiento, revisión, archivo y tiempo de conservación de cada uno de los registros relacionados con el mismo.

Este documento describe la secuencia o la forma de realizar una actividad para lograr un objetivo dentro de un alcance establecido:

- Procesos operativos de origen de madera a secar:
  - Madera rústica, dimensionada y húmeda propia
  - Madera de terceros
  - Maderas duras (tropicales) propias
  - Maderas impregnadas propias
- Responsabilidades de cada involucrado dentro del proceso de secado
- Documentos e informes sobre el control del proceso de secado

- Registros de temperatura y humedad; madera secada

Cada procedimiento deberá ser archivado, para que la información sea fácil de manipular. La estructura a seguir para cada procedimiento es la siguiente:

- Objetivo: escribir brevemente la intencionalidad del procedimiento, es decir que se persigue al finalizar el mismo.
- Alcance: establecer el contexto de inicio a fin que abarca el procedimiento
- Definiciones: escribir las definiciones convenientes, establecidas por la empresa para el desarrollo del procedimiento.
- Responsables: establecer el cargo responsable del procedimiento
- Condiciones generales: anotar todas las limitaciones aceptadas dentro del procedimiento.
- Desarrollo del procedimiento:
  - Estructura y formato: anotar todas las actividades propias del procedimiento. Como mínimo cada procedimiento debe contener: Logo, tipo de documento, código, fecha, pagina, copia controlada, copia no controlada, quien elaboro, quien reviso, quien aprobó.
  - Anexo: explicar todos los anexos requeridos para la elaboración del procedimiento: parámetros de control, indicadores de gestión, planos y registros entre otros.

- Registros: se asocia con un documento por el que se puede mostrar evidencia objetiva de la información recogida, resultado del desarrollo del procedimiento.
- Referencias: referir los documentos relacionados con el procedimiento para lograr un análisis y comprensión, del desempeño del procedimiento.

### **3.6. Análisis de salidas de materiales**

Todos los insumos que ingresan a un proceso, salen como producto o desecho al final del mismo. Si bien el uso de la energía eléctrica representa una considerable parte de los costos de producción en la industria de la transformación de la madera, en el caso del secado de madera para MYMSA representa el 2 % de la energía eléctrica total utilizada. Principalmente se busca enfatizar el proceso de Producción más Limpia en el Área de Secado de Madera para reducir las emisiones a causa de la utilización de la madera como combustible.

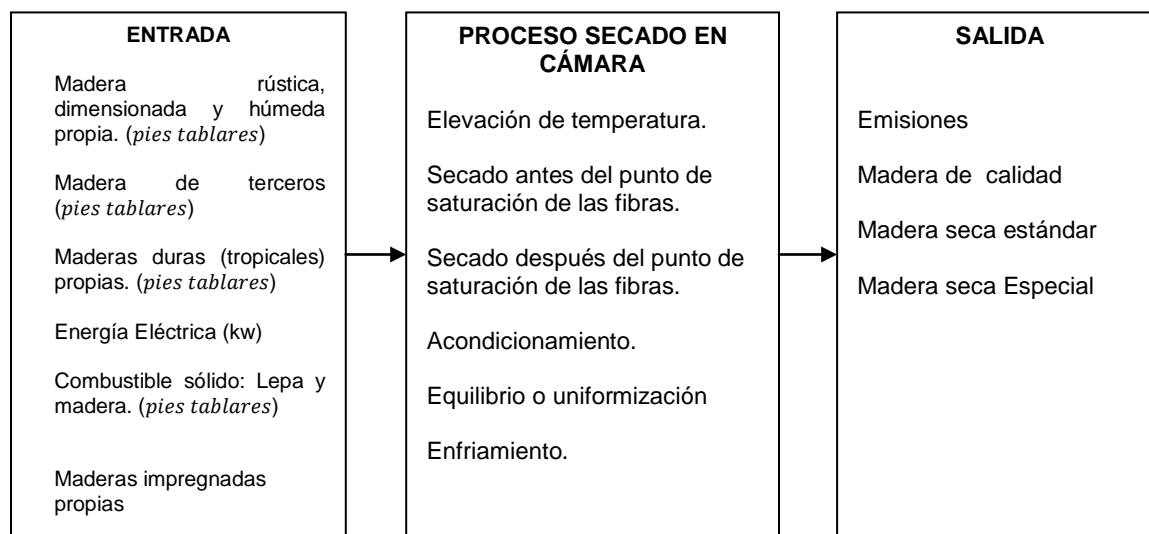
#### **3.6.1. Cuantificación**

Al departamento de secado de madera ingresa madera húmeda propia y húmeda de terceros; para iniciar con el proceso de secado es necesario contar con el desperdicio de los departamentos de Celosía, Cepillado y Línea Principal, para abastecer de combustible el horno.

De acuerdo a los datos obtenidos del control de cada variable de secado, se definirá un tiempo bastante aproximado cuando se trate secar madera propia o de terceros.

La alimentación del horno debe ser constante durante la fase de elevación de temperatura, por lo que se trabajara con tres turnos consecutivos; matutino, mixto y nocturno, con el objetivo de mantener las condiciones ambientales correctas dentro de la cámara de secado; dependiendo de la fase de secado en que se encuentre.

Figura 48. **Representación de un balance total**



Fuente: elaboración propia.

Los defectos de secado se reducirán conforme se encuentre el patrón de comportamiento de cada especie de madera dentro del secador y dependiendo del área y época del año que en que sea extraída de los bosques.

Los datos de origen de las trozas a procesar, cuando se trata de madera propia, son de suma importancia, con base en ellos se creará un programa de secado para cada especie.

### **3.6.1.1. Productos**

El resultado del proceso de secado en cámara da como resultado lotes de madera con las siguientes características:

- Madera de calidad: madera cuyo uso final está definido. Los requerimientos de calidad de secado son altos.
- Madera especial: madera destinada a usos muy específicos. Los requerimientos de calidad de secado son muy altos.

### **3.6.1.2. Subproductos**

Cuando los lotes de madera de terceros son pocos en comparación con la capacidad de la cámara de secado, se realizarán pilas de madera propia para aprovechar el espacio, tiempo y combustible. Como resultado se obtendrá madera estándar cuyo uso final, aun no definido, estará lista para la utilización en la carpintería o para venta cuando se solicite, estos requerimientos de calidad del secado, no serán estrictos.

### **3.6.1.3. Residuos**

Es necesario controlar las operaciones de manipulación, transporte carga y descarga de los residuos utilizados como combustible para el horno; para evitar que residuos provenientes del departamento de impregnación sean expulsados al ambiente en forma de emisiones.

Las cenizas producto de la combustión de residuos madera, pueden ser utilizada una parte como abono para las áreas verdes de la empresa o reunir en bolsas para vender a empresas dedicadas a distribuir productos orgánicos.

Algunos otros residuos no pueden ser tratados en la planta, por lo que necesitan transportarse fuera de la planta para el tratamiento y/o disposición final.

**Figura 49. Diagrama propuesto de flujo de operaciones alimentación de horno de secado**

Empresa: Mymsa

Elaborado por: Sucely Herrera

Proceso: Alimentación horno cámara de secado

Hoja: 1/1

Actividad	Símbolo				
Operario recolecta desperdicios de madera de otros departamentos.	●	→	□	□	▽
Operario traslada desperdicios al departamento de secado.	○	→	□	□	▽
Operario selecciona desperdicios de madera para iniciar la combustión que no sean de madera impregnada.	○	→	□	●	▽
Operario aparta desperdicios de madera impregnada.	○	→	□	●	▽
Operario alimenta horno	●	→	□	□	▽
Operario revisa eventualmente la cámara de secado	○	→	■	□	▽

Fuente: elaboración propia.



#### **3.6.1.4. Emisiones**

El proceso de secado produce emisiones atmosféricas resultantes de la quema de biomasa dentro del horno para elevar la temperatura de la cámara de secado, favoreciendo el incremento de los gases de invernadero (dióxido de carbono, otros elementos y partículas) y cambios en la biodiversidad.

La utilización de filtros en las chimeneas industriales electrostáticos, conocidos también como precipitados electrostáticos, se caracterizan por operar mediante la ionización de las partículas suspendidas que pasan a través del filtro, que son atraídas hacia el electrodo negativo; producido a través de un campo eléctrico intenso, lo suficientemente alto como para producir ionización, pero a la vez no tan grande para provocar diferentes descargas por arqueo.

#### **3.6.2. Clasificación de residuos**

La gestión adecuada de los residuos generados permitirá minimizar y controlar los potenciales impactos a la salud del trabajador y el ambiente que afectando directamente en las operaciones dentro de planta como una vez que salen de la misma.

La mejor solución para el manejo de los residuos, es realizar los esfuerzos a nivel del proceso para evitar que los mismos no se generen; el personal que labora dentro del Área de Secado debe ser capaz de realizar la clasificación de los residuos por el tipo de manejo en:

- Residuo peligroso: son residuos que por la naturaleza son sustancialmente peligrosos de manejar y para la salud o el medio

ambiente. Entre los residuos peligrosos que la empresa maneja se encuentran:

- Cenizas provenientes de la limpieza de ductos de la chimenea
- Envases plásticos de lubricantes
- Residuo sólido tóxico: residuo que por las características físicas o químicas, puede causar daño o puede provocar contaminación ambiental. Entre estos tenemos:
  - Estillas impregnadas
  - Estillas con pintura
- Residuo inerte: residuo que no producirá efectos ambientales al interactuar en el medio ambiente. Algunos producidos en la empresa son:
  - Estillas de madera aserrada
  - Ceniza
  - Aserrín
  - Papel

### 3.6.2.1. No contaminantes

Los residuos no contaminantes no producen un daño al medio ambiente, ni al ser humano; dentro del proceso de secado se detectaron los siguientes:

- Cenizas (partículas solidas)
  - Causas y manera de la generación: desperdicios de aserrín de madera utilizada como combustible en el horno generador de calor para la cámara de secado.
  - Departamento donde se producen: Aserrío, Celosía, Molduras, Cepillado, Carpintería
  - Control: venta a empresas dedicadas a la venta de fertilizantes orgánicos.
  
- Emisiones de polvo (partículas)
  - Causas y manera de la generación: adheridas a los desperdicios de madera a utilizar como combustible.
  - Departamento donde se producen: Aserrío y Cepillado
  - Control: la madera a ingresar debe estar limpia de restos de viruta, polvo o barro. El área de trabajo, deberá dotarse de máquinas de dispositivos de aspiración. Para resguardar la salud de los trabajadores, en la protección frente a incendios y explosiones.

### 3.6.2.2. Contaminantes

Estos residuos causan serios daños al ser humano y al medio ambiente, dentro del Área de Secado se encontraron los siguientes:

- Emisiones atmosféricas
  - Causas y manera de la generación: resultante de la quema de biomasa en el horno para el secado de la madera.
  - Departamento donde se producen: secado
  - Control: adquisición de filtro para chimeneas
  
- Virutas de madera impregnada (peligrosos)
  - Causas y manera de la generación: recolección de desperdicios de Madera para alimentar el horno de secado.
  - Departamento donde se producen: impregnado
  - Control: prever que el maquinado sea realizado antes de la impregnación. Por estar contaminados con elementos tóxicos del CCA, estos residuos son considerados como residuos peligrosos tanto para el manejo interno como para la selección de las alternativas de tratamiento y disposición final.

## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

El compromiso de la Gerencia General en la creación o modificación de las nuevas técnicas en el proceso de secado y el soporte administrativo, permiten manejar integralmente el proceso para el incremento de la eficiencia.

La búsqueda de un proceso eficiente es la idea principal que se busca con la implementación de la estrategia de Producción más Limpia a través de la conservación de insumos, energía y aplicación de buenos procedimientos de operación durante el proceso de secado.

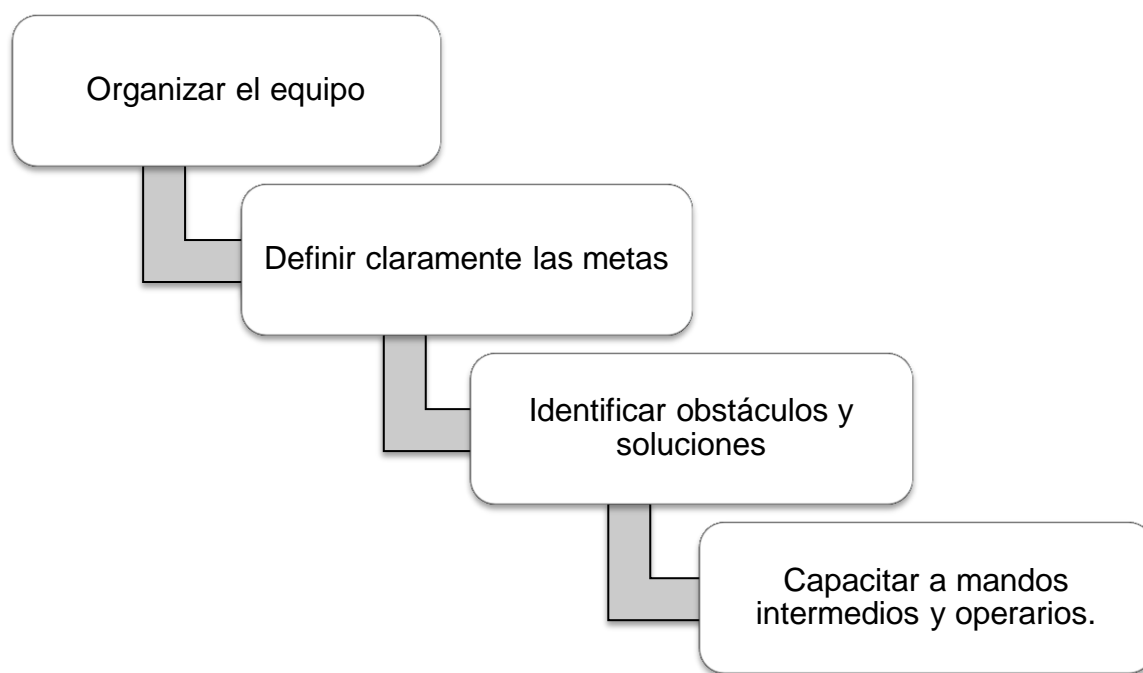
De igual forma la capacitación al personal brindará el conocimiento necesario para mejorar el desempeño de las funciones dentro del Área de Secado; además el avance de la tecnología en la utilización de dispositivos electrónicos permite que los procesos incrementen la productividad, utilizando menos recursos y cumpliendo con los normativos ambientales que garanticen el mejoramiento continuo de la gestión ambiental.

### **4.1. Gerencia General**

La Gerencia debe estar totalmente comprometida con la estrategia de Producción más Limpia, este esfuerzo de mejora continua requiere el compromiso no solo de los directivos y gerentes; sino de todo el personal involucrado dentro del proyecto deben estar convencidos de los beneficios y comprometidos con el trabajo por desarrollar.

El establecimiento de un compromiso empresarial, dará a conocer la iniciativa al personal definir grupos de trabajo asignar responsabilidades, son elementos básicos para una implementación exitosa.

Figura 50. **Actividades para fase de planeación y organización del programa de Producción más Limpia**



Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.1. Demostrar la ventaja competitiva**

La Producción más Limpia reduce los riesgos medioambientales, pero también reduce costos y promueve entre los trabajadores el uso eficiente de materias primas y energía, a fin de eliminar o reducir en las fuentes de origen la cantidad de residuos no deseados que se genera durante los procesos de producción.

Para disminuir costos de producción, es necesario reducir los flujos de residuos y para reducir los flujos de residuos, es necesario incrementar la eficiencia productiva.

Las técnicas de Producción más Limpia pueden aplicarse a cualquier proceso industrial y se empieza desde la aplicación de operaciones relativamente fáciles como la sustitución de bombillos ahorradores hasta cambios más profundos como es el uso de filtros para chimeneas (tecnologías más limpias y eficiente).

El control del proceso de secado es el que mayores cantidades de tiempo y energía consume si se compara con los otros procesos de la elaboración. Suficiente motivo para que la industria trate de disminuir el coste de energía y de reducir el tiempo empleado. La optimización del proceso de secado de la madera, mediante la aplicación de buenas prácticas en la utilización de energía y secado son factores a tener presente para obtener una mejor calidad de la madera seca y por ende aumentara la eficiencia en el proceso.

El control detallado y debidamente registrado de las principales variables de secado genera nuevos conocimientos en el interior de la empresa y aporta bases documentadas.

Aumenta el posicionamiento comercial de la empresa, porque: la empresa ya no estará limitada a secar únicamente maderas de fácil secado, sino contara con un programa adecuado para cada tipo de madera; por lo que accede a nuevos mercados o incluso al mercado exterior, incrementando las ventas y mejorando la imagen en el mercado.

Mejor entorno laboral, debido a la mejora de las condiciones de seguridad, salud ocupacional y condiciones de infraestructura del Área de Secado.

La Producción más Limpia es un modo de pensar, en el que la Gerencia y la educación del personal son las armas principales; la organización eficiente y la gestión son más efectivas que el uso de alta tecnología. Es una herramienta para mejorar el comportamiento ambiental e incrementar ganancias.

#### **4.2. Informar al personal**

Para poder organizar al equipo de trabajo, es necesario dar a conocer al personal de la empresa los planes que se tienen respecto a la implementación del programa de Producción más Limpia. Inicialmente se debe integrar un equipo responsable del mismo, incluyendo principalmente a los operarios del Área de Secado.

Además se debe de realizar un análisis exhaustivo sobre los aspectos a mejorar, para incrementar críticas que aporten propuestas de solución a los problemas encontrados. Acorde a los resultados obtenidos se sugiere establecer un plan de incentivos.

Se debe designar a un representante del equipo que tenga la jerarquía y la autoridad necesarias para garantizar la implementación del programa. El coordinador debe asumir un total compromiso, ya que de él dependerá el adecuado desarrollo del programa. Motivando al personal sobre los beneficios de la Producción más Limpia y el cumplimiento de las metas trazadas, llevará registros de los avances, problemas y barreras encontradas; buscará soluciones a estos obstáculos e informará permanentemente a la gerencia sobre el avance del proceso.



#### **4.2.1. Nuevas técnicas de apilado**

El apilado es un factor de importancia para asegurar la calidad de secado, por ello los operarios de carga deberán tomar las siguientes medidas y consideraciones para formar las pilas o lotes de madera a secar.

- Utilizar equipo de protección personal, camisola de manga larga, guantes, mascarilla y anteojos.
- Inspección visual de la calidad de madera (registrar datos).
- Se clasifican las tablas según espesor y largo.
- Retirar con un cepillo de mango largo los restos de aserrín, antes de cargar las tablas, para eliminar restos de polvo o resina que obstruyan o cubran los poros.
- Dos operarios deben realizar la carga manual y formación de pilas.
- Sujetar las tablas con ambas manos firmemente en forma de gancho para evitar el deslizamiento durante el traslado.
- Evitar que las tablas sean aventadas al colocarlas en la pila.
- Levantar sólo las tablas que puedan sujetarse con ambas manos.
- Soltar las tablas hasta situarlas en el punto de apoyo.
- Mantener el área de trabajo y de tránsito libres de obstáculos.

- Tomar en cuenta la selección en función al espesor.
- Los separadores deben ser de maderas secas (10 % de contenido de humedad) no resinosas y duraderas, de buena calidad, libre de defectos y sin deformaciones. Deben tener un espesor uniforme, entre 12 mm (1/2") y 25 mm (1"). Corte a escuadra y cepillados rectos.
- Cambiar las tablas que presenten deformación.
- Armar todas las pilas antes del llenado para luego ser colocadas en la cámara por el montacargas.
- La preparación de las rumas deberá seguir el procedimiento descrito anteriormente en capítulo 3 organizar la pila por espesor y largo, a fin de que los largos sean múltiplos del ancho máximo permitido por la cámara.
- Los paquetes deben estar claramente identificados para el acomodo en el momento del llenado del horno.
- Ubicar los clavos y sensores en el centro horizontal y vertical de la muestra testigo y por la cara inferior de la misma. Luego colocarlas a la mitad del paquete, tanto horizontal como vertical, para luego ser conectados al controlador del horno.
- Realizar el traslado de la madera hacia la pila caminando.
- Limpiar del área de trabajo los restos de aserrín que se retiran de las tablas el contenedor destinado, de ser necesario, humedecer para evitar la dispersión de polvos.

Figura 51. **Formación de pilas o lotes de madera a secar**



Fuente: Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Secado de maderas, Manual practicas seguras en el área forestal, México. p. 9.

El buen contacto de los listones separadores y el control de los extremos en todos los paquetes deben ser uniformes para obtener la colocación óptima de los listones y el contacto de éstos con los extremos de la tabla.

#### **4.2.2. Selección de desperdicios para alimentar el horno**

Para evitar que restos de madera impregnada sean utilizados como combustible para el horno de secado, se tomaran las siguientes medidas:

- Separar los desperdicios de madera impregnada del resto de desperdicios, colocando en un contenedor en las áreas de Cepillado y Celosía.
- El operario encargado de alimentar el horno, no puede recolectar la madera de los depósitos dispuestos para desperdicios de madera impregnada.

- De encontrar restos de madera impregnada fuera de los depósitos o entre los desperdicios a utilizar como combustible, separarlos para la pronta colocación dentro de los contenedores correspondientes.
- Las trozas de madera seca son los más adecuados para agilizar la combustión.

#### **4.2.3. Utilización de documentos de control**

La utilización de documentos de control dará como resultado datos que serán reunidos y analizados para crear un programa de secado adecuado a la especie de madera a secar. Además de proporcionar puntos clave para el establecimiento de estándares de calidad que satisfagan las necesidades de los clientes tanto internos como externos.

Los documentos propuestos para la utilización se desglosan de la siguiente manera:

- Recepción de la madera: el jefe de maderas duras y secado, es el encargado de recibir la carga proveniente de terceros; por lo que le corresponde identificar la madera recibida y registrar la información en el documento que corresponde, (ver apéndice 1).
- Selección de la madera antes del secado: los operarios en turno que realicen el apilado de la madera clasificarán la madera de acuerdo y registrar el lote total de madera a secar por medio de este documento, (ver apéndice 2).

- Control de temperatura y humedad: el operario en turno encargado de mantener la temperatura de la cámara de secado en las condiciones necesarias según la etapa en que se encuentre el proceso. Será quien registre estos datos, (ver apéndice 3).
- Control de residuos utilizados: para cuantificar la cantidad de combustible necesario para secar determinada cantidad de madera es necesario registrar el volumen de desperdicios ingresados al horno, para mantener la cámara a ciertas condiciones de temperatura. El encargado que registre la temperatura y humedad será el operario, (ver apéndice 4).
- Detección de fallas mecánicas: antes de iniciar el proceso de secado, es importante realizar una inspección del funcionamiento óptimo de los ventiladores, instrumentos de medición y condiciones generales de la cámara de secado, registrando los datos en el documento que corresponde, (ver apéndice 5).

#### **4.3. Aplicación de un programa de secado acorde al tipo de especie**

En la realización de un programa de secado son indispensables los elementos determinados en las propiedades físicas de la madera, densidad, contracciones en diferentes direcciones, para definir con claridad el comportamiento de la madera durante el proceso de secado.

Cuando se inicie con la obtención de datos para la elaboración del programa de secado se utilizarán las temperaturas iniciales de comportamiento estándar para secado de madera. Conforme se obtengan y analicen los datos obtenidos de los documentos de control, se podrá determinar un programa de secado acorde al tipo de especie de madera.

Tabla IV. **Propuesta datos básicos para el análisis y establecimiento del programa de secado**

Especie	Grueso	T °C	Gradiente	Hr %	T (°C) total
Pino					
Ciprés					
Chichipate					
Santa María					
Cedro					

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Temperatura y gradiente de secado para maderas frondosas**

	Espesor < 40mm		Espesor entre 40-75 mm	
	Temperatura	Gradiente	Temperatura	Gradiente
Muy difícil	60	2.1	60	1.7
Difícil	65	2.6	65	2.3
Normal	75	2.8	75	2.5
Fácil	75	2.9	75	2.6
	60	3.1	60	2.7
Muy fácil	65	3.4	65	2.9

Fuente: Centro de Innovación Tecnológico de la Madera. Secado de madera. p. 26.

Tabla VI. **Definición de los ciclos de secado según la JUNAC**

PROGRAMA DE SECADO	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA %	TEMPERATURA (°C)		Humedad
		Term. Seco	Term. Humedo	Relativa Aprox. %
<b>FUERTE (F)</b>	Verde	60	56	80
	60	65	58	70
	50	70	60	60
	40	75	61	50
	30	80	62	40
	20	80	60	35
<b>MODERADO (M)</b>	Verde	50	47	80
	60	55	49	70
	40	60	51	60
	30	65	52	50
	25	70	54	40
	20	70	50	35
<b>SUAVE (S)</b>	Verde	40	37	80
	40	40	35	70
	30	45	37	60
	25	50	40	50
	20	55	42	40
	15	55	37	30

Fuente: Centro de Innovación Tecnológico de la Madera. Secado de madera. p. 22.

#### 4.4. **Control de procesos y procedimientos**

Los procesos se controlaran mediante la utilización de los documentos del rubro 4.2.3; para el registro corriente de disposición de residuos sólidos, aplicar el siguiente formato:

Tabla VII. **Registro de datos para residuos sólidos**

Fecha	Cantidad [barriles, m <sup>3</sup> o ton]	Tipo u origen del residuo	Destino	Observaciones	Responsable
Enero					
Febrero					
Marzo					
:					
<b>TOTALES</b>					

Fuente: elaboración propia.

#### **4.5. Diseño e instalación de dispositivos electrónicos para controlar el proceso**

Los requerimientos para el proceso de secado de madera y las variables a controlar son temperatura y humedad en el horno y cámara de secado.

La instalación de cada aparato debe ser realizada exclusivamente por personal cualificado, respetando las normas locales y los reglamentos de seguridad para la ejecución de las instalaciones.

Es importante poder mostrar la temperatura y la humedad al usuario en cualquier momento, y permitir al mismo iniciar y detener el proceso según el programa de secado; con la ayuda de sensores y un controlador lógico programable (computadora digital usada para la automatización de procesos electromecánicos). Que a diferencia de las computadoras de uso común permiten la configuración sencilla varios arreglos de entradas y salidas, resistencia a vibraciones e impactos y operación en rangos amplios de temperaturas.



Basta con adaptar los aparatos de medición actual a un ordenador digital para obtener datos en pantalla, sin necesidad de recurrir a cada una de las áreas a recolectar los datos para el análisis e implementación del programa de secado.

#### **4.6. Cámara de secado**

Todas las instalaciones y aparatos eléctricos y electrónicos necesitan mantenimiento constante, de acuerdo a los datos obtenidos en cada revisión antes de iniciar el proceso de secado, se determinara si las condiciones de estos son buenas, regulares o malas. Cuando las condiciones sean regulares y no se ha llegado el tiempo establecido según el plan de mantenimiento. Hacer énfasis en el problema, y recurrir al encargado, para que realice el mantenimiento respectivo.

##### **4.6.1. Selección del aislante**

La cámara de secado posee un área de 49 m<sup>2</sup>, las cubiertas de lana mineral de roca, existen en varias dimensiones y espesores, lo recomendable, son dimensiones de 3 x 4 pies cubriendo un área de 1.67 m<sup>2</sup> con un espesor de 1½ pulgadas.

##### **4.6.2. Diseño**

Cada una de las cubiertas de lana mineral de roca seleccionadas cubren un área de 1.67 m<sup>2</sup>, la cámara de secado tiene un área de 49 m<sup>2</sup>, por lo que para cubrir el área se necesitan 31 cubiertas aproximadamente.

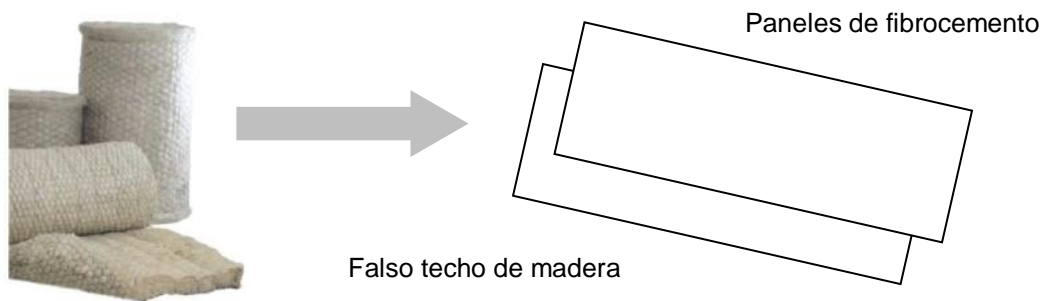
Para evitar contracciones en el material es recomendable colocarlo en áreas con poca humedad, para ello se toma en cuenta que la lana mineral se puede colocar entre los paneles de fibrocemento y el cielo raso de madera. De

esta forma se lograra que el calor se mantenga dentro de la cámara de secado y lograr alcanzar temperaturas más elevadas.

### 4.6.3. Instalación

Este recubrimiento debe quedar lo más próximo posible a los paneles de fibrocemento del techado, es decir que deberá desmontarse los paneles de madera de la estructura y utilizar un pegamento epóxico para colocar las cubiertas de lana mineral. Debe quedar poco espacio entre el falso techo y la lana mineral.

Figura 52. **Instalación lana mineral de roca**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

## **5. IMPACTO AMBIENTAL**

En este capítulo se expone el impacto ambiental producto de la implementación de la Producción más Limpia dentro del Área de Secado de Madera; es decir el cambio generado en el entorno ambiental que se provoca con la implementación del proyecto.

La empresa actualmente no cuenta con ningún programa de control de desechos, por lo que se proponen algunas medidas que le servirán a la misma a disminuir la contaminación y colaborar con el medio ambiente.

Los impactos ambientales resultantes de la aplicación de un proyecto pueden causar daños al equilibrio ecológico o bien traer consigo benéficos o contribuciones para mejorar las condiciones de vida y conservación o recuperación de los ecosistemas.

Es conveniente conocer los tipos de desechos o residuos que se manejan en la empresa y las medidas a tomar para aprender a reciclar. Inicialmente se identifican los impactos ambientales para luego valorarlos en función de escalas que pueden ayudar a apreciar la magnitud, y poder determinar si es o no significativo.

### **5.1. Identificación de impactos ambientales**

Las industrias dedicadas al procesamiento de la madera generan impactos ambientales desde el corte de la madera extraída del bosque, aserrado de la madera, generación de ruido por la utilización de maquinaria de corte, impacto

en la salud de los trabajadores por la inhalación de partículas de madera aserrada o cepillada entre otros.

También se generan emisiones de polvo y emisiones gaseosas con sustancias volátiles que causan molestias generales temporales y en el peor de los casos daños permanentes a la salud del trabajador.

La aplicación de medidas de gestión ambiental, provee a la empresa grandes beneficios incluyendo orden y consistencia en las tareas y procesos, evaluando continuamente estas medidas mediante indicadores. Además es útil en la gestión de los impactos negativos que una empresa genera al medio ambiente y al ambiente laboral dentro de la empresa.

De acuerdo a lo anterior en el Área de Secado de Madera se identificaron los siguientes impactos:

- Residuos sólidos
  - Papel utilizado para control de las variables de secado
  - Tablas separadoras en mal estado
  - Cenizas de horno
  - Envases plásticos de lubricantes
  
- Utilización energética de biomasa
  - Residuos de madera
  - Estillas
  - Lepa

- Emisiones de partículas a la atmósfera
  - Polvo
  - Aserrín
  - Residuos de madera impregnada
  - Humo de chimenea

### 5.1.1. Clasificación de los impactos

Para este estudio, se clasificaran los impactos ambientales de acuerdo al efecto resultante en el ambiente en positivos y negativos. La tabla VIII muestra la clasificación de los impactos identificados en el Área de Secado de Madera.

Tabla VIII. **Clasificación de impactos ambientales identificados**

IMPACTO IDENTIFICADO	POSITIVO	NEGATIVO
• Residuos Sólidos		
○ Papel		x
○ Tablas separadoras.	x	
○ Cenizas de horno	x	
• Emisiones de partículas a la atmósfera		
○ Polvo		x
○ Aserrín		x
○ Residuos de madera impregnada		x
○ Humo de chimenea		x
• Utilización energética de biomasa		
○ Alimentación de horno	x	

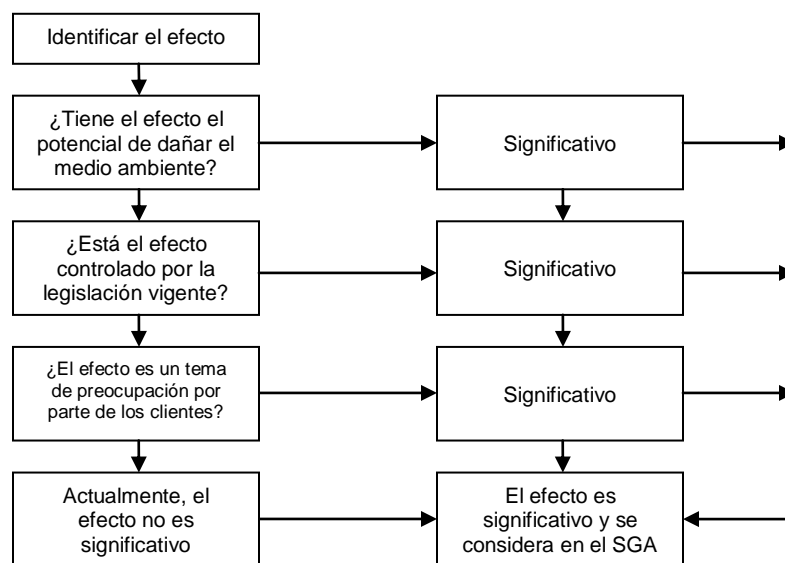
Fuente: elaboración propia.

Mediante la utilización de un método fácil (ver figura 53) se determinó la significancia de los efectos al medio ambiente para evaluar las operaciones del Área de Secado de Madera con un impacto ambiental.

Algunos factores clave a tomar en cuenta para la clasificación de un efecto significativo son los siguientes:

- Es controlado por alguna legislación
- Puede causar un impacto demostrable al medioambiente
- Se relaciona con algún objetivo clave de la empresa
- Involucra factor humano

Figura 53. **Diagrama de flujo para clasificar los niveles de significancia de los efectos medioambientales**



Fuente: Gestión Empresarial y Medio Ambiente (ETBPP) Inglaterra, Guía GG137. p. 23.

Tabla IX. **Clasificación de impactos según significancia**

IMPACTO IDENTIFICADO	SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO
• Residuos Sólidos		
○ Papel		X
○ Tablas separadoras.		X
○ Cenizas de horno		X
• Emisiones atmosféricas		
○ Polvo	X	
○ Aserrín	X	
○ Residuos de madera impregnada	X	
○ Humo de chimenea	X	
• Utilización energética de biomasa		
○ Alimentación de horno		X

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.2. Descripción de los impactos

Previamente se clasificaron los impactos que se identificaron específicamente en el Área de Secado a manera de poder evaluar las posibles alteraciones sobre los ambientes que se desarrollan en esta área.

#### 5.1.2.1. Impactos positivos ambientales

Dentro de los residuos sólidos se encuentran las tablas separadoras que ya no puedan utilizarse debido a alguna deformación en la estructura (torsión,

alabeo) que hace que sea descartada por el operador encargado de la formación de la pila, porque podría repercutir en la calidad del lote de madera a secar; al tratarlo como residuo el operador lo utilizará como combustible para alimentar el horno.

Las cenizas provenientes del horno pueden ser utilizadas como material de relleno y abono en las áreas verdes. Investigaciones afirman las cenizas mejoran la fertilidad del suelo por ser sustancias alcalinas que neutralizadoras de la acidez.

La utilización energética de biomasa proveniente de diversos procesos de la madera presenta una serie de impactos ambientales positivos, debido a que estos residuos son aprovechados en forma de energía dentro de la empresa para alimentar el horno para el secado de la madera.

#### **5.1.2.2. Impactos negativos ambientales**

El papel en el Área de Secado básicamente se utilizará para documentar el control de las variables de secado. Las fibras de celulosa son un producto renovable, en lugar de tirarlos a la basura para que acaben en un basurero, se pueden recoger y reciclar convirtiéndolos en papel nuevo. El papel no se puede reciclar si se mezcla con otros residuos, porque se contamina.

El polvo se produce debido a la movilización de los montacargas al transportar las pilas hasta la cámara de secado, cuyo efecto puede repercutir en la salud de los operarios y causar molestias a los clientes cuando al recoger la madera.

El aserrín es un sólido residual orgánico con niveles de humedad variable, al Área de Secado llega madera proveniente de diversos procesos como el



aserrado y cepillado; consigo llevan aserrín que al igual que el polvo con el movimiento se desprende y causa molestias de salud a los empleados.

El operario encargado de la recolección de madera para combustible del horno selecciona los residuos de madera, pero dentro de ellos puede encontrar residuos de madera impregnada, estos residuos de ninguna manera pueden ser utilizados como combustible, debido a que los químicos utilizados para la impregnación (óxidos de cromo, cobre, arsénico) serían expulsados al ambiente.

El humo de la chimenea se produce de la combustión de madera, al no contar con un filtro las emisiones pasan directamente al medio ambiente, favoreciendo al incremento de gases de invernadero.

### **5.1.3. Evaluación de los impactos**

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un procedimiento técnico-administrativo que la empresa puede realizar para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá en el medio ambiente la ejecución de un proyecto, pueden utilizarse diversos métodos para la evaluación listas de chequeo, diagramas de flujo, dependiendo del criterio de la empresa.

## **5.2. Legislación ambiental**

Los reglamentos y el derecho común funcionan para regular la interacción de la humanidad y el resto de los componentes biofísicos o el medio ambiente natural, con el fin de reducir los impactos ambientales provocados por las actividades del ser humano, en el medio natural y en la misma humanidad.

La Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto No. 68-86 establece que la situación de los recursos naturales y el medio ambiente en general en Guatemala ha alcanzado niveles críticos de deterioro que inciden directamente en la calidad de vida de los habitantes y ecosistemas del país, por lo que obliga a tomar acciones inmediatas y así garantizar un ambiente propicio para el futuro.

El cumplimiento de la legislación ambiental e implementación de buenas prácticas ambientales benefician grandemente la calidad de vida de la población guatemalteca, además el cumplimiento conlleva la oportunidad de acceder a mercados que exigen tecnologías limpias o consumidores que buscan productos elaborados de forma amigable con el ambiente.

### **5.3. Medidas de prevención y mitigación**

La aplicación de buenas prácticas ayuda a mejorar la eficiencia en los procesos operativos y administrativos. Estas medidas deberán ser implementadas durante las actividades que se realizan en el Área de Secado de Madera.

#### **5.3.1. Plan de contingencia**

La elaboración de un plan de contingencia como medio preventivo, predictivo y reactivo; es de gran utilidad porque de forma estructural estratégica y operativa ayuda a controlar una situación de emergencia y a minimizar las consecuencias negativas.

Mediante una serie de procedimientos fuera del funcionamiento normal de una organización, alguna de las funciones usuales se ve perjudicada por una contingencia interna o externa, se está preparado para reaccionar de una forma

apropiada ante tal casualidad. Garantizando la continuidad del funcionamiento de la organización frente a cualquier eventualidad, tormentas, terremotos, emergencias por residuos y sustancias peligrosas, accidentes laborales, incendios entre otros.

#### **5.3.1.1. Plan de seguridad ambiental**

Como parte del plan de contingencia las siguientes son medidas que se deberán implementar:

- Para evitar fugas o derrames de sustancias contaminantes, realizar un mantenimiento regular en la maquinaria y el equipo.
- Ubicar de forma visible a los trabajadores las hojas de manejo de los combustibles y lubricantes.
- Para evitar que se levante polvo desde las zonas de trabajo, durante los períodos de época seca, humedecer el área con agua las superficies de trabajo y de rodamiento de la maquinaria y equipo.
- Implementar periódicamente el plan de mantenimiento, la maquinaria utilizada deberá estar en óptimas condiciones.
- Efectuar un plan de ahorro y eficiencia energética, considerando como mínimo lo siguiente:
  - Concientizar a los trabajadores sobre la importancia de ahorrar energía eléctrica y sobre las medidas para lograrlo.

- Aprovechar la luz natural y utilizar bombillos ahorradores de energía. Realizar registros de consumo, para comparar datos e implementar medidas que permitan mejorar la eficiencia.
- Asegurar de que se cumpla el Reglamento General de Higiene y seguridad en el Trabajo. Capacitando al personal sobre buenas prácticas de manejo de sustancias peligrosas, elaboración de hojas de seguridad, instrucciones ante derrames, accidentes y terremotos entre otros.
- Ubicar pequeños contenedores y distribuirlos en las zonas de trabajo para almacenar los residuos sólidos, cada uno identificado.
- Crear un plan de mantenimiento periódico del equipo y maquinaria.
- Concientizar a los trabajadores para promover el reciclaje y la reutilización de los insumos durante el proceso.
- Capacitar a los trabajadores en el uso correcto de la maquinaria y equipo, en temas de riesgo laboral, y colocar hojas de seguridad (intoxicaciones, accidentes y enfermedades entre otros) y el uso de equipo de protección personal en lugares visibles.

### **5.3.1.2. Plan de seguridad para la salud humana**

Para que el plan de seguridad sea eficaz, es necesario el compromiso de la Gerencia para mejorar las condiciones y medio ambiente laborales en el que se desempeñan todos los trabajadores.

El equipo de seguridad industrial que deberá utilizar, de modo obligatorio, cada operario del Área de Secado será:

- Anteojos de protección
- Calzado contra impactos
- Camisola de manga larga
- Casco contra impacto
- Guantes
- Mascarilla desechable
- Pantalón

La carga manual la deben realizar por al menos dos trabajadores. A modo de sujetar las tablas con ambas manos firmemente en forma de gancho para evitar el deslizamiento durante el traslado.

Separar los pies hasta lograr una posición equilibrada durante el levantamiento de las tablas, colocando un pie más adelantado que el otro en la dirección del movimiento.

Doblar las piernas manteniendo en todo momento la espalda recta y el mentón metido. Procurar que las rodillas no pasen la punta de los pies. Levantarse suavemente, manteniendo la espalda recta. No mover la carga de forma rápida o brusca.

Evitar el giro de la cintura cuando se tenga la carga entre las manos. Establecer períodos de reposo durante la jornada para evitar fatiga. Instalar y dar mantenimiento a un botiquín de primeros auxilios en el área. Colocar un extintor en el área donde se encuentra el horno de secado. Revisarlos periódicamente y capacitar al personal en el uso correcto.

Figura 54. **Medidas de seguridad industrial durante el proceso de apilado**



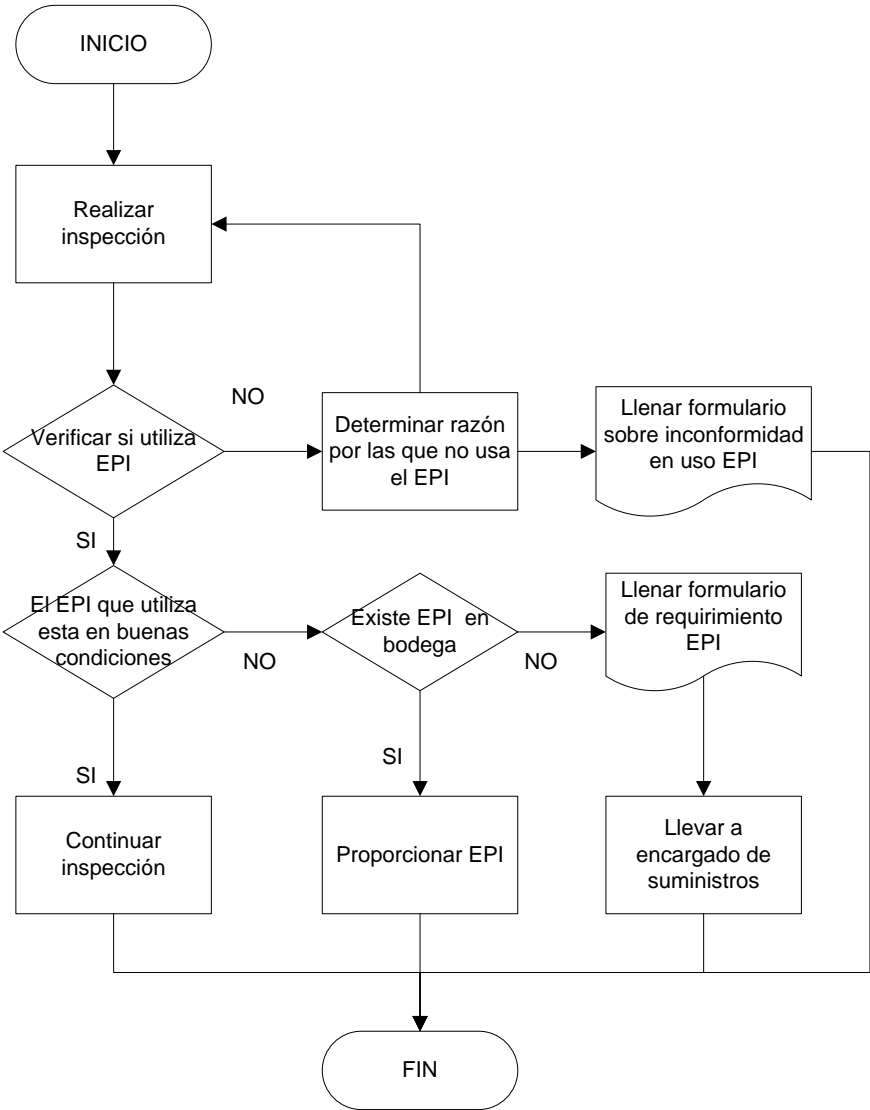
Fuente: Secado de maderas. Manual prácticas seguras en el área forestal. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. México. p. 10.

Requerir al área administrativa y controlar el uso del equipo de protección individual, de tal forma que este se encuentre en óptimas condiciones de uso.

Para controlar el ritmo de uso del equipo de protección individual por los operarios y al mismo el control el costo para la adquisición del equipo, se utilizara el formato propuesto (apéndice 6) para la recolección de esta información; de esta forma lograr el periodo necesario para realizar la solicitud y los operarios contarán siempre con el equipo adecuado, en condiciones óptimas.

Los documentos serán distribuidos al encargado de área quien periódicamente está en la obligación de observar que el equipo de trabajo contenga el equipo de protección industrial en buenas condiciones y que sea utilizado.

Figura 55. Diagrama de secuencia de procedimiento para la adquisición y cambio de equipo de protección individual (EPI)



Fuente: elaboración propia.

La inspección de debe realizar a cada operario y con ello determinar si utiliza o no el equipo de protección industrial (EPI) proporcionado, si lo utiliza verificar si está en condiciones óptimas o necesita ser renovado, en caso de que

no sea utilizado verificar las razones por las que no se utiliza, utilizando el cuestionario de no conformidad con el equipo de protección industrial (EPI) entregado, (ver figura 56). Para analizar la información obtenida y tomar las acciones correctivas adecuadas.

Si el equipo se encuentra en mal estado verificar en bodega la existencia del mismo, de no existir llenar el documento para de adquisición de Equipo de Protección Industrial (EPI) de acuerdo a las necesidades observadas.

Figura 56. Documento para registro de razones de no conformidad

	<b>MADERAS Y MACHIHEMBRES S.A.</b> 31 calle 24-01 zona 12 calzada Atanasio Tzul Teléfonos: 24703214/15 – 24760084					
	<b>CUESTIONARIO SOBRE RAZONES DE NO CONFORMIDAD          CON EL USO DE EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL</b>					
	<table border="1"> <tr> <td>Nombre del trabajador:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Departamento al que pertenece:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Trabajo que desarrolla:</td> <td></td> </tr> </table>	Nombre del trabajador:		Departamento al que pertenece:		Trabajo que desarrolla:
Nombre del trabajador:						
Departamento al que pertenece:						
Trabajo que desarrolla:						
<b>RAZONES DE NO UTILIZAR EL EPI PROPORCIONADO</b>						
Es incomodo <input type="checkbox"/> le queda flojo <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>	Nunca se le proporcionó <input type="checkbox"/> Esta en mal estado <input type="checkbox"/>					
Si marco otros especificar cuales						
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>						
<b>OBSERVACIONES</b>						
<input style="width: 100%; height: 40px;" type="text"/>						
_____ FIRMA DEL TRABAJADOR	_____ Vo.Bo. RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO					

Fuente: elaboración propia.



## **6. SEGUIMIENTO Y MEJORA**

El seguimiento que se dará a la propuesta se desarrolla en este capítulo, la comunicación y el orden son los elementos principales para el correcto funcionamiento del sistema de secado de madera; el uso de instrumentos y herramientas básicas serán de gran utilidad para el control y seguimiento del proceso de implementar la Producción más Limpia en el Área de Secado de Madera.

El uso de los documentos y procedimientos de control serán clave para monitorear las principales variables durante el proceso de secado, el mantenimiento del equipo, los residuos sólidos. El control del sistema es el camino para establecer un programa de secado, de acuerdo a la especie de madera y al tipo de secador que se posee en la empresa.

Los indicadores de avance mostrarán los resultados de la implementación de la propuesta y a través de acciones correctivas se podrá dar la dirección correcta al proyecto en el logro de los objetivos establecidos al inicio, para mantenerlo en marcha de forma eficaz, brindando capacitaciones constantes al personal del equipo para corregir no conformidades que se encuentren en el sistema.

### **6.1. Plan de evaluación**

Para la evaluación del proceso de secado se consideraran los siguientes elementos básicos:

- Clasificación del lote de madera en pilas teniendo en cuenta la calidad de las piezas, dimensiones y planos de corte según programa: observar al operario al recibir la orden de trabajo al inicio de las acciones, la interpretación de la información y en general las actividades vinculadas con el armado de la pila.
- Optimización de espacio y carga de pilas de madera dentro de la cámara de secado: observar y registrar el armado de la carga de modo tal que la misma no sufra defectos por mal apilado y que la circulación del aire sea lo más homogénea posible. Realizar preguntas al operario para comprobar si utiliza el procedimiento propuesto.
- Control de las variables de secado de acuerdo a la evolución teniendo en cuenta parámetros de seguridad e higiene: cada carga registrada será utilizada para controlar futuros lotes con características similares, en función a esto la carga del programa de secado debe justificar el uso de los programas de acuerdo a las características de la carga (contenido de humedad deseado en un tiempo adecuado, sin generar defectos en la madera).
- Control del estado de la cámara y la calidad de los productos teniendo en cuenta parámetros de seguridad e higiene: verificar y registrar la calidad del producto obtenido, analizando las causas que provocaron ciertos defectos y tomar decisiones correctas para la solución en la próxima carga.
- Desperdicios que alimentan el horno de secado: mediante un cambio en el proceso de recolección de madera para usar como combustible se

reducirá la generación de emisiones atmosféricas peligrosas, originadas por la presencia de residuos de madera impregnada con CCA.

- Instalación de nuevos dispositivos electrónicos y aislante en cámara de secado: las modificaciones realizadas a la cámara de secado para mejorar el rendimiento para reducir la generación de residuos, emisiones y los defectos posteriores al secado por ende el incremento de la calidad de secado.
- Generar buenas prácticas operativas: la optimización de los procedimientos operativos y administrativos para reducir emisiones y tiempos de operación.

De la evaluación del estado en que se encuentre la empresa y la aplicación de Producción más Limpia, se pueden obtener los siguientes resultados:

- Reducción de residuos de madera y detección de las cantidades generadas de otras áreas.
- Obtención de datos para la creación de un programa de secado, teniendo en cuenta características similares y comportamientos de cada especie de madera.
- Establecimiento de un programa para seguimiento de la implementación
- Aumento considerable en la temperatura dentro de la cámara de secado, con la utilización de la misma cantidad de combustible actual.

### 6.1.1. Indicadores de avance

Los indicadores permitirán describir el desempeño de la empresa al brindar información de cada uno de los recursos que se utilizan en el proceso de secado de madera y de los residuos generados durante el desarrollo del mismo.

Tabla X. Indicadores de avance

INDICADOR	ANTES	DESPUÉS
Cantidad de madera secada mensualmente	(pies tablares)	(pies tablares)
Defectos encontrados por lote	(pies tablares)	(pies tablares)
Cantidad de madera secada por especie	(pies tablares)	(pies tablares)
Cantidad de madera secada a terceros	(pies tablares)	(pies tablares)
Cantidad de madera secada propia	(pies tablares)	(pies tablares)
Cantidad de biomasa utilizada por lote secado	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Tiempo promedio de secado por especie	horas	horas
Energía utilizada por lote	Kw	Kw

Fuente: elaboración propia.

### 6.1.2. Evaluación de resultados

En base a los resultados obtenidos de los indicadores se podrá observar los avances o desviaciones respecto a los objetivos establecidos inicialmente. Se deben establecer las causas que la originan y aplicar las acciones correctivas o ajustes necesarios.

La gerencia es quien evalúa si el desarrollo del proyecto está cumpliendo con los resultados esperados analizando la información recolectada.

## **6.2. Evaluación cualitativa**

Esta evaluación se realizará en base a la calidad de madera después del secado, el orden y limpieza observados, y en general los avances visibles logrados o aspectos negativos visualizados. La ventaja de esta técnica es que los costos son bajos. Se debe observar de forma específica la interacción de los operarios de distintos turnos en distintos puntos del proceso de secado.

## **6.3. Evaluación cuantitativa**

Con la descripción detallada de los factores que influyen en el secado de madera y el análisis de la información obtenida de acuerdo a los procedimientos aplicados (ver figura 57), la gerencia podrá realizar un análisis de los resultados. Datos como la cantidad de madera secada al final de un periodo, cantidad de madera de terceros secada, cantidad de madera seca demandada para uso interno, son factores que determinaran el avance del proyecto.

El análisis de estos factores, suministra elementos que servirán de base para determinar el programa de secado más apropiado, en pedidos posteriores; la tabla XI muestra un estado de resultados con datos actuales simulados; comparando las ventas anuales en base a un tiempo de secado optimista y pesimista para representar el rendimiento en la aplicación de las técnicas, para reducir tiempos de secado.



#### **6.4. Mantenimiento de equipo y cámara de secado**

El mantenimiento del equipo utilizado para el secado de madera, es un tema al que no se debe restar atención, de ello depende el correcto funcionamiento del sistema en general; algunos de los puntos más importantes para el mantenimiento se describen a continuación:

- **Aislante térmico:** mantener la rigidez adecuada para evitar que el sistema tenga pérdida de calor, debido la humedad presente en la cámara puede provocarse que tanto las planchas y el aislante se separen dejando agujeros, dando al sistema una pérdida de calor considerable. Como mantenimiento preventivo utilizar termómetros para determinar los cambios de temperatura y detectar algún decremento. Revisión: cada 2 meses.
- **Área de intercambio de calor:** debido a la combustión de la madera para la generación de calor, revisar el espesor del hollín presente en el intercambiador de calor, para que no se genere un espesor que disminuya la transferencia de calor. Usar termómetros para determinar los cambios de temperatura y detectar algún decremento. Revisión: cada 2 meses. Revisar antes de iniciar el proceso de secado que la tubería, llaves, válvulas y cualquier otro dispositivo, no presente evidencias de desgaste, fracturas o fisuras.
- **Ventilador:** mantener limpio el sistema eléctrico, revisar terminales entre el motor y el sistema de arranque. Verificar que las terminales o alguna otra parte del cableado no acumulen sarro. Revisión: cada 2 meses.

- Flujo de aire: tener libre el acceso y salida del aire para mantener un flujo continuo y buen contacto con la madera a secar. Revisar la existencia de alguna obstrucción en los canales de acceso y salida del aire. Revisión: diaria.
- Cámara de secado: verificar que las paredes y el techo se encuentren libres de fisuras, por donde pueda filtrarse el agua y/o humedad. Revisar detalladamente la cámara de secado en busca de un desperfecto en las partes que la componen. Revisión: cada 2 meses.
- Área de alimentación de horno: mantener en buenas condiciones el área donde se genera la combustión, mantener alejada la madera que pueda ser afectada por la alta temperatura del horno. Como parte del mantenimiento preventivo: verificar la existencia de algún desperfecto en tornillos, uniones, soldaduras que estén en el área de combustión. Revisión: diaria.

## **6.5. Acciones correctivas**

Se presentan debido al incumplimiento de alguna de las medidas tomadas para alcanzar los objetivos iniciales; con base en los resultados generados en la evaluación se generan las no conformidades, la empresa debe realizar las acciones correctivas necesarias a fin de eliminar las causas de origen.

La implementación eficaz de una acción correctiva se realizara mediante un análisis detallado que permita encontrar la causa raíz del problema, lo que evita la recurrencia de la no conformidad. Toda acción correctiva debe ser documentada y periódicamente realizar un control de seguimiento, con el fin de confirmar que la situación se haya rectificado.



## CONCLUSIONES

1. La utilización de técnicas, como parte de la aplicación de buenas prácticas de operación, permitió identificar los puntos críticos para detectar las ineficiencias dentro del proceso de secado de madera, relacionada con toda la cadena productiva en los siguientes puntos:

Recursos humanos: es indispensable la capacitación del personal del área de secado, iniciando con el jefe de maderas duras y servicios industriales para lograr la preparación y aplicación adecuada del programa de secado; al definir claramente las tareas de los operarios dependiendo la etapa de secado se disminuye la probabilidad de defectos después de finalizado el proceso.

Nivel tecnológico: son pocas las empresas que cuenta con instalaciones de secado y que prestan servicios a otros usuarios; por ello la aplicación de un programa preventivo de mantenimiento prolonga la vida útil y el buen funcionamiento del horno de secado y de las instalaciones del mismo.

Documentación y procedimientos: regulan el funcionamiento e interacción del Área de Secado de Madera con otros departamentos, favorecen a que actividades imprescindibles durante el proceso de secado de madera se lleven a cabo.

2. El sistema para el control de las principales variables de secado dará inicio con la aplicación de un programa de mantenimiento de equipo, comprobando el funcionamiento del mismo según las especificaciones de fábrica; la introducción de programas informáticos y dispositivos electrónicos favorecen el control del secador de madera y reducen el tiempo destinado a la supervisión; la identificación de alternativas preventivas llevarán a obtener beneficios económicos para la empresa y beneficios para el medioambiente.
3. El uso de documentos de control generan datos, que a la vez serán reunidos y analizados para el establecimiento del programa de secado adecuado a la especie de madera a secar; el programa de secado responde específicamente a las exigencias de la cámara de secado de la empresa.
4. La utilización de mantas de lana mineral de roca entre los paneles de fibrocemento y falso techo, reafirmará el aislamiento del techo y evitará pérdida de calor. El mantenimiento del equipo debe ser regular, para detectar fugas de calor, dióxido de carbono y otros, dentro de la cámara de secado.
5. Los desperdicios en el Área de Secado son clasificados por los operarios en: peligrosos, sólidos tóxicos e inertes; garantizando que los residuos de madera impregnada no sean utilizados como combustible para el horno. Las nuevas prácticas de operación se darán a conocer mediante las capacitaciones al personal para concientizar y hacerlos parte del proyecto para el alcance de los objetivos propuestos.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar buenas prácticas en las operaciones involucra la formación de un equipo de trabajo comprometido con el programa de Producción más Limpia, los operarios son los que realizan las actividades operacionales entonces son ellos los mejores indicados para la evaluación de las condiciones de la planta y de oportunidades de mejora.
2. Aplicar una estrategia que regule el uso de equipo de protección industrial por parte del personal debido a que el ambiente en el área de los hornos de secado favorece la formación de un incendio.
3. Capacitar al personal mediante una serie de actividades organizadas con el propósito de brindar los conocimientos, habilidades y actitudes, para mejorar el desempeño de las funciones laborales. La capacitación, debe incluir el diagnóstico y el diseño de las necesidades del programa; la ejecución y la evaluación de los resultados.
4. Es importante la realización de manuales de procedimientos para el control y normalización de todas las operaciones de secado. Registrar cada modificación realizada al proceso de secado.
5. Hacer uso de las hojas de especificaciones de los materiales, colocar en lugar visible en el área de secado, asegurar el buen manejo; realizar copias de seguridad y archivar.

6. La puerta de la cámara de secado no debe ser abierta durante el proceso de secado, porque provocara pérdida de calor, lo que afecta directamente el clima dentro de la cámara, además puede ser peligroso para el personal que manipula el equipo.
  
7. Todos los elementos del sistema de secado deben ser revisados en forma constante, en las revisiones de los motores y de los ventiladores comprobar que no se producen vibraciones o fricciones que provoquen rozamiento durante el funcionamiento; verificar continuamente la velocidad de aire que proporcionan los ventiladores utilizando el anemómetro, asimismo sustituir los cables de las conexiones eléctricas que ya están deteriorados.


## BIBLIOGRAFÍA

1. Centro de Apoyo al Desarrollo Laboral. *Documento Guía de medidas de gestión ambiental para Pymes del sector maderero*. La Paz, Perú: CADL, 2010. 38 p.
2. Centro de Innovación Tecnológico de la Madera. *Guía de Contenidos “Técnicas de Secado de la Madera”. Serie 1 “Competencias Básicas para la Producción Industrial de Muebles de Madera*. Lima, Perú: CITE madera, 2009. 65 p.
3. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. *Guía de consultores: Cómo llevar a cabo un diagnóstico ambiental para la identificación y aprovechamiento de oportunidades de Producción más Limpia*. Guatemala: CGPML, 2002. 125 p.
4. Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras. *Guía de Producción más Limpia para la industria forestal primaria (aserrados)*. República de Honduras: CNP+LH, 2009. 88 p.
5. Comisión Nacional del Medio Ambiente. *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial: Rubro aserraderos y procesos de madera*. Santiago, Chile: CNMA, 2000. 83 p.

6. GÓMEZ QUEMÉ, David Estuardo. *Diseño de un horno secador de madera*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 106 p.
7. Junta de Acuerdo de Cartagena. *Manual del grupo andino para el secado de la maderas*. Lima, Perú: JAC, 1989. 58 p.
8. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Embajada británica ciudad de Guatemala. *Guía práctica para la eficiencia energética en el sector público guatemalteco*. Guatemala: MARN, 2010. 44 p.
9. NOVOA ROBLES, Luis A. *Manual de Buenas Prácticas de Manufactura para el secado natural y artificial, de madera aserrada; acorde a los estándares expresados en el proyecto de normas técnicas.* Lima, Perú: Dirección Nacional de desarrollo de comercio exterior vice ministro de comercio exterior, 2006. 71 p.
10. PEDRAS SAAVEDRA, Francisco. *Revista Cis Madera*. Secado de la madera: recomendaciones prácticas. Área de Innovación y Tecnología. 57 p.
11. VISCARRA, Silverio. *Guía práctica para el secado de madera en horno*. Proyecto de manejo forestal sostenible. Santa Cruz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. BOLFOR USAID. 1998. 30 p.


# APÉNDICES

## Apéndice 1. Formato de recepción de la madera

	<b>MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A.</b> 31 calle 24-01 zona 12 calzada Atanasio Tzul Teléfonos: 24703214/15 – 24760084		
<b>DETALLE DE PEDIDOS Y ESPECIFICACIONES</b>			
RECIBE:		CODIGO:	
FECHA:		FECHA DE ENTREGA:	
CANTIDAD:		CLIENTE:	
<b>DETALLE DE LOS PEDIDOS</b>			
No. PEDIDO	TIPO DE MADERA	UNIDADES A PROCESAR	HUMEDAD REQUERIDA
<b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b>			
_____ FIRMA ENCARGADO			

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Formato para selección de la madera antes de secado**


	<p><b>MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A.</b>                  31 calle 24-01 zona 12 calzada Atanasio Tzul                  Teléfonos: 24703214/15 – 24760084</p>																																																																																														
Cliente: _____ Encargado: _____	ORDEN No. _____ Fecha: _____																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Especie</th> <th rowspan="2">Espesor</th> <th rowspan="2">Ancho</th> <th rowspan="2">Longitud</th> <th rowspan="2">*CHO</th> <th rowspan="2">*CHd</th> <th colspan="4">Calidad</th> </tr> <tr> <th>Nudos</th> <th>Fibra desviada</th> <th>Tensiones de Crecimiento</th> <th>Madera juvenil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="checkbox"/> Pino</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Cipres</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Chichipate</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Santa Maria</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Cedro</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Caoba</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Palo Blanco</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> Conacaste</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td style="text-align: center;">x</td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td><td><input type="text"/></td></tr> </tbody> </table>		Especie	Espesor	Ancho	Longitud	*CHO	*CHd	Calidad				Nudos	Fibra desviada	Tensiones de Crecimiento	Madera juvenil	<input type="checkbox"/> Pino	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Cipres	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Chichipate	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Santa Maria	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Cedro	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Caoba	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Palo Blanco	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> Conacaste	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Especie	Espesor							Ancho	Longitud	*CHO	*CHd	Calidad																																																																																			
		Nudos	Fibra desviada	Tensiones de Crecimiento	Madera juvenil																																																																																										
<input type="checkbox"/> Pino	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																						
<input type="checkbox"/> Cipres	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																						
<input type="checkbox"/> Chichipate	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																						
<input type="checkbox"/> Santa Maria	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																						
<input type="checkbox"/> Cedro	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																						
<input type="checkbox"/> Caoba	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																						
<input type="checkbox"/> Palo Blanco	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																						
<input type="checkbox"/> Conacaste	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">DETALLE DE LOS PEDIDOS</th> </tr> <tr> <th>No. PEDIDO</th> <th>TIPO DE MADERA</th> <th>PROCESAR</th> <th>REQUERIDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 150px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		DETALLE DE LOS PEDIDOS				No. PEDIDO	TIPO DE MADERA	PROCESAR	REQUERIDA																																																																																						
DETALLE DE LOS PEDIDOS																																																																																															
No. PEDIDO	TIPO DE MADERA	PROCESAR	REQUERIDA																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ESPECIFICACIONES GENERALES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 50px;"></td> </tr> </tbody> </table>		ESPECIFICACIONES GENERALES																																																																																													
ESPECIFICACIONES GENERALES																																																																																															

Fuente: elaboración propia.





Apéndice 4. **Formato para control de residuos utilizados**

 <p><b>MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A.</b> 31 calle 24-01 zona 12 calzada Atanasio Tzul Teléfonos: 24703214/15 – 24760084</p> <p><b>CONTROL DE RESIDUOS UTILIZADOS PARA ALIMENTAR HORNO</b></p>					
HORA	FECHA	VOL APROX DE RESIDUOS	AREA DONDE SE GENERA	TEMPERATURA DEL HORNO	ETAPA DEL PROCESO
_____ NOMBRE Y FIRMA ENCARGADO					

Fuente: elaboración propia

Apéndice 5. **Formato para detección de fallas mecánicas**

	<b>MADERAS Y MACHIHOMBRES S.A.</b> 31 calle 24-01 zona 12 calzada Atanasio Tzul Teléfonos: 24703214/15 – 24760084			
<b>CHEQUEO GENERAL</b>				
Elemento sujeto a revision	BUENO	REGULAR	MALO	OBSERVACION
Empaques puerta sistema de calefaccion Sistema de ventilación Sistema de humidificación Limpieza Cables electricos Termómetros calibrados Otros				
_____ NOMBRE Y FIRMA ENCARGADO				

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Formato para suministro de equipo de protección individual (EPI)**



**MADERAS Y MACHIHEMBRES S.A.**

31 calle 24-01 zona 12 calzada Atanasio Tzul

Teléfonos: 24703214/15 – 24760084

**FORMULARIO DE SUMINISTRO DE EQUIPO DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPI)**

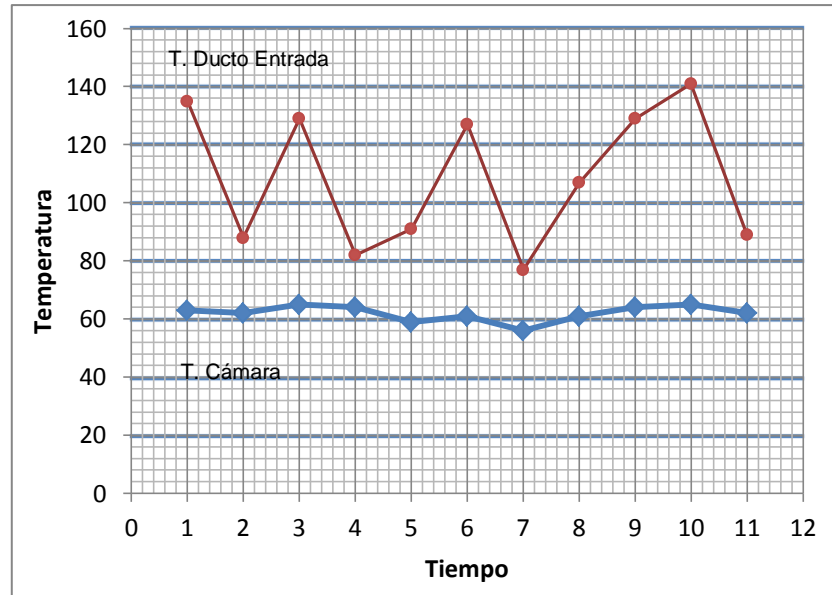
Nombre del trabajador:	
Departamento al que pertenece:	
Trabajo que desarrolla:	
Fecha de solicitud:	
Fecha de entrega:	
Tipo de EPI solicitado:	
Observaciones:	

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL TRABAJADOR

\_\_\_\_\_  
Vo.Bo. RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Gráfico temperaturas máximas actuales versus tiempo**



Fuente: elaboración propia.



# ANEXOS

## Anexo 1. Documento de procedimiento para no conformidades detectadas.

### I. Control de cambios

Fecha	Número de Versión	Descripción de Cambios
	01	Documento original.

### II. Propósito

Establecer las actividades y los responsables de tomar acciones para eliminar las causas de las no conformidades, para que no vuelvan a ocurrir. Así como eliminar las causas de no conformidades potenciales, para prevenir que NO ocurran.

### III. Alcance

El presente procedimiento se aplica al análisis de datos de los indicadores y de las no conformidades registradas de los procesos críticos para el desempeño de la empresa.

### IV. Lista de Distribución

- Representante de la Dirección
- Junta Directiva
- Representante de la Dirección

### V. Actividades

Dentro de sus requisitos, la norma 66006 establece que la MiPyME debe analizar los datos apropiados para demostrar la conformidad del producto con los requisitos y la eficacia de su gestión y para evaluar dónde puede realizar mejoras. Esto debe incluir los datos generados del resultado del monitoreo y medición y de cualquier otra fuente pertinente.

De igual forma establece que La MiPyME debe mejorar continuamente su eficacia mediante el resultado del análisis de datos y la aplicación de acciones correctivas o acciones preventivas.

### Forma de revisión de las no conformidades.

En el caso de Mymisa, pueden detectarse No Conformidades a través de fuentes externas como internas. Los tipos de fuentes pueden ser, pero no se limitan a:

EXTERNAS	INTERNAS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Quejas, sugerencias o reclamos de Clientes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Control de Producto No Conforme.</li><li>• Sugerencias de los Colaboradores.</li><li>• Indicadores de monitoreo de los procesos</li></ul>

En lo referente a reclamos o quejas, de los clientes, estas se documentan en el Libro de Quejas que la DIACO exige a las empresas que venden bienes y/o prestan servicio. En dicho libro queda registro de las acciones tomadas por parte de la empresa, correspondientes a cada reclamo anotado. Adicionalmente del Libro de Quejas, el personal de recepción lleva registro de las quejas y reclamos, dicha información se revisa semanalmente en una sesión en la que participa los mandos medios, y se lleva actas de la sesión, para poder dar seguimiento a los reclamos (no conformidades) detectadas, pues se registran las acciones tomadas, así como los resultados de haberlas implementado.

Fuente: Corporación Mymisa. Procedimientos obligatorios. p. 4.