



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

**PROPUESTA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE
MADERA DIMENSIONADAS QUE SE COMERCIALIZARÁN COMO PARTES
SEMIELABORADAS PARA LA FABRICACIÓN DE TACOS DE BILLAR**

Luisa Ecaterina Cabrera López

Asesorada por la Inga. Lidia Virginia González García

Guatemala, agosto de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE
MADERA DIMENSIONADAS QUE SE COMERCIALIZARÁN COMO PARTES
SEMIELABORADAS PARA LA FABRICACIÓN DE TACOS DE BILLAR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUISA ECATERINA CABRERA LÓPEZ

ASESORADO POR LA INGA. LIDIA VIRGINIA GONZÁLEZ GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCALII	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sidney Alexander Samuels Milson
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Alfonso René Aguilar Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

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:

PROPUESTA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MADERA DIMENSIONADAS QUE SE COMERCIALIZARÁN COMO PARTES SEMIELABORADAS PARA LA FABRICACIÓN DE TACOS DE BILLAR

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 08 de junio de 2009.



Luisa Ecaterina Cabrera López

Guatemala, 7 de Julio de 2010

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

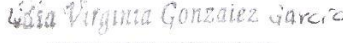
Apreciable Ingeniero:

Me dirijo a usted para informarle que ha finalizado la etapa de asesoría del trabajo de tesis titulado **PROPUESTA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MADERA DIMENSIONADAS QUE SE COMERCIALIZARÁN COMO PARTES SEMIELABORADAS PARA LA FABRICACIÓN DE TACOS DE BILLAR**, presentado por la estudiante Luisa Ecaterina Cabrera López quien se identifica con carné No. 9213195.

Después de haber revisado dicho trabajo, considero que este cumple con los objetivos propuestos en el protocolo aprobado por esta escuela, y para los efectos correspondientes me suscribo de usted.

Atentamente,


Lidia Virginia González García
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 6409


INGENIERA INDUSTRIAL
COL No. 6409



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MADERA DIMENSIONADAS QUE SE COMERCIALIZARÁN COMO PARTES SEMIELABORADAS PARA LA FABRICACIÓN DE TACOS DE BILLAR**, presentado por la estudiante universitaria **Luisa Ecaterina Cabrera López**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO NO. 8.182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2012.

/mgp



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 graduación titulado **PROPUESTA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MADERA DIMENSIONADAS QUE SE COMERCIALIZARÁN COMO PARTES SEMIELABORADAS PARA LA FABRICACIÓN DE TACOS DE BILLAR**, presentado por la estudiante universitaria **Luisa Ecaterina Cabrera López**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2012.

/mgp



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: **PROPUESTA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE MADERA DIMENSIONADAS QUE SE COMERCIALIZARÁN COMO PARTES SEMIELABORADAS PARA LA FABRICACIÓN DE TACOS DE BILLAR**, presentado por la estudiante universitaria: **Luisa Ecaterina Cabrera López**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paz Recinos
Decano



Guatemala, agosto de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

María Concepción López González y José Manuel Cabrera, por su dedicación, esmero, apoyo y amor incondicional a lo largo de mi vida.

Mis abuelos

Carlos Alberto López Barillas, María del Carmen González Morgan y María Luisa Cabrera Aragón (q.e.p.d.), por los valores transmitidos.

A mi esposo

Héctor Leonel Rodríguez Portillo, por el apoyo que me brinda para alcanzar mis metas.

A mis hijos

Alejandra y Javier Rodríguez Cabrera, por ser mi fuente de inspiración para ser mejor cada día.

A mis hermanos

Igor Enrique y Carlos Alberto Cabrera López, por formar parte importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por iluminar mí camino y por todas las bondades que de él he recibido.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Alma mater que me formó como profesional.
Mi madre	María Concepción López González, por los sacrificios que ha realizado para el logro de esta meta.
Mi asesora	Inga. Lidia Virginia González García, por su valioso aporte para la elaboración de este trabajo.
La empresa Reforsa	Por darme la oportunidad de realizar este trabajo y apoyarme con la disponibilidad de la información requerida para él.
Mi esposo	Héctor Leonel Rodríguez Portillo, por todo su apoyo y valioso aporte para la elaboración de este trabajo.
Mi primo	José Constantino López Castillo por su colaboración en la realización de este trabajo.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. La empresa	1
1.1.1. Reseña histórica.....	1
1.1.2. Estructura organizacional	2
1.1.2.1. Gerencia General.....	3
1.1.2.2. Área Administrativa Financiera	4
1.1.2.3. Área de Mercadeo y Ventas.....	5
1.1.2.4. Área de Producción.....	6
1.1.3. Visión.....	9
1.1.4. Misión	9
1.1.5. Localización de la planta	9
1.2. La industria forestal en Guatemala.....	9
1.2.1. Importancia económica de la industria forestal en Guatemala.....	10
1.2.2. Marco institucional y legal	11
1.3. Marco conceptual	12
1.3.1. El árbol y su estructura.....	13
1.3.2. La madera	14

1.3.3.	Propiedades físicas de la madera	16
1.3.3.1.	Contenido de humedad	16
1.3.3.2.	Densidad.....	17
1.3.3.3.	Contracción y expansión.....	18
1.3.4.	Propiedades mecánicas de la madera	19
1.3.5.	Defectos propios de la madera	21
1.3.6.	Defectos por maquinado	25
1.3.7.	Secado de la madera	26
1.3.7.1.	Secado al aire.....	28
1.3.7.2.	Secado convencional en horno.....	28
1.3.7.3.	Defectos por secado.....	29
1.4.	Madera de cocobolo.....	29
2.	DIAGNÓSTICO	31
2.1.	Producto.....	31
2.1.1.	Diseño.....	31
2.1.2.	Materia prima	32
2.2.	Proceso de producción	33
2.2.1.	Almacenamiento y manejo de materia prima	33
2.2.2.	Aserrado	33
2.2.3.	Canteado	35
2.2.4.	Despuntado.....	35
2.2.5.	Parafinado de extremos	36
2.2.6.	Almacenamiento de producto terminado.....	36
2.3.	Instalaciones	37
2.3.1.	Edificios.....	37
2.3.2.	Maquinaria	42
2.3.3.	Instalaciones para la distribución de energía eléctrica.....	43

2.3.4.	Instalaciones de agua.....	43
2.3.5.	Instalaciones de servicios para el personal.....	44
2.3.6.	Instalaciones de saneamiento.....	44
2.4.	Personal.....	44
3.	PROPUESTA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	47
3.1.	Diseño de la producción.....	47
3.1.1.	Características del producto.....	47
3.1.1.1.	Especificaciones técnicas determinadas.....	47
3.1.1.2.	Materia prima que se usará.....	48
3.1.2.	Operaciones de maquinado.....	49
3.1.3.	Análisis del rendimiento de la madera.....	51
3.1.3.1.	Rendimiento debido al maquinado.....	51
3.1.3.2.	Rendimiento debido a defectos.....	53
3.1.3.3.	Rendimiento total.....	53
3.2.	Planeación de los procesos.....	54
3.2.1.	Determinación de la capacidad instalada requerida.....	54
3.2.2.	Procesos necesarios y su secuencia.....	57
3.2.2.1.	Proceso para acondicionamiento de materia prima.....	57
3.2.2.2.	Proceso para la elaboración de las piezas.....	58
3.2.2.3.	Gráficos de flujo de proceso de producto.....	60
3.2.3.	Distribución de las estaciones de trabajo.....	62
3.2.3.1.	Distribución de la maquinaria en las estaciones de trabajo.....	63

	3.2.3.2.	Diagrama de recorrido de actividades.....	65
3.3.		Diseño de las estaciones de trabajo	66
3.4.		Normas de producción para el producto	69
3.5.		Análisis financiero	70
	3.5.1.	Presupuesto de ventas	71
	3.5.2.	Presupuesto de gastos de instalación.....	71
	3.5.3.	Presupuesto de costo de producción.....	72
	3.5.3.1.	Materia prima.....	73
	3.5.3.2.	Mano de obra directa.....	74
	3.5.3.3.	Gastos indirectos de fabricación.....	74
	3.5.4.	Presupuesto de gastos de operación.....	75
	3.5.5.	Presupuesto de efectivo.....	76
4.		IMPLANTACIÓN	79
4.1.		Actividades a realizar	79
	4.1.1.	Infraestructura industrial.....	79
	4.1.2.	Adquisición de herramienta y equipo	80
	4.1.3.	Actividades administrativas.....	81
	4.1.4.	Actividades de mantenimiento	82
4.2.		Personal requerido.....	83
	4.2.1.	Infraestructura industrial.....	83
	4.2.2.	Adquisición de herramienta y equipo	84
	4.2.3.	Actividades administrativas.....	84
	4.2.4.	Actividades de Mantenimiento	84
4.3.		Cronograma	84
5.		MEJORA CONTINUA.....	87
5.1.		Requerimientos básicos para el programa.....	87

5.1.1.	Compromiso de la Gerencia.....	87
5.1.2.	Organización del equipo de trabajo.....	87
5.1.3.	Capacitación del equipo de trabajo	88
5.2.	El ciclo PDCA.....	89
5.2.1.	Planificación	89
5.2.1.1.	Identificación del problema	89
5.2.1.2.	Recopilar datos	90
5.2.1.3.	Análisis e interpretación de los datos	91
5.2.1.4.	Establecer los objetivos de mejora.....	91
5.2.1.5.	Definir las acciones o procesos necesarios.....	92
5.2.2.	Hacer.....	92
5.2.3.	Verificar	92
5.2.4.	Actuar.....	93
5.3.	Temas prioritarios a desarrollar.....	93
5.3.1.	Mejora de instalaciones.....	93
5.3.2.	Capacitación del personal	94
5.3.3.	Plan de seguridad e higiene	94
	CONCLUSIONES	95
	RECOMENDACIONES.....	97
	BIBLIOGRAFÍA.....	99
	APÉNDICES	101
	ANEXO	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama maestro.....	3
2.	Organigrama suplementario del área de producción.....	6
3.	Sección transversal de un tronco	14
4.	Ejes de la madera	15
5.	Términos relativos a la geometría de una pieza.....	23
6.	Área de producción	38
7.	Área de oficinas.....	39
8.	Área de bodega de producto terminado	40
9.	Uso actual de las áreas edificadas.....	41
10.	Dimensiones de la materia prima y productos en proceso	50
11.	Diagrama de flujo de proceso para acondicionamiento de block	60
12.	Diagrama de flujo de proceso para elaboración de las piezas	61
13.	Distribución de maquinaria y equipo.....	64
14.	Diagrama de recorrido de actividades.....	65
15.	Gráfica de retorno de inversión	77

TABLAS

I.	Dimensiones y volumen de block, tablón verde y piezas terminadas	52
II.	Estaciones de trabajo	62
III.	Capacidad instalada requerida y disponible	63
IV.	Personal para cada estación de trabajo	67
V.	Normas de producción para el proceso	70
VI.	Presupuesto de ventas mensuales	71
VII.	Presupuesto de gastos de instalación	72
VIII.	Costo de producción presupuestado	73
IX.	Presupuesto de materia prima	73
X.	Presupuesto mensual de mano de obra directa	74
XI.	Presupuesto mensual de gastos indirectos de fabricación	75
XII.	Gastos de operación	76
XIII.	Beneficios y costos acumulados	78
XIV.	Listado de compras para cada estación	80
XV.	Mantenimiento para cada máquina	82
XVI.	Cronograma para la implementación	85
XVII.	Cuadro de situación actual y situación futura	91

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
Hp	Caballo de potencia
Q	Caudal
Qv	Caudal del ventilador
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
gr	Gramo
h	Hora
m	Metro
m ³	Metro cúbico
m ³ /h	Metros cúbicos por hora
mm	Milímetros
“	Pulgada
Q.	Quetzal

GLOSARIO

Acondicionado	Dicho de una cosa de buena calidad o que está en las condiciones debidas.
Bala	Fardo apretado de mercaderías, y en especial de los que se transportan embarcados.
Cabeceado	Proceso mediante el cual se le da dimensión a la tabla a una longitud estándar, para escuadrar los extremos, eliminar defectos y elevar su calidad.
Cabezas	Principio o parte extrema de una cosa.
Cepillar	Alisar con un cepillo la madera o los metales.
Demasía	Exceso.
Embalar	Disponer en balas o colocar convenientemente dentro de cubiertas los objetos que han de transportarse.
Escuadrado	Labrar o disponer un objeto de modo que sus caras formen con las caras contiguas ángulos rectos.

Flejes	Tira de chapa de hierro o de cualquier otro material resistente con que se hacen arcos para asegurar las duelas de cubas y toneles y las balas de ciertas mercancías.
Funcional	Se dice de todo aquello en cuyo diseño u organización se ha atendido, sobre todo, a la facilidad, utilidad y comodidad de su empleo.
Higrómetro	Instrumento que sirve para determinar la humedad del aire atmosférico.
Higroscópico	Propiedad de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran.
Maquinar	Trabajar una pieza por medio de una máquina.
Previsión	Acción de disponer lo conveniente para atender a contingencias o necesidades previsibles.
Psicrómetro	Higrómetro que se compone de dos termómetros ordinarios, uno de los cuales tiene la bola humedecida con agua, y por la comparación de las temperaturas indicadas en ellos se calcula el grado de humedad del aire.
Rendimiento	Proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados.

Silvicultura

Cultivo de los bosques o montes.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación presenta una propuesta para el proceso de producción de piezas de madera dimensionadas que se comercializarán como partes semielaboradas, para la fabricación de tacos de billar.

Esta propuesta inicia con la documentación de información sobre: historia de la empresa, importancia de la industria forestal en Guatemala, el marco institucional y legal en que se basa esta industria, y la estructura organizacional de la empresa Reforsa. Se presenta, además, un diagnóstico de: los productos que ofrece, sus procesos de producción, las instalaciones industriales que utiliza y el personal que labora en ella.

Como parte central del trabajo, se expone la propuesta del proceso de producción, describiendo: el diseño de la producción, con las características del producto, las operaciones de maquinado de madera y el análisis del rendimiento de la madera; luego se describe la planeación de los procesos, con la determinación de la capacidad instalada requerida, los procesos necesarios y su secuencia, y la distribución de las estaciones de trabajo; y por último, se describe el diseño de las estaciones de trabajo, las normas de producción y un análisis financiero para la propuesta que se realiza con un presupuesto de flujo de efectivo y el análisis de retorno de inversión.

Además, se describen actividades de implantación de la propuesta, el personal que se requiere para realizarla y un cronograma, para su realización.

Por último, se describen los requerimientos básicos para aplicar un programa de mejora continua en la planta de producción, se describe el ciclo PDCA para aplicarlo en la propuesta y recomendaciones de temas prioritarios a desarrollar en el programa de mejora continua.

OBJETIVOS

General

Elaborar una propuesta para la producción de piezas de madera dimensionadas que se comercializarán como partes semielaboradas, para la fabricación de tacos de billar.

Específicos

1. Realizar un diagnóstico de las condiciones actuales de la producción.
2. Determinar la capacidad que deberá tener el proceso de producción para cumplir con la demanda establecida.
3. Determinar una propuesta sobre la distribución de estaciones de trabajo.
4. Elaborar un análisis financiero que permita que la propuesta de producción se pueda evaluar, y decidir si es conveniente invertir en ella.
5. Describir las actividades que deben llevarse a cabo para asegurar un buen desempeño del sistema de producción propuesto.

INTRODUCCIÓN

La empresa en estudio, Reforsa, fue creada en el 2000 y se ha dedicado únicamente a la fabricación de madera aserrada que es utilizada por otras empresas como materia prima para la fabricación de diversos productos.

Como una de sus estrategias de crecimiento, Reforsa contempla la posibilidad de aprovechar sus potencialidades y elaborar productos con mayor valor agregado. Por tal razón, la empresa está interesada en establecer una línea de producción de piezas de madera dimensionada que se comercializarán como piezas semielaboradas para la fabricación de tacos de billar.

Lo anteriormente expuesto da origen a la presente propuesta de proceso de producción, en la cual se agregan nuevas operaciones de mecanizado de madera a proceso existente, y una operación de secado de madera en horno; que de llevarse a cabo, daría versatilidad a la empresa para elaborar productos e incursionar en nuevos mercados que se interesan en piezas de madera secada a cierto porcentaje de humedad.

Como punto de partida se realiza un diagnóstico de las condiciones presentes en la planta, con el que se corrobora que la empresa posee los requerimientos básicos para implementar la propuesta, sólo se requiere contratar más personal y fabricar dos cámaras de secado.

Seguido del diagnóstico se realiza: la descripción del producto; la planeación de los procesos, donde se establece que la disposición de las estaciones de trabajo deberá seguir un flujo lineal; luego sigue el diseño de las estaciones de trabajo y el análisis financiero, que muestra que la rentabilidad del proyecto es de 159% en el primer año de operación.

Por último, esta propuesta de producción incluye un capítulo para su implantación y otro para el establecimiento del programa de mejora continua.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

Reforsa actualmente se dedica a vender madera aserrada y a prestar el servicio de aserrado de madera en su planta de producción o en el lugar donde se requiera el servicio.

1.1.1. Reseña histórica

Fue fundada el 27 de diciembre de 2000. Fue llamada Reforsa porque en sus orígenes fue pensada como una empresa de reforestación, pero su campo de acción se amplió y se creó con el objetivo de brindar el servicio de asesoría técnica y elaboración de proyectos en el área forestal.

Durante el primer año de operaciones, el propietario y el personal de su equipo de trabajo vieron la oportunidad de poder incursionar en el área industrial del mismo sector, para lo cual decidió comprar la maquinaria para el aserrado de madera, que consistía en un aserradero portátil marca Wood Mizer LT40, súper hidráulico y una sierra de banco. Durante los siguientes cuatro años la empresa estuvo prestando servicios de aserrado de madera para empresas o personas individuales en los lugares donde los clientes tenían sus operaciones; y además, ejecutó algunos proyectos propios de aserrío y comercialización de madera.

En 2006, Reforsa estableció relaciones comerciales con una empresa extranjera que se dedica a la comercialización de cercas de ciprés, por tal razón, con el objetivo de acercarse a su fuente de materia prima, estableció sus operaciones en el municipio de Tecpán, departamento de Chimaltenango, Guatemala; elaborando este producto hasta mediados del 2007; pues a partir de esta fecha, una caída en la demanda de dicho producto, obligó a la empresa a buscar otras alternativas de negocio.

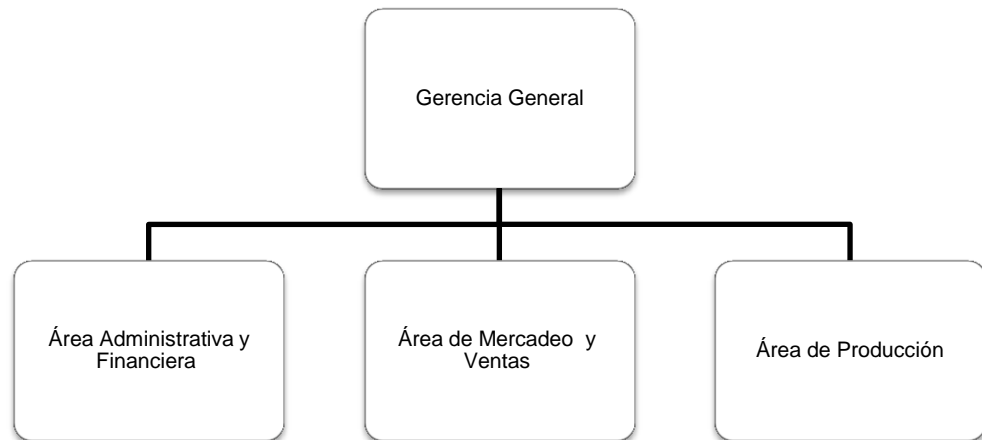
Dentro de este contexto, Reforsa, ya una empresa con amplia experiencia en la industrialización de la madera, realizó una alianza estratégica con una empresa dedicada a la exportación de madera para productos maderables como piso y otros productos de maderas duras; alianza que permite aprovechar el conocimiento y la experiencia de ambas empresas, cada una en su área.

La planta de producción se ubica actualmente en el Km. 70,5 carretera antigua al Puerto de San José, municipio de Masagua, departamento de Escuintla.

1.1.2. Estructura organizacional

La empresa se encuentra organizada por áreas funcionales según se muestra en la figura1.

Figura 1. **Organigrama maestro**



Fuente: archivo empresa Reforsa.

En cada una de estas áreas se cumplen funciones específicas, las cuales son realizadas por el personal que las integra; a continuación se describen estas por cada área y su personal de apoyo.

1.1.2.1. Gerencia General

En esta área se toman las decisiones de más trascendencia para la empresa. A continuación se describen las funciones de los puestos dentro de esta área.

- Gerente General: responsable de la eficiente administración de la empresa; para ello planifica, organiza, integra y controla las actividades realizadas en cada área funcional. A demás, realiza las previsiones necesarias en las áreas de mercadeo, ventas, producción, administración financiera y en los aspectos económicos; en coordinación con el personal encargado de cada una de estas funciones y tomando en cuenta las estrategias y políticas de la empresa que el mismo diseña, como parte de su responsabilidad de planificación.
- Secretaria: presta servicio a Gerencia General, al área Administrativa financiera y al área de Mercadeo y Ventas. Es la responsable de: clasificar y distribuir correspondencia, contestar el teléfono, recibir y enviar fax, entregar mensajes telefónicos y de otras vías, enviar correspondencia, organizar y mantener archivos de documentos, cartas, agenda y registros, determinando su localización, cuando sea necesario; así como prevenir oportunamente, necesidades básicas como material de escritorio.

1.1.2.2. Área Administrativa Financiera

Cuida de los recursos financieros de la empresa, tomando en cuenta dos aspectos principales: rentabilidad y liquidez. Las funciones básicas de esta área son:

- La inversión
- El financiamiento
- La repartición de utilidades

A continuación se describen las funciones de los puestos dentro de esta área.

- Gerente Administrativo y Financiero: encargado de elaborar presupuestos, interpretar los estados financieros, analizar los estudios económicos, gestionar préstamos, el control de caja, custodia y emisión de cheques, el manejo de libros de bancos, la conciliación bancaria, cobranzas, lleva el control de costos, coordina las actividades del contador y entrega a éste periódicamente la información para el libro diario, con sus respectivos comprobantes.
- Contador: responsable de: el establecimiento de las cuentas adecuadas para la actividad de la empresa, crear un sistema de registro de diario, elaboración de planillas, cálculo y gestión de pago de cuota de IGSS laboral, IGSS patronal, IVA e ISR; así como la elaboración y presentación de estados financieros.

1.1.2.3. Área de Mercadeo y Ventas

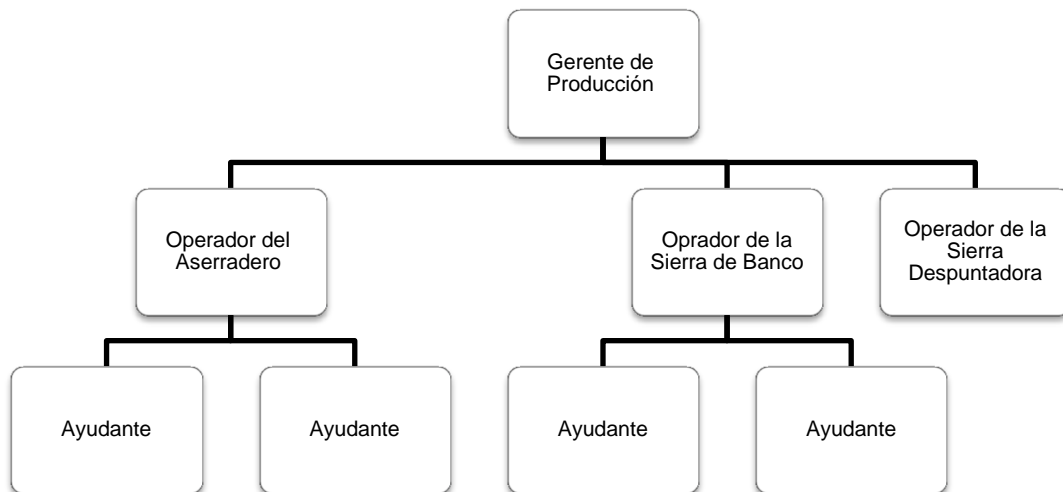
Esta área busca oportunidades de venta de los productos que se ofrecen actualmente y de nuevos productos de madera, especialmente para exportar.

El nombre del puesto dentro de esta área es de Gerente de Mercadeo y Ventas; es el encargado de determinar el precio de los productos conjuntamente con el área de producción, definir las características que deberán reunir, buscar los medios más convenientes para llevar el producto a su destino final, buscar nuevos mercados para productos de madera, principalmente en páginas de internet especializadas en productos de madera, y proveeduría de productos a empresas en el extranjero.

1.1.2.4. Área de Producción

En esta área se llevan a cabo todas las actividades que conlleva la elaboración del producto y las necesarias para prestar el servicio de aserrado. Su estructura organizacional puede verse en la figura 2.

Figura 2. Organigrama suplementario del área de producción



Fuente: archivo empresa Reforsa.

Los puestos dentro de esta área y sus funciones son las siguientes:

- Gerente de producción: encargado de planificar, programar la producción, organizar y dirigir al personal de su área, controlar que las actividades den como resultado el cumplimiento de la fecha de entrega, manteniendo los costos y calidad previstos. Tiene total autoridad en el manejo del personal a su cargo, está autorizado para la contratación de personal temporal en proyectos que así lo requieran, la contratación de personal definitivo se realiza junto con la Gerencia General; realiza presupuestos para cada proyecto de producción o servicio, el control de los costos de producción y envío; maneja los inventarios de producto terminado, materiales, herramientas y repuestos.
- Operador del aserradero: su tarea consiste en operar el aserradero, realizando cada uno de los cortes necesarios para transformar la materia prima en tablas o tablones. Él indica a sus ayudantes el momento y la posición en la que deben colocar la troza o block sobre la bancada del aserradero para cada corte. Es el responsable de producir la cantidad de volumen de madera aserrada, asignado por el Gerente de Producción; dirigir y ejecutar la limpieza de la máquina y estación de trabajo; velar por la seguridad del personal y de realizar reparaciones menores y ajustes a la máquina.

- Ayudantes del aserradero: dos personas ocupan este puesto, su tarea consiste en llevar la materia prima hacia el aserradero, colocarla en la posición requerida para cada corte, retirar el producto del aserradero y apilarlo en el orden que corresponda. Su responsabilidad es asistir al operador del aserradero en las actividades que éste realice, abastecer de los insumos que se necesiten y limpiar el área de trabajo al finalizar cada jornada.
- Operador de la sierra de banco: su tarea consiste en operar la sierra de banco, cortando la madera al ancho requerido. Es el responsable de producir el volumen de madera asignado por el Gerente de Producción, realizar y ejecutar la limpieza de la sierra de banco, de velar por la seguridad del personal y de realizar reparaciones menores y ajustes a la máquina.
- Ayudantes de la sierra de banco: dos personas ocupan este puesto, Su tarea consiste en mover los tablones hacia y desde la sierra de banco. Su responsabilidad es asistir al operador del aserradero en las actividades que éste realice, abastecer de los insumos que se necesiten y limpiar el área de trabajo al finalizar cada jornada.
- Operador de la sierra despuntadora: su tarea consiste en operar la sierra despuntadora, cortando los extremos de las tablas o tablones al largo requerido, y apilarlos. Es responsables de producir el volumen de madera asignado por el Gerente de Producción, de la limpieza de la sierra despuntadora y su estación de trabajo, de velar por su seguridad, de realizar pequeñas reparaciones y ajustes a la máquina, de la limpieza de la máquina y del área de trabajo, y de realizar reparaciones menores y ajustes a la máquina.

1.1.3. Visión

“Queremos ser una empresa reconocida a nivel nacional e internacional por su confiabilidad al brindar nuestros productos y servicios a la industria y consumidores finales”¹.

1.1.4. Misión

“Transformamos las especies de madera comerciales para satisfacer las expectativas del cliente, cumpliendo estrictamente con las especificaciones requeridas y fechas de entrega; buscando la excelencia a través del mejoramiento continuo y trabajo en equipo”².

1.1.5. Localización de la planta

La planta de producción está ubicada en el Km 70 carretera antigua al Puerto de San José, municipio de Masagua del departamento Escuintla.

1.2. La industria forestal en Guatemala

Guatemala es un país con recursos forestales significativos. De acuerdo con el estudio “Situación de los Bosques del Mundo 2005”³ preparado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés, *Food and Agriculture Organization*), Guatemala cuenta con una superficie forestal que abarca el 26,3% del área total del país y una superficie con potencial forestal adicional del 27%.

¹ Archivo de Reforsa.

² Ibid.

³ Food and Agriculture Organization (FAO). Situación de los bosques del mundo. p. 136.

Según el *Clúster* Forestal de Guatemala, las empresas que se encuentran dentro de este sector se pueden agrupar de acuerdo a la actividad que realizan de la siguiente manera:

- Silvicultura (bosque): en el cual se incluyen todas las actividades relacionadas con la silvicultura y el aprovechamiento de los productos no maderables.
- Industria primaria: se incluyen aquellas actividades que utilizan como materia prima los productos maderables extraídos directamente del bosque.
- Industria secundaria: se incluyen todas las actividades que dan un valor agregado a los productos.

Dentro de este contexto, la empresa sujeta de estudio, se encuentra dentro del grupo de Industria primaria y secundaria.

1.2.1. Importancia económica de la industria forestal en Guatemala

El sector forestal tiene participación en dos de las once ramas de actividad económica que se analizan para evaluar el PIB, estas son:

- Sector agropecuario
 - Agricultura
 - Ganadería
 - Caza
 - Silvicultura
 - Pesca

- Industrias Manufactureras

El Diagnóstico del *Cluster* forestal, señala que en el período comprendido entre 1992 y 1998, la contribución del sector forestal al PIB en promedio es del 1,77%, porción a la cual la silvicultura aporta un 52% y la industria primaria y secundaria aportan el 48%. Asimismo, éste revela que el sector forestal genera 47 800 empleos directos, satisfaciendo al 1,4% de la Población Económicamente Activa (PEA).

1.2.2. Marco institucional y legal

El marco jurídico institucional del sector forestal se sustenta en varias leyes y reglamentos. Las dos leyes específicas que regulan los bosques son:

- Ley Forestal (Decreto 106-96): dio vida a la creación, en 1996, del Instituto Nacional de Bosques (INAB), que tiene a su cargo el control de los bosques situados fuera de las áreas protegidas, cerca de 19 032 Km², es decir el 44,4 por ciento de la cobertura forestal del país.

- Ley de Áreas Protegidas (Decreto 4-86 y sus reformas Decreto 110-96): sentó las bases para la creación desde 1989 del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), que es el órgano rector, encargado de los bosques ubicados dentro de las áreas protegidas que suman un total de 23 835 Km², es decir, el 55,6 por ciento de la cobertura forestal nacional.

Además de las dos instituciones forestales principales, el marco institucional del sector de los recursos naturales y medio ambiente está integrado por la colaboración del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y por las 333 municipalidades representadas en la Asociación Nacional de Municipalidades (ANAM), que goza del apoyo técnico del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), de los Consejos Departamentales de Desarrollo Urbano y Rural, sobre todo en lo que concierne a las inversiones a nivel de municipio, el sector de la industria forestal y los actores en él involucrados, los productores locales, comunidades rurales, ONGs y las cooperativas (Informe Nacional Guatemala INAB-FAO, 2004).

1.3. Marco conceptual

Para trabajar con la madera se requiere tener conocimiento amplio sobre sus características, propiedades y, además, conocer los tipos de defectos más comunes y sus causas. Para ello, el marco conceptual da una idea de los aspectos más importantes acerca de la madera, comenzando desde su origen: el árbol.

1.3.1. El árbol y su estructura

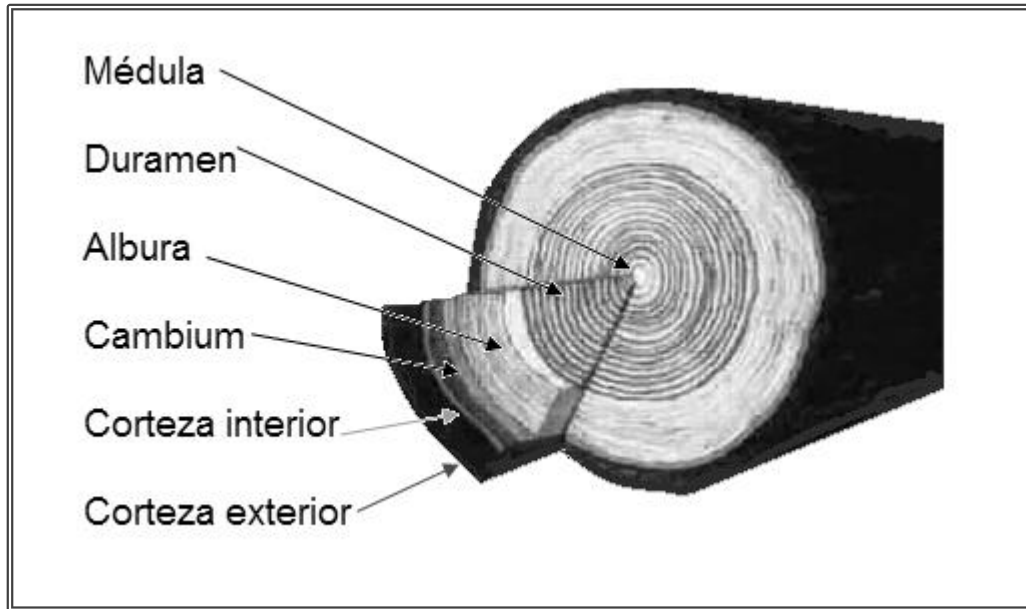
El árbol está compuesto por tronco, copa y raíces. Del tronco se obtiene materia prima para la producción de madera aserrada.

Al hacer un corte transversal del tronco y analizar desde el exterior hacia el interior, una sección de éste pueden apreciarse zonas claramente diferenciadas, las cuales cumplen funciones específicas: la primera zona es la corteza, formada por materia muerta de aspecto resquebrajado, que se divide en corteza exterior y corteza interior (floema).

La corteza exterior está compuesta por células muertas que cumplen la función de proteger la estructura interior frente a agentes climáticos y biológicos. Siguiendo hacia dentro se encuentra la corteza interior, compuesta por células que trasladan savia elaborada. Luego se presenta el cambium o cambio, zona que corresponde al tejido generador de células, es decir, donde se produce el crecimiento del árbol; hacia el interior forma el xilema y hacia el exterior, forma el floema. En el xilema se puede distinguir la albura hacia el exterior, con células que cumplen la función de sostén y traslado de agua y nutrientes. Hacia el interior del xilema se forma el duramen compuesto por células inactivas que mantienen la función de sostén.

En el centro del árbol se encuentra la médula, tejido inactivo sin función específica. En la figura 3 pueden apreciarse las zonas anteriormente mencionadas.

Figura 3. **Sección transversal de un tronco**



Fuente: Corporación chilena de la madera. La construcción de viviendas en madera. p. 16.

1.3.2. **La madera**

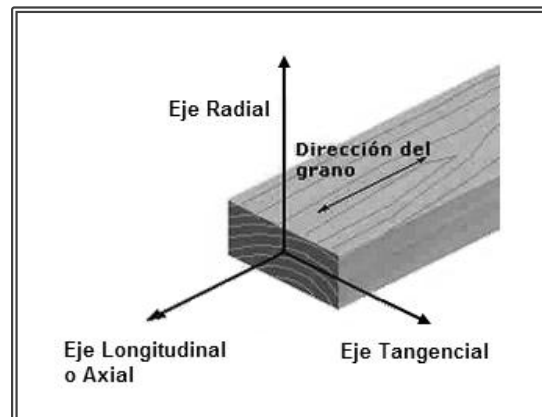
Está constituida por la albura y el duramen (xilema); es un material fibroso y duro; formado por millones de células microscópicas y longitudinales, en forma de tubos.

La madera, debido a su estructura, posee las propiedades básicas de un material:

- **Biológico:** ya que está compuesto principalmente, por moléculas de celulosa y lignina.

- Higroscópico: ya que tiene la capacidad de captar y ceder humedad en su medio, proceso que depende de la temperatura y humedad relativa del ambiente.
- Anisótropo: según sea el plano o dirección que se considere respecto a la dirección longitudinal de sus fibras y anillos de crecimiento, el comportamiento tanto físico como mecánico del material, presenta resultados dispares y diferenciados. Para tener una idea de cómo se comporta, la madera resiste entre 20 y 200 veces más en el sentido del eje del árbol, que en el sentido transversal. Debido a este comportamiento estructural tan desigual, se ha hecho necesario establecer: eje tangencial, eje radial y eje axial o longitudinal. Ilustrados en la figura 4.

Figura 4. Ejes de la madera



Fuente: Corporación chilena de la madera. La construcción de viviendas en madera. p. 19.

Estas propiedades básicas de la madera dan origen a las propiedades físicas de la misma, las cuales se describen en el siguiente numeral.

1.3.3. Propiedades físicas de la madera

Las principales propiedades físicas que interesan para el procesamiento de la madera, principalmente para el secado, son: contenido de humedad, densidad, contracción y expansión.

1.3.3.1. Contenido de humedad

La madera almacena una importante cantidad de agua, la que está dentro de su estructura puede encontrarse en dos formas:

- Como agua libre: que llena el interior de las cavidades celulares y puede moverse más fácilmente de una célula a otra, y eventualmente a la superficie de la madera, para ser evaporada.
- Como agua contenida dentro de las paredes celulares, llamada agua higroscópica o agua límite.

Para determinar la humedad en la madera, se establece una relación entre masa de agua contenida en una pieza y masa de la pieza anhidra (pieza completamente seca). A este coeficiente se le conoce como contenido de humedad y se le indica en porcentaje. La fórmula para calcular el contenido de humedad es:

% Contenido de humedad

$$= \frac{\text{Peso de madera húmeda} - \text{Peso de madera secada en el horno}}{\text{Peso de madera secada en horno}}$$

Por ser la madera un material higroscópico, el agua contenida en su interior, puede variar, principalmente, debido a la humedad y temperatura predominantes en el medio ambiente que le rodea.

Cuando la madera alcanza un contenido de humedad tal que el agua libre ha sido evaporada (liberada en el ambiente) y sólo contiene agua higroscópica, se dice que ha alcanzado el punto de saturación de las fibras (PSF), el cual tiene gran importancia para el proceso del secado y corresponde a valores de contenidos de humedad, aproximadamente de 30%, luego de este punto, el intercambio de humedad que produce el medio ambiente cesa y se dice que la madera ha alcanzado un punto denominado humedad de equilibrio.

Se denomina, entonces, humedad de equilibrio al porcentaje de agua que alcanza una madera sometida durante un lapso determinado a condiciones de temperatura y humedad en su medio ambiente.

Los cambios climáticos del aire que se suceden continuamente, día y noche según las estaciones, hacen que la humedad de la madera también cambie, aunque en valores pequeños.

1.3.3.2. Densidad

Como se sabe, la densidad de un cuerpo es el cociente formado por masa y volumen. Es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera.

Las maderas duras tienen densidades altas, ya que tienen cavidades celulares pequeñas con paredes gruesas; las maderas suaves, tienen cavidades celulares relativamente grandes con paredes delgadas.

Al ser un material higroscópico, la madera absorbe o cede humedad al ambiente y debido a esto las piezas de madera pierden o ganan masa y longitud en sus dimensiones. Estos cambios en la madera debidos a la humedad que contiene, provocan cambios en el cálculo de su densidad.

Por la razón antes mencionada; para comparar las densidades de dos piezas de madera de diferente especie, se definen las siguientes densidades estableciendo parámetros de humedad:

- Densidad anhidra: relaciona la masa y el volumen de la madera anhidra, completamente seca, con un 0% de contenido de humedad.
- Densidad normal o secada al aire: relaciona la masa y el volumen de la madera con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad verde: relaciona la masa y el volumen de la madera con un contenido de humedad del 30% o más.

1.3.3.3. Contracción y expansión

El secado de la madera por debajo del punto de saturación de la fibra, provoca pérdida de agua en las paredes celulares, lo que a su vez produce contracción de la madera. Cuando esto ocurre se dice que la madera: trabaja.

Las dimensiones de la madera comienzan a disminuir en sus tres ejes: tangencial, radial y longitudinal.

Desde el punto de vista del comportamiento de la madera, el punto de saturación de la fibra es una variable muy importante, puesto que sobre él, la madera no variará sus características, ni su comportamiento físico o mecánico.

Sin embargo, cuando la madera se encuentra bajo dicho punto, sufre cambios dimensionales y volumétricos que pueden ir de leves a drásticos.

Las consecuencias de dicho proceso en beneficio de las propiedades resistentes de la madera, dependerán de las condiciones y método de secado aplicado.

La contracción por secado provoca deformaciones en la madera. Sin embargo, con un adecuado método, los efectos son beneficiosos sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera.

1.3.4. Propiedades mecánicas de la madera

Las propiedades mecánicas de la madera determinan la capacidad o aptitud, para resistir fuerzas externas que actuando exteriormente, alteren su tamaño, dimensión o la deforme.

Las propiedades mecánicas son de especial importancia para el uso de la madera, ya sea en construcción, en muebles y otros artículos en los cuales la madera se someta se someta a esfuerzo.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera se obtiene a través de la experimentación, mediante ensayos que se aplican al material, y que determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometida.

El esfuerzo que soporta un cuerpo por unidad de superficie es la llamada tensión unitaria.

El esfuerzo necesario para solicitar un material hasta el límite elástico, determina la tensión en el límite de proporcionalidad, que es la carga máxima a que se puede someter sin que se produzcan deformaciones permanentes.

La rigidez de un cuerpo se define como la propiedad que tiene para resistir la deformación al ser solicitado por fuerzas externas. La medida de rigidez de la madera se conoce como módulo de elasticidad o coeficiente de elasticidad, calculado por la razón entre esfuerzo por unidad de superficie y deformación por unidad de longitud. Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa deformándose hasta llegar a colapsar, obteniendo la tensión de rotura de la pieza de madera.

Existen una serie de variables relacionadas con la estructura natural de la madera que pueden afectar sus propiedades mecánicas, entre ellas:

- Densidad
- Contenido de humedad
- Temperatura
- Porción del tronco a la que corresponde (albura o duramen)

- Temporada de corte
- Tratamiento de la madera con presión y químicos

1.3.5. Defectos propios de la madera

Recibe este nombre cualquier irregularidad física, química o físico-química de la madera, que afecte los aspectos de resistencia o durabilidad, determinando generalmente, una limitante en su uso o aplicación.

El identificar los defectos de la madera permite clasificarla por aspecto o resistencia.

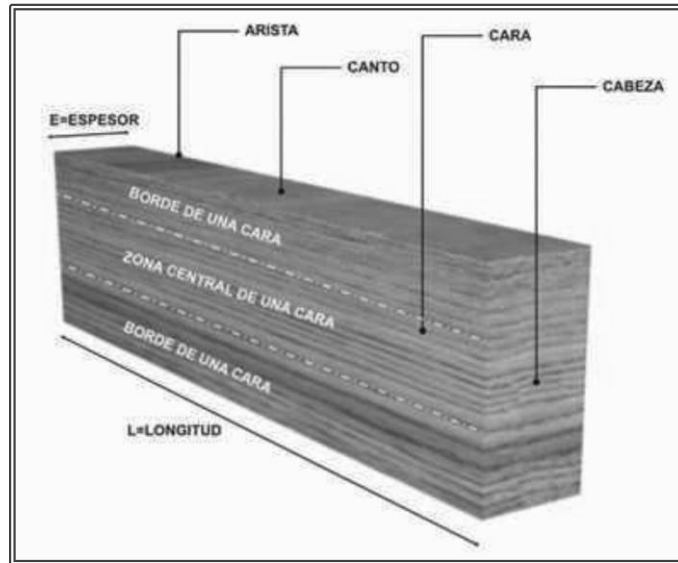
Para la descripción de estos defectos se hace necesario listar y definir los términos relativos a la geometría de una pieza.

- **Arista:** línea recta de intersección de las superficies que forman dos lados adyacentes.
- **Cabeza:** sección transversal de cada extremo de una pieza.
- **Cantos:** superficies planas, menores y normales a las caras paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza.
- **Caras:** superficies planas mayores, paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza o cada una de las superficies planas de una pieza de sección cuadrada.

- Borde de una cara: zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza y que queda limitada en el ancho, por una arista y por una línea imaginaria paralela a la arista y a una distancia de ésta, igual a la cuarta parte del ancho de la pieza.
- Zona central de una cara: zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza que queda comprendida entre los bordes de la cara. El ancho de esta zona es igual a la mitad del ancho de la pieza.
- Escuadría: expresión numérica de las dimensiones de la sección transversal de una pieza. Se ha considerado conveniente especificar las escuadrías de las piezas indistintamente en ambos sistemas, por ejemplo: 2" x 4", 41 x 90 mm.
- Ancho: dimensión mayor de la escuadría.
- Espesor: dimensión menor de la escuadría.

Los términos anteriormente descritos se ilustran en la figura 5.

Figura 5. **Términos relativos a la geometría de una pieza**



Fuente: Corporación chilena de la madera. La construcción de viviendas en madera. p. 27.

A continuación se describen los defectos propios de la madera por elaboración y cuidados en el almacenamiento y protección en pie de obra, que repercuten en la resistencia o desempeño de las piezas en servicio.

Los defectos propios que más inciden sobre las propiedades de resistencia y durabilidad son:

- **Nudos sueltos:** abertura de sección relativamente circular, originada por el desprendimiento de un nudo. La posición de este defecto es determinante en la magnitud de la alteración que causará en las propiedades resistentes. Así, un agujero, dentro o cerca de un canto, afecta fuertemente la resistencia de tracción o compresión de una pieza solicitada por flexión.

- **Rajaduras:** separación de fibras en la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.
- **Grietas:** separación de elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.
- **Fibra inclinada:** desviación angular que presentan los elementos longitudinales de la madera, con respecto al eje longitudinal de la pieza.
- **Perforación:** galería u otro tipo de orificio producido por la presencia de insectos taladradores. En cualquier caso, la madera con este defecto debe ser desechada.
- **Pudrición:** degradación, descomposición y destrucción de madera por presencia de hongos xilófagos y ambiente húmedo. La presencia parcial de putrefacción implica una creciente reducción de la resistencia.
- **Acebolladuras:** separación de la pieza entre dos anillos consecutivos. Cuando aparece en las caras o cantos, se mide su longitud y separación máxima (mm).
- **Alabeos:** deformación que puede experimentar una pieza de madera en la dirección de sus ejes, longitudinal y transversal o ambos a la vez, pudiendo tener diferentes formas: acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura, alabeo de las caras en la dirección transversal.

- Colapso: reducción de las dimensiones de la madera durante el proceso de secado, sobre el punto de saturación de las fibras, y se debe al aplastamiento de sus cavidades celulares. Este defecto no es admisible en la madera, puede afectar la resistencia y además su presencia.
- Médula: también llamado sámago, corresponde al tejido parenquimatoso y blando de la zona central del tronco. Afecta la clasificación por aspecto de superficies que quedan a la vista.
- Canto muerto: se conoce por canto muerto o arista faltante a la falta de madera en una o más aristas de una pieza.

1.3.6. Defectos por maquinado

Los procesos de transformación de la madera o también llamados procesos de maquinado de la madera, pueden producir defectos en las piezas, los más comunes son:

- Escuadría irregular: variación de la escuadría nominal de una pieza producida por la desviación del plano de corte durante el aserrío, por ejemplo, sobredimensión.
- Grieta: separación de los elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.
- Marca de sierra: depresión en la superficie de una pieza producida por un corte anormal.

- Rajadura: separación de fibras de la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.
- Cepillo desgarrado: levantamiento de fibras en las superficies cepilladas causado por trabajo defectuoso. Ocurre con mayor frecuencia al procesar madera verde.
- Cepillo ondulado: depresiones sucesivas dejadas por cuchillos sobre la superficie de una pieza cepillada.
- Cepillado incompleto: áreas de la superficie de una pieza que quedan sin cepillar.
- Depresión por cepillado: concavidad producida durante el cepillado.
- Marca de astillamiento: depresión en las caras cepilladas, causada por desprendimiento de fibras.
- Mancha de procesamiento: cambio de color que puede ocurrir en la madera durante los procesos de aserrío, cepillado y/o almacenamiento.
- Quemado: carbonización de la madera durante su procesamiento, producida por fricción de la herramienta.

1.3.7. Secado de la madera

El secado de la madera es un proceso que se justifica para toda pieza que tenga uso definitivo, sea con fines estructurales o de terminación.

La utilización de madera seca aporta una serie de beneficios, entre los que se destaca:

- Mejora sus propiedades mecánicas: la madera seca es más resistente que la madera verde.
- Mejora su estabilidad dimensional.
- Aumenta la resistencia al ataque de agentes destructores (hongos).
- Aumenta la retención de clavos y tornillos.
- Disminuye considerablemente su peso propio, abarata el transporte y facilita la manipulación de herramientas.
- Mejora la resistencia de adhesivos, pinturas y barnices.
- Mejora su ductilidad, facilidad para cortar y pulir.
- Mejora la absorción de preservantes líquidos aplicados con presión.
- Aumenta la resistencia de las uniones de maderas encoladas.

El secado de la madera puede ser realizado a través de los métodos que se describen a continuación.

1.3.7.1. Secado al aire

Se efectúa simplemente estibando la madera bajo cubiertas protectoras contra el sol directo, permitiendo la circulación de aire en forma expedita y, según las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente, se efectuará el secado de la madera. Tiene la desventaja de ser un proceso lento y poco efectivo.

Los principales factores que influyen en un buen secado al aire son:

- Disponer de una cancha o patio que permita exponer la madera al aire, y que el encastillado sea efectuado de modo que el aire circule envolviendo cada una de las piezas de madera.
- Colocar adecuadamente la madera con polines para un secado rápido con el mínimo de agrietamiento y torceduras.

1.3.7.2. Secado convencional en horno

Consiste en secar la madera en cámaras especiales (hornos), en los cuales se manejan variables de presión, humedad y temperatura. Este proceso tiene la ventaja de ser rápido, además de establecer el grado de humedad deseado.

Tiene la desventaja de ser un proceso que puede provocar defectos como: fisuras, grietas, arqueaduras y torceduras en la madera, dependiendo del procedimiento y la especie.

1.3.7.3. Defectos por secado

Los defectos por secado se producen cuando se realiza un proceso que genera tensiones internas a nivel de estructura de la madera, siendo los más frecuentes:

- **Arqueadura:** o combado es el alabeo de las caras en dirección de las fibras de la madera.
- **Encorvadura:** o curvatura lateral, corresponde al alabeo de los cantos en el sentido de las fibras.
- **Torcedura:** o revirado es el alabeo helicoidal en dirección longitudinal y transversal de las fibras.
- **Colapso:** reducción de las dimensiones de la madera durante el proceso de secado sobre el punto de saturación de las fibras. Se debe a un aplastamiento de las cavidades celulares.

1.4. Madera de cocobolo

El cocobolo es una especie de fanerógama, de madera dura de Centroamérica producida por dos de cuatro especies cercanas entre sí del género *Dalbergia*. La especie más conocida y quizás la que más se comercia es *Dalbergia retusa hemsl*, un árbol de tamaño medio, que suele alcanzar de 20-25 m de altura.

El cocobolo es una madera muy hermosa, conocida por cambiar su color tras ser cortada. El corazón suele ser naranja o rojizo, a menudo muestra figuras de trazas irregulares oscuras sobre la madera. La corteza es de un amarillo cremoso y contrasta mucho con el corazón.

Tiene una textura fina y parece aceitoso a la vista y al tacto, y soporta el desgaste y la exposición al agua. La madera es muy dura y se trabaja fácilmente, aunque debido a la abundancia de aceites naturales, la madera tiende a atascar abrasivos y los cuchillos de dientes finos. Se utiliza comúnmente para culatas de rifles y para mangos de cuchillos. El cocobolo es además, bastante denso, e incluso, si se golpea produce un tono musical claro. Debido a su densidad y dureza, el cocobolo puede pulirse para quedar lustroso con un acabado cristalino.

Las propiedades físicas del cocobolo más importantes son:

- Densidad de 0,75 gr/cm³, ocasionalmente entre 0,7 – 1,08 gr/cm³ (excesivamente pesada);

Contracción radial total 2,7%, tangencial total 4,3%, longitudinal total 0,21%, volumétrica total 7,2% y relación contracción tangencial / radial 1,6.

2. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico de las condiciones presentes en la planta de producción presenta el panorama de las condiciones actuales de la planta, ya que éstas son el punto de partida, para planificar las nuevas operaciones que deberán sumarse al proceso para elaborar el nuevo producto.

2.1. Producto

Básicamente, la empresa Reforsa se ha dedicado a dos líneas de trabajo: en la primera presta el servicio de aserrado de madera siguiendo las especificaciones que el cliente solicite, ya sea en las instalaciones de la planta o en el lugar donde se solicite el trabajo; la segunda línea de trabajo es la venta de tablas o tablones de madera que se obtienen a partir de la troza rolliza o del block (bloques de tronco de árbol), de acuerdo a las especificaciones previamente convenidas con el cliente, trabajo que se realiza en las instalaciones de la planta.

2.1.1. Diseño

El diseño funcional del producto consiste, principalmente, en establecer la especie a trabajar, las medidas de las piezas (grueso, ancho y largo); el tipo de corte que se desea obtener en el producto final y por último, definir si se requiere que las piezas tengan parafina en los extremos.

El diseño de producción se hace con base en el diseño funcional, el tiempo de entrega y la presentación de la materia prima a utilizar; aspectos que se usan para tomar la decisión de que máquina usar como sierra principal para la producción, el aserradero LT40 súper hidráulico o la reaserradora.

2.1.2. Materia prima

La materia prima consiste en madera de diferentes especies de árbol, que puede adquirirse en tres presentaciones:

- Troza rolliza, que es simplemente el tronco del árbol sin ramas.
- Troza labrada, la cual tiene un ligero trabajo con motosierra para escuadrarla.
- Madera en bloque (comúnmente llamada block), que son bloques de madera cortados con motosierra en los que se ha dividido el mismo, para facilitar su extracción del bosque.

La unidad de medida para medir la madera, comúnmente utilizada por los comerciantes de los bienes maderables, es el pie-tabla comúnmente llamado en Centroamérica pie-tablar. El volumen de un pie-tabla corresponde al volumen de una tabla de 1 pie de ancho por 1 pie de largo y 1 pulgada de espesor de modo que 424 pies tabla equivalen a 1 metro cúbico (m³).

2.2. Proceso de producción

Las trozas o blocks se convierten en tablas o tablones, del tamaño y superficie requeridas por los clientes, a través de la aplicación procesos de mecanizado de la madera efectuados con máquinas herramientas diseñadas para este fin. Cada procedimiento de maquinado, es una operación dentro del proceso de producción, el orden en que se realizan estas operaciones y la descripción de las mismas se expone a continuación.

2.2.1. Almacenamiento y manejo de materia prima

Las trozas y blocks que llegan como materia prima se miden y registra su medida para posteriormente actualizar con estos registros, los inventarios de materia prima; cada troza o block es colocada en el patio de materia prima lo más cercanamente posible al área de alimentación del aserradero, colocándolos en alzas de madera, si son blocks, para que no queden asentadas directamente en el suelo y evitar el contacto con la humedad y plagas que pudieran causarle algún defecto.

El manejo o transporte de la troza se hace rodándola sobre el suelo, ya sea manualmente o utilizando una palanca con gancho en su extremo, herramienta llamada chucho en el medio maderero del país; para transportar el block se utiliza una carretilla.

2.2.2. Aserrado

Se llama aserrado al corte primario de la troza o block, para convertirlos en vigas, tablas o tablones.

En la planta de producción se tienen dos máquinas disponibles para realizar estos cortes, la que es llamada aserradero utiliza una sierra de banda que le permite hacer un corte a la vez; y la reaserradora o también llamada sierra múltiple, consta de varias sierras circulares montadas en un eje que gira con ellas para hacer cortes verticales simultáneos y convertir la troza o block en tablas o tablonés en una sola vez.

A continuación se describen los procedimientos que se siguen al utilizar cada una de estas máquinas.

- Aserrado con aserradero portátil HT 40 súper hidráulico: la operación comienza cuando los dos ayudantes del aserradero colocan la troza o block en la bancada del aserradero, luego el operador del aserradero la engancha con un mecanismo hidráulico, posteriormente este procede a analizar la troza o block para realizar los cortes correspondientes y obtener la madera con la medida deseada. Los ayudantes voltean la troza cuando el corte lo requiere; luego del corte, otro operario retira la tabla aserrada de la bancada del aserradero y la coloca en el suelo en un área de almacenaje temporal previamente preparada con alzas de madera, para que la madera no quede directamente sobre el piso. Luego de aserrar la cuota del trabajo del día, los trabajadores del área de aserrado proceden a darle su servicio a la máquina.

- Aserrado con reaserradora de sierras múltiples: esta máquina se utilizará para procesar block previamente escuadrado, se hace la observación de que las sierras circulares que utiliza son más gruesas que las sierras de banda que usa el aserradero y por consiguiente, desperdician más madera con cada corte. La operación comienza cuando los dos operarios de la reaserradora toman el block y lo introducen a la máquina hasta que los rodos del sistema de alimentación lo atrapan y las sierras comienzan a cortarlo, luego observan la salida de las tablas, las toman y apilan colocan los sobrantes a un lado de la máquina en un espacio reservado para el material de deshecho

2.2.3. Canteado

Consiste en eliminar las orillas de las tablas para dejarlas rectas y libres de residuos de corteza; se realiza en tablas que no han sido canteadas en el aserradero, para esta operación se usa una sierra de banco. Se procede a pasar por la sierra los dos lados de la tabla que tengan corteza o alguna imperfección, y se coloca la tabla ya desorillada en el suelo en un área de almacenaje temporal previamente preparada con alzas para que la madera no quede directamente sobre el piso. Luego de terminar la tarea el operario de la máquina debe limpiar su área de trabajo.

2.2.4. Despuntado

También llamado cabeceado, consiste en cortar ambas puntas de las tablas para que las cabezas queden con una superficie plana y escuadrada, además dimensiona la longitud de la tabla según los requerimientos del pedido.

Esta operación es realizada por un operario en una sierra despuntadora de péndulo o en una sierra Ingleteadora sobre una mesa de trabajo, la cual tiene a sus lados mesas de rodos para facilitar el desplazamiento del producto, consiste en tomar la pieza, colocarla en la despuntadora y procederá cortarla a la medida requerida.

2.2.5. Parafinado de extremos

El parafinado de extremos es el último paso de modificación del producto en el área de producción.

Consiste en tomar las tablas y sumergir sus extremos en un recipiente que contiene parafina en estado líquido, de este modo se sellan los poros de la madera en los extremos y se disminuye el riesgo de daños por rajadura.

Para aplicar parafina líquida a los tablones que son difíciles de manipular, primero se apilan los tablones y luego en los extremos se aplica la parafina con una brocha.

2.2.6. Almacenamiento de producto terminado

Las tablas ya cortadas se almacenan en el patio de secado, apiladas colocando listones separadores de madera entre las hileras para que las superficies de las tablas no queden pegadas unas con otras y el aire circule entre ellas, a esta forma de estibar la madera es le llama empolinado; esto sirve para que inicien su proceso de secado al aire libre y a la vez evitar que se produzcan defectos por manchas de moho. El correcto empolinado de la madera es un factor importante para que se mantenga la forma plana de la madera y que no sufra deformaciones que la convertirían en producto defectuoso o de segunda.

2.3. Instalaciones

Por su uso, las instalaciones de la planta de producción, pertenecen a la clasificación de instalaciones industriales, se entiende por instalación industrial al conjunto de medios necesarios para los procesos de fabricación. A continuación se describen los elementos que componen las instalaciones industriales de la planta en estudio.

2.3.1. Edificios

Las instalaciones de la planta de producción se encuentran distribuidas en un terreno con un área de aproximadamente 11 600 m², en donde se encuentran las siguientes áreas edificadas:

- El área de producción: esta área posee 682.5 m² con piso de concreto, y una estructura de metal techada con lámina, se hace notar que el techo de lámina se encuentra deteriorado y necesita cambio de algunas piezas. Cuentan con suficiente ventilación e iluminación natural, la iluminación eléctrica es pobre y únicamente se usa para iluminar en las noches para facilitar el trabajo de guardianía. Se puede observar esta área en la figura 6.

Figura 6. **Área de producción**



Fuente: Imagen de archivo propio, área de producción de Reforsa.

- Oficina y salón de sesiones: cuenta con un área de 48 m², edificados con paredes de ladrillo, piso de loza, techo de concreto y servicio sanitario. Esta área puede observarse en la figura 7.

Figura 7. **Área de oficinas**



Fuente: Imagen de archivo propio, área de oficinas de Reforsa.

- Taller de afilado: cuenta con un área de 48 m², edificados con paredes de ladrillo, piso de loza, techo de concreto, puertas y balcones de metal. Esta área posee buena iluminación natural, iluminación eléctrica adecuada y servicio de energía eléctrica.
- Bodega de herramienta y equipo: cuenta con un área de 72 m², edificados con paredes de ladrillo, piso de loza, techo de concreto, puertas y balcones de metal. Esta área tiene buena iluminación natural, iluminación eléctrica adecuada y servicio de energía eléctrica.

- Bodega de maquinaria: cuenta con un área de 162 m², edificados con paredes de ladrillo, piso de loza, techo de concreto, puertas y balcones de metal. Esta área tiene buena iluminación natural, iluminación eléctrica adecuada y servicio de energía eléctrica.
- Bodega de producto terminado: cuenta con un área de 1108 m² con piso de tierra, estructura de concreto y metal, techada con lámina, circulada en la parte posterior y lateral, con paredes de block. Esta área posee buena iluminación natural, iluminación eléctrica adecuada y servicio de energía eléctrica, ver figura 8.

Figura 8. **Área de bodega de producto terminado**

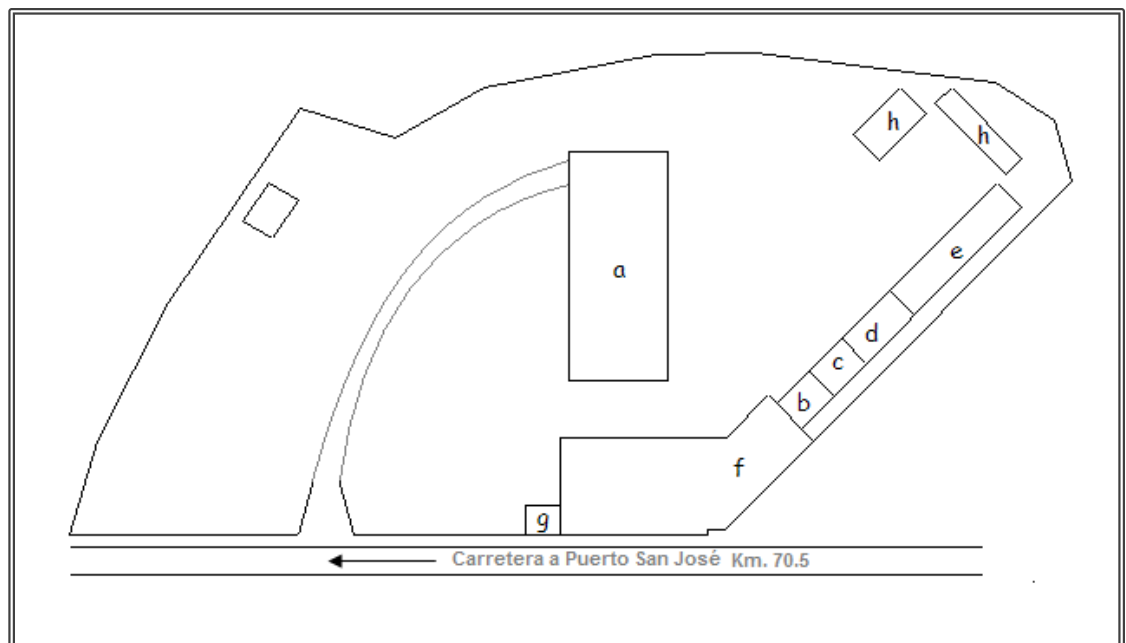


Fuente: imagen de archivo propio, bodega de producto terminado.

- Servicios sanitarios: cuenta con un área de 24 m², edificados con paredes de ladrillo, piso de loza, techo de concreto, puertas y balcones de metal. Esta área tiene buena iluminación natural, iluminación eléctrica adecuada, una pila y dos sanitarios.
- Área de guardianía: cuenta con un área de 24 m², edificados con paredes de ladrillo, piso de loza, techo de concreto, puertas y balcones de metal.

La distribución de las áreas anteriormente descritas se ilustra a continuación en la figura 9.

Figura 9. **Uso actual de las áreas edificadas**



Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Maquinaria

La empresa cuenta con la maquinaria siguiente:

- Aserradero móvil: marca Wood-Mizer LT40 súper hidráulico, con un motor diesel de 42 HP. Corta troza o block, con sierras de cinta, convirtiéndolos en tablas o tablones con un corte por vez.
- Reaserradora de sierras múltiples: con un motor eléctrico de 10 hp. Puede ser usada para obtener varias tablas a partir de un block en una sola pasada o para dimensionar el ancho de una tabla cortando ambos lados a la vez. Según su uso deberán colocarse la cantidad de sierras circulares necesarias y sus respectivos espaciadores, según las especificaciones de grosor o ancho que se deseen para el producto.
- Sierra de banco No.1: con un motor eléctrico de 10 HP. y una sierra circular de 12" de diámetro instalados en un banco de trabajo de 1,5 x 1,5 m. Es usada para realizar cortes longitudinales en las tablas de madera.
- Sierra de banco No. 2: con un motor de 5 HP y una sierra circular de 10" de diámetro, instalada en un banco de trabajo de 1,5 x 1,5 m. Es usada para realizar cortes longitudinales en las tablas de madera.
- Sierra despuntadora: es una sierra de péndulo, con un motor de 5 HP. y una sierra circular de 10" de diámetro. Es utilizada para despuntar las tablas de madera, su banco de trabajo es una mesa de rodillos de 0,7 x 4 m.

- Molduradora de cuatro cabezas trifásica: con 4 motores eléctricos de 5 HP para los cepillos y trompos; y 1 motor eléctrico para alimentación de 1,5 HP.
- Afiladora CBN: para sierras de banda de 1" o 2", con motor eléctrico de 1/3 HP.
- Triscadora manual para sierras de banda de 1" o 2".

2.3.3. Instalaciones para la distribución de energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica es proporcionado por Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (EEGSA), con una tarifa BTDF industrial trifásica. Este servicio se considera capaz para el uso de motores eléctricos monofásicos, trifásicos. En el caso de las instalaciones de distribución eléctricas, se hace notar que éstas presentan deficiencias, en cuanto a seguridad se refiere, ya que se observan empalmes de alambres expuestos y alambres sueltos a ras del suelo.

2.3.4. Instalaciones de agua

El servicio de agua se deriva de la red municipal de abastecimiento del municipio de Masagua. Es eficiente pues hay suficiente caudal de agua en todo momento del día; este servicio es utilizado en el proceso de aserrado, labores de limpieza, para uso y desinfección los servicios sanitarios. Es importante indicar que el sistema de agua entubada posee llaves de agua y se localizan en tres lugares: el primero en el área de sanitarios, el segundo en el sanitario de la oficina y el tercero en el área de producción.

También se cuenta con un pozo y su respectiva bomba hidráulica de 1 HP que permanece en estado funcional, y también está en capacidad de surtir de agua al sistema de agua entubada antes mencionado. No existe ningún sistema de potabilización de agua dentro de la planta.

2.3.5. Instalaciones de servicios para el personal

El personal cuenta con el área de servicios sanitarios, que posee dos inodoros, una pila, una ducha y un espacio libre utilizado para vestidores; el área que se utiliza como comedor es el salón de sesiones contiguo a la oficina.

2.3.6. Instalaciones de saneamiento

La planta de producción cuenta con fosas sépticas para la recolección de aguas residuales provenientes de las pilas, duchas y sanitarios instalados en las áreas de servicios.

2.4. Personal

El personal de la planta de producción está constituido por tres operadores y cuatro ayudantes, todos son mayores de edad, saben leer y escribir; con diferentes grados de escolaridad.

Sus funciones están redactadas en el numeral 1.1.2.4. Área de producción, de este trabajo.

En las visitas realizadas a la planta, se pudo observar las principales aptitudes y conocimientos que poseen los trabajadores según su puesto, éstas se describen a continuación:

- Los operadores de las máquinas: debido a su experiencia, poseen destreza para el maquinado de la madera, reparación y mantenimiento de las máquinas. Especialmente el operario de la sierra principal, aserradero Wood-Mizer, quien posee la capacidad de realizar cortes especiales en la madera para determinados fines, y es él quien define la manera de cortar la troza o el block, para obtener la mayor cantidad de madera útil de él.

Los ayudantes: están encargados del manejo de los materiales, cargar y retirar el material de las máquinas, y por lo general, no poseen mayor conocimiento del funcionamiento de la maquinaria.

3. PROPUESTA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

3.1. Diseño de la producción

El diseño de la producción busca la fabricación del producto con bajos costos y buena calidad, para lo cual se procederá a: realizar una descripción de las características del producto, establecer las operaciones de maquinado necesarias y realizar un análisis del rendimiento de la materia prima y de esta manera establecer la forma en la que se va a producir; que es el punto de partida para realizar, posteriormente, la planeación de producción.

3.1.1. Características del producto

El producto consiste en piezas de madera de cocobolo, que serán usadas por el cliente, para fabricar tacos de billar. Las características de las piezas a producir se establecen en las especificaciones técnicas determinadas por el cliente y la especificación de la materia prima a utilizar para la elaboración de las mismas.

3.1.1.1. Especificaciones técnicas determinadas

Las especificaciones que han sido determinadas por el cliente son las siguientes:

- Medidas: las piezas deberán tener las siguientes medidas; grueso 3,5 cm, ancho 3,5 cm y largo de 60,96 cm, que equivale a un volumen de 746,76 cm³.
- Especie: se usará únicamente una especie de madera, la del árbol de la especie con nombre científico *Dalbergia retusa hemsl*, conocida con el nombre común de cocobolo.
- Humedad: las piezas deberán tener un porcentaje de humedad del diez por ciento (10%).
- Acabado de superficies: el acabado de las caras y cantos de las piezas deberá ser de superficies cepilladas.
- Cada pedido a entregar es de 20 metros cúbicos.

3.1.1.2. Materia prima que se usará

La especie de madera a utilizar como materia prima es *Dalbergia retusa hemsl*. Para mantener un bajo nivel de desperdicio y aumentar la productividad, la madera deberá comprarse en blocks. Las unidades de medida utilizadas en Guatemala para la comercialización de la madera en block o troza son pulgadas para ancho y grueso, y pies para el largo. Las dimensiones de la madera se comercializan en múltiplos de pulgada y media pulgada. Con esta información se determina que las medidas de block a comprar serán:

- Grueso: podrá medir cualquiera de los múltiplos de 2 pulgadas (5,08 cm).

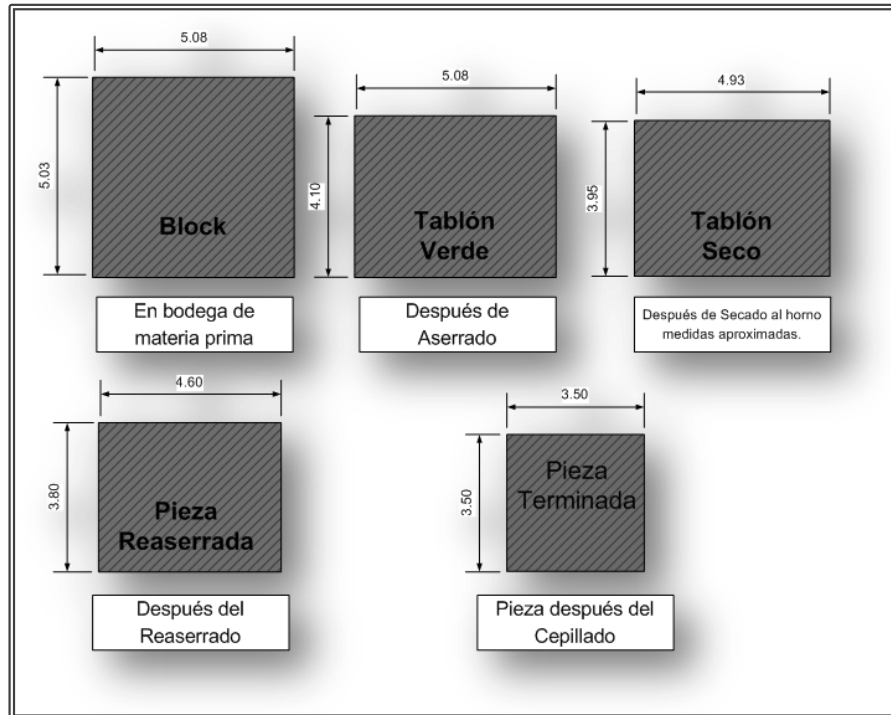
- Ancho podrá medir cualquiera de los múltiplos de 2 pulgadas (5,08 cm).
- Largo: podrá ser cualquiera de los múltiplos de 2 pies (60,96 cm).

3.1.2. Operaciones de maquinado

En el proceso de fabricación de las piezas, con cada operación de maquinado, la materia prima deberá sufrir transformaciones que dan origen a diferentes tipos de productos en proceso. La secuencia de la transformación y el nombre que se dará a la presentación será el siguiente:

- Block: presentación de la materia prima que se adquirirá.
- Tablón verde: que es la pieza ya aserrada.
- Tablón seco: que es el tablón que sale de la operación de secado al horno; pieza reaserrada, pieza que ya tiene sus cantos completamente rectos.
- Pieza cepillada: que aún le falta el proceso de cabeceado para obtener la pieza terminada, ver figura 10.

Figura 10. Dimensiones de la materia prima y productos en proceso



Fuente: elaboración propia.

Para la realización de cada una de las operaciones se seleccionan las máquinas más adecuadas de la planta de producción. De esta manera las operaciones de maquinado se realizarán así:

- Aserrado: con el aserradero Wood-Mizer.
- Reaserrado: con la reaserradora de sierras múltiples.
- Cepillado: con la molduradora de cuatro cabezas.
- Cabeceado: con la sierra Ingleteadora.

La operación de secado al horno deberá agregarse al proceso, para lo cual deberán construirse los hornos de secado de madera que sean necesarios, ver apéndice 1.

3.1.3. Análisis del rendimiento de la madera

La importancia de realizar el análisis del rendimiento de la madera radica en la necesidad de realizar el cálculo de: la cantidad de volumen de block (materia prima) a comprar para obtener el volumen requerido en el pedido, y el volumen de tabloncillos verdes (producto en proceso), que deberá ser secado en el horno para el mismo pedido.

Dentro de este análisis se calcularán a continuación tres tipos de porcentajes de rendimiento que se describen y calculan a continuación.

3.1.3.1. Rendimiento debido al maquinado

Debido al maquinado se deshecha parte de la materia prima convirtiéndola en aserrín o viruta. Este rendimiento se calculará como la razón entre el volumen que presentaran dos piezas en diferente fase de producción.

Las medidas a utilizar para obtener los volúmenes son las medidas de la pieza más pequeña que se manejará como materia prima y las de sus equivalentes en los productos en proceso y pieza terminada, ver tabla I. Se utiliza la pieza más pequeña, sabiendo que las medidas de las piezas mayores tendrán el mismo rendimiento que ésta, por ser sus medidas múltiplos de la pieza más pequeña.

Tabla I. **Dimensiones y volumen de block, tablón verde y piezas terminadas**

Presentación	Grueso (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)
Block	5,08	5,08	60,96	1 573,16	0,001573
Tablón verde	4,10	5,08	60,96	1 269,67	0,001270
Pieza terminada	3,50	3,50	60,96	746,76	0,000747

Fuente: elaboración propia.

Establecidos los volúmenes, se procede a calcular los rendimientos como porcentajes.

Porcentaje de block que se convierte en tablón verde:

$$\begin{aligned} \text{Razón entre tablón verde y block} &= \frac{\text{volumen de tablón verde}}{\text{volumen de block}} = \frac{0,001270}{0,001573} \\ &= 0,8071 \end{aligned}$$

$$\text{Rendimiento del block} = 0,8071 * 100 = 80,71\%$$

Porcentaje de tablón verde que se convierte en pieza terminada:

$$\begin{aligned} \text{Razón entre pieza terminadas y tablón verde} &= \frac{\text{volumen de pieza terminada}}{\text{volumen tablón verde}} \\ &= \frac{0,000747}{0,001270} = 0,5882 \end{aligned}$$

$$\text{Rendimiento del tablón verde} = 0,5882 * 100 = 58,82\%$$

3.1.3.2. Rendimiento debido a defectos

Debe calcularse el rendimiento debido a defectos, para que el porcentaje de rendimiento, también incluya el desperdicio por madera defectuosa. La empresa maneja, para su planta de producción un porcentaje de defectos para el proceso de aserrado y otro para los procesos subsecuentes al aserrado hasta obtener el producto final, de esta manera:

- El porcentaje de volumen block a descontar por defectos de la madera y defectos de proceso de aserrado hasta obtener el tablón verde es de 4,90%.
- El Porcentaje de volumen de madera aserrada a descontar por defectos de la madera y defectos de procesos subsecuentes hasta obtener la pieza terminada es de 3,70%.

3.1.3.3. Rendimiento total

Con los dos rendimientos anteriores se puede calcular el rendimiento total, es decir, el que toma en cuenta los dos aspectos, la merma en el volumen por el cambio de dimensiones y la merma por los defectos en la madera; se realiza el cálculo de la siguiente manera: al porcentaje del rendimiento debido al cambio de las dimensiones, se le resta el porcentaje debido a defectos en la madera, quedando los porcentajes de rendimiento como sigue:

Rendimiento total de block a tablón verde = $80,71\% - 4,90\% = 75,81\%$

Rendimiento total de tablón verde a piezas terminadas = $58,82\% - 3,70\%$
= 55,12%

El último rendimiento total a calcular es el block a piezas terminadas, este porcentaje se calculará como sigue:

Porcentaje total de block a piezas terminadas = $75,81\% * 55,12\% = 41,78\%$

3.2. Planeación de los procesos

Para realizar la planeación de los procesos se parte de la información generada en el diseño de la producción, ésta servirá para determinar la capacidad instalada que es requerida para el proceso. Luego, se describen los procesos y su secuencia, se realiza la distribución de las estaciones de trabajo, el diseño de las estaciones de trabajo, y por último se establecen las normas de producción provisionales para el proceso de producción.

3.2.1. Determinación de la capacidad instalada requerida

El primer paso para determinar la capacidad instalada es establecer la unidad de medida que se utilizará para medirla. Por la conveniencia que representa, se utilizará metros cúbicos por hora efectiva de trabajo (m^3/h).

Para el cálculo de la capacidad requerida se tomará el volumen de producción de un mes en metros cúbicos (m^3) y se dividirá dentro de la cantidad de horas disponibles de trabajo al mes, quedando de la siguiente manera:

$$\text{capacidad instalada requerida} = \frac{\text{volumen a producir en } m^3}{\text{horas disponibles al mes}}$$

Las horas de trabajo efectivo al mes en una jornada diurna se calcularán de la siguiente manera:

- Para un día completo de trabajo: en la jornada diurna se trabajan 8 horas al día, a las cuales hay que restar dos períodos de 15 minutos cada uno, para el descanso de los trabajadores y otros dos períodos de 15 minutos para la preparación, orden y limpieza de la estación de trabajo, al comenzar y terminar la tarea diaria. Quedando entonces, un período de 7 horas de trabajo efectivo en un día completo de trabajo.
- Para el día sábado: al tiempo de trabajo de 4 horas se le restaría únicamente 30 minutos de preparación de la estación de trabajo y 15 minutos de receso, quedando 3 horas con 15 minutos de trabajo efectivo el día sábado.
- Para un mes: trabajando 21 días completos en el mes y cuatro sábados, las horas disponibles al mes se calculan como sigue: 21 días * 7 horas + 4 días * 3,25 horas, dando como resultado un total de 160 horas disponibles al mes.

Teniendo el cálculo de 160 horas disponibles al mes y sabiendo que la demanda de piezas de madera es de 20 metros cúbicos por mes, se sustituye en la fórmula de la capacidad instalada requerida de piezas terminadas.

$$\begin{aligned} \text{capacidad instalada requerida} &= \frac{20 \text{ m}^3 \text{ de piezas terminadas}}{160 \text{ h}} \\ &= 0,125 \text{ m}^3 \text{ de piezas terminadas /h} \end{aligned}$$

La cantidad de 0,125 m³ de piezas terminadas por hora es la capacidad instalada requerida para el proceso de producción.

La fórmula de la capacidad instalada requerida pone en evidencia que para cada operación existe una capacidad instalada requerida diferente, ya que cada operación maneja diferente presentación de la madera y por ello, diferentes volúmenes de esta al mes. Por tal razón se hace necesario conocer la capacidad instalada requerida en las operación de aserrado del block (materia prima); la de secado de madera en horno (tablón verde), y de las operaciones subsecuentes. Su cálculo se realiza a continuación:

El volumen de tablón verde y block a procesar en un mes, es el siguiente:

$$\text{Volumen de tablón verde} = \frac{20 \text{ m}^3}{55,12 \%} = 36,29 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de block} = \frac{36,29 \text{ m}^3}{75,81\%} = 47,88 \text{ m}^3$$

La capacidad instalada requerida para procesamiento de tablón verde es de:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad instalada requerida en horno} &= \frac{36,29 \text{ m}^3 \text{ de tablón verde}}{160 \text{ h}} \\ &= 0,2268 \text{ m}^3 \text{ de tablón verde/h} \end{aligned}$$

La capacidad instalada requerida para procesamiento de tablón seco, se considerará igual a la de tablón verde, ya que el cambio de volumen por la contracción del secado no es significativo.

La capacidad instalada requerida para procesamiento de block es de:

$$\begin{aligned}\text{Capacidad instalada requerida en aserrado} &= \frac{47,88\text{m}^3 \text{ de blok}}{160\text{h}} \\ &= 0,2992 \text{ m}^3\text{de blok/h}\end{aligned}$$

3.2.2. Procesos necesarios y su secuencia

Se llevarán a cabo dos procesos en la planta de producción, el primero es el que concierne al acondicionamiento de la materia prima, y el segundo a la elaboración de las piezas de madera mediante operaciones de maquinado, ambos se describen a continuación.

3.2.2.1. Proceso para acondicionamiento de materia prima

Este procedimiento tiene como objetivo, proteger la calidad de la madera desde su entrada a la planta para mantener una productividad elevada, y llevar un registro para actualizar inventarios de materia prima.

- a) Descargar el block del camión.
- b) Medir el block y anotar los registros de medidas de cada pieza.
- c) Transportar el block al área de almacenamiento de materia prima y dejarlo apilado con los demás sobre alzas, para que no queden en contacto directo con el piso.
- d) Aplicar parafina caliente a las cabezas de los dos extremos del block, para evitar las rajaduras, y que cuando se corten en tablonces la parafina quede en las áreas de cabeza.

3.2.2.2. Proceso para la elaboración de las piezas

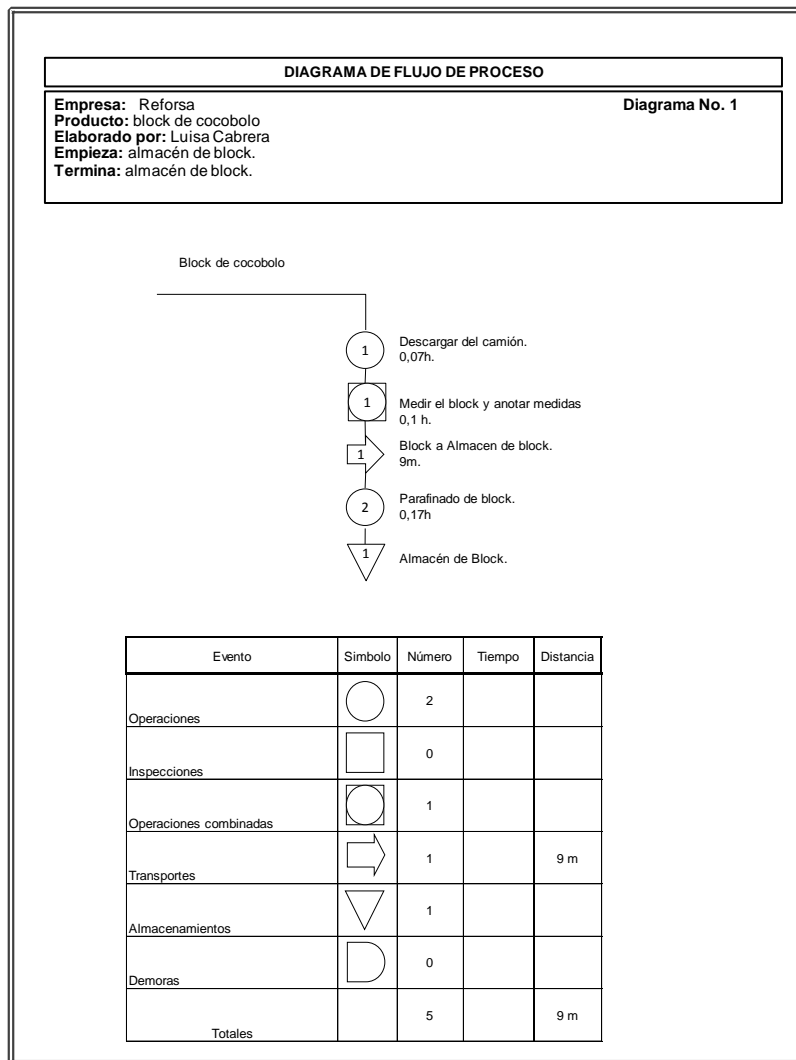
- Transporte: el proceso comienza llevando el block del área de almacén de block, al área de alimentación del aserradero con ayuda de una carretilla.
- Aserrado: colocar el block en la bancada del aserradero en la posición adecuada. Fijarlo con las mordazas del aserradero, esta operación se realiza mediante la activación del sistema hidráulico del aserradero. Realizar el primer corte para dejar plana la cara superior del block. Quitar el sobrante resultado del 1er corte. Liberar las mordazas y voltear el block 180 grados, dejando la superficie plana del block sobre la superficie de la bancada. Fijar el block con las mordazas. Transformar el block en tablonces realizando cortes a la medida indicada en la escala, para obtener madera aserrada en tablonces de 41 mm de grosor, el ancho y largo quedarán del tamaño del block. Limpiar el aserrín del tablón. Colocar los tablonces en el área de almacenaje temporal de madera verde.
- Transporte de los tablonces verdes hacia el área de madera verde, donde esperarán hasta que se acumule la cantidad tablonces necesaria para llenar la cámara del horno.
- Transporte de los tablonces hacia la cámara del horno, colocándola en forma ordenada y espaciando la madera con listones separadores de madera llamados polines.
- Secado al horno: atender el proceso de secado por 21 días, revisando periódicamente, temperatura y humedad.

- Transporte de los tablones de la cámara del horno hacia el área de madera seca, donde se queda hasta ser procesada.
- Transporte de tablones secos al área de reaserrado.
- Reaserrado: pasar el tablón por la reaserradora para dividirlo en piezas que quedarán con un grosor de 4,10 cm y un ancho de 5,08 cm.
- Transporte de los tablones al área de alimentación de la reaserradora.
- Cepillado: pasar las piezas en la molduradora con cuchillas y fresas para cepillado, para obtener los cuatro lados de la pieza cepillados en una sola pasada dejando la pieza con una sección transversal de 3,5 cm x 3,5 cm.
- Cabeceado: cortar las piezas a 60,96 cm de largo (24 pulgadas) en la sierra Ingleteadora, para obtener el producto terminado.
- Embalaje: tomar las 16 piezas de una en una, revisando que no hayan defectos en su superficie y colocarlas sobre el banco de trabajo para formar el paquete de 4 por 4 piezas, asegurar con flejes metálicos y colocar en el suelo sobre alzas.
- Transporte: transportar los paquetes al almacén de producto terminado.

3.2.2.3. Gráficos de flujo de proceso de producto

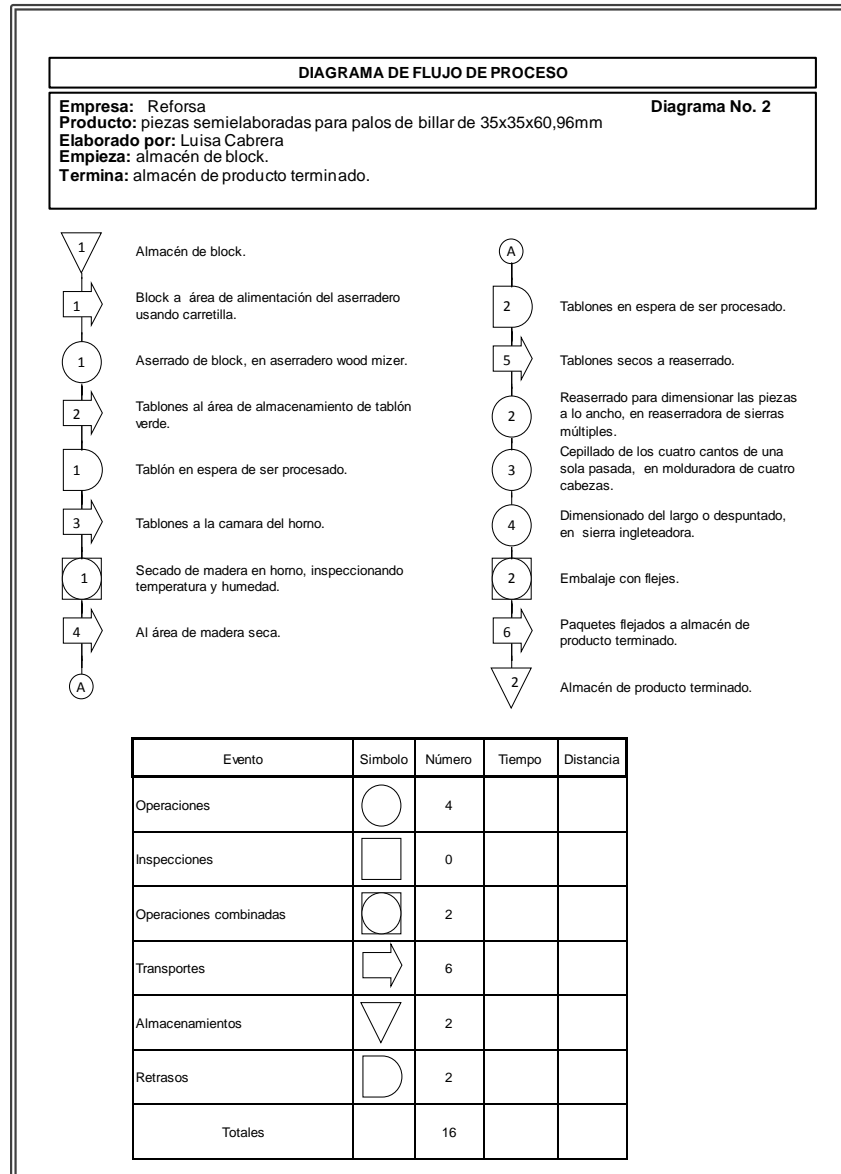
La información de los dos procesos mencionados con anterioridad, se representa en forma clara y lógica en diagramas de flujo de proceso, como puede observarse en la figura 11 y 12.

Figura 11. Diagrama de flujo de proceso para acondicionamiento de block



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Diagrama de flujo de proceso para elaboración de las piezas



Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Distribución de las estaciones de trabajo

El área donde será distribuida la producción, con excepción de la operación de secado, mide 17,5 x 39 m.

El flujo del proceso de producción se lleva a cabo secuencialmente, de una operación a otra; de esta manera cada una de las piezas es trabajada en el mismo orden por cada máquina, siguiendo así un proceso en línea llevado a cabo en máquinas de propósitos generales, por lo que se puede decir que es un proceso mixto.

Debido a que cada operación es realizada por una máquina distinta, se formará una estación de trabajo por cada máquina, y cada estación será nombrada por la operación que lleva a cabo, ver tabla II.

Tabla II. **Estaciones de trabajo**

No.	Estación de trabajo	Maquinaria
1	Aserrado	Aserradero Wood-Mizer
2	Secado	Horno de secado de madera
3	Reaserrado	Reaserradora de sierras múltiples
4	Cepillado	Molduradora
5	Cabeceado	Ingleteadora
6	Embalaje	Flejadora.

Fuente: elaboración propia.

En consecuencia, con lo anterior, la distribución de las estaciones de trabajo se logrará distribuyendo la maquinaria en el área de producción.

3.2.3.1. Distribución de la maquinaria en las estaciones de trabajo

El primer paso para la distribución de la maquinaria, será saber si ésta cumple con la capacidad instalada requerida o si hay que aumentar la cantidad de máquinas. En la tabla III se compara la capacidad de producción que maneja la empresa para cada una de las máquinas disponibles a utilizar en el proceso y la capacidad requerida para el proceso de producción.

Tabla III. **Capacidad instalada requerida y disponible**

No.	Máquina	Presentación a trabajar	Capacidad instalada	
			Requerida (m ³ /h)	Disponible (m ³ /h)
1	Aserradero Wood-Mizer	Block	0,2992	0,3369
2	Horno	Tablón verde	0,2268	0,2268
3	Reaserradora	Tablón verde	0,2268	0,7208
4	Molduradora	Tablón seco	0,2268	0,5952
5	Ingleteadora	Piezas cepilladas	0,1250	0,9001
6	Flejadora	Piezas terminadas	0,1250	0,7160

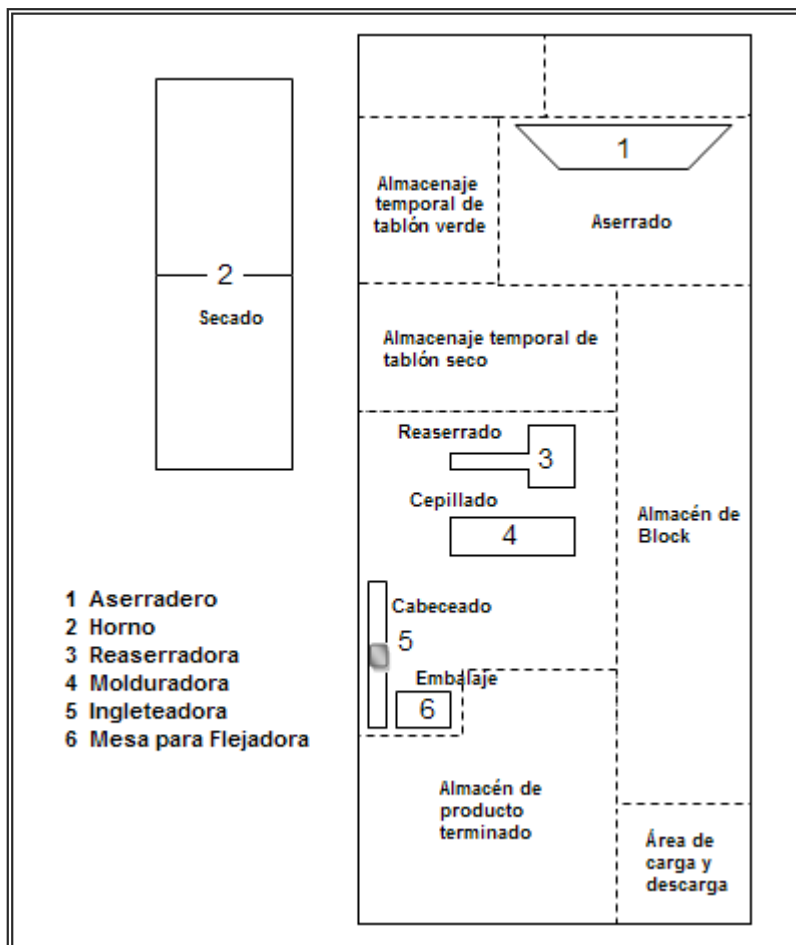
Fuente: elaboración propia.

La comparación entre las capacidades de la tabla, muestra que la capacidad de las máquinas disponibles cubre la capacidad requerida, por lo que se determina que se usará únicamente una máquina para cada operación.

El horno de secado de madera estará diseñado para cumplir con la capacidad requerida, y sus instalaciones físicas serán situadas aledañas al área techada destinada para el proceso de producción.

Para su distribución se coloca la maquinaria siguiendo un patrón lineal, y lo más cerca posible una de la otra en operaciones subsecuentes, para disminuir las distancias de manejo de materiales; se deja espacio para el manejo de materiales y los almacenajes temporales. Su distribución se realizó por medio del método de plantillas, en el plano del área destinada para la producción, esta distribución puede observarse en el figura 13.

Figura 13. **Distribución de maquinaria y equipo**

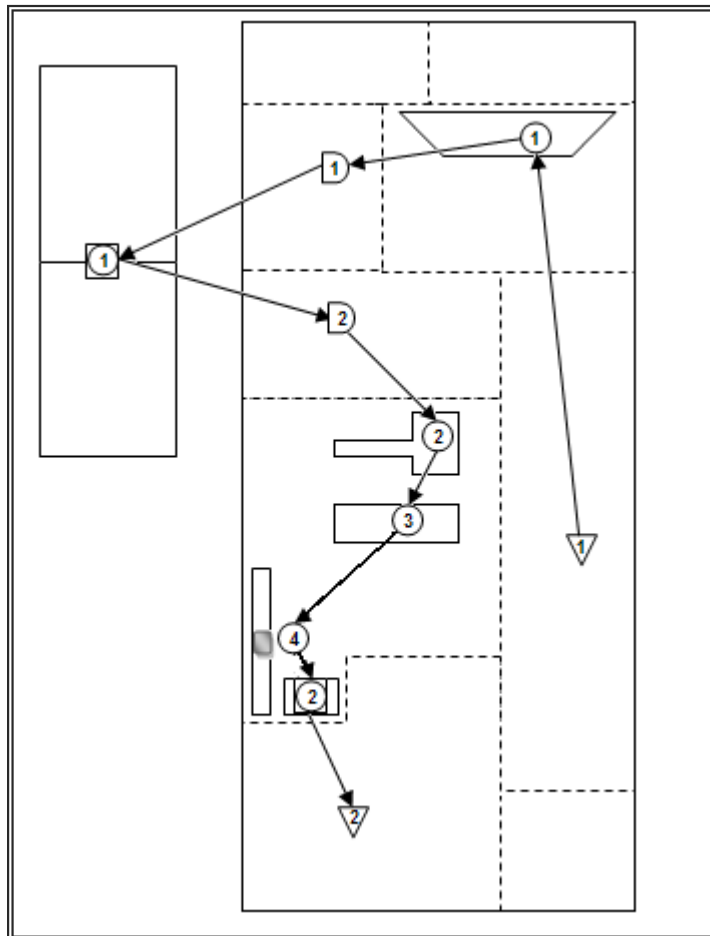


Fuente: elaboración propia.

3.2.3.2. Diagrama de recorrido de actividades

El diagrama de recorrido de actividades muestra como fluye el proceso por el área de producción, señalando dónde se realizan cada una de las actividades del proceso productivo; este diagrama puede observarse en la figura 14.

Figura 14. Diagrama de recorrido de actividades



Fuente: elaboración propia.

3.3. Diseño de las estaciones de trabajo

Deberán crearse instalaciones especiales, únicamente para la estación de secado. Para la cual deberán fabricarse dos hornos de secado de madera, cuyas especificaciones se establecen en el apéndice 1.

Para el funcionamiento de esta estación de trabajo, se deberá tener una mesa de trabajo, un cuaderno de anotaciones para llevar los registros del control del secado, una pesa con capacidad de 20 lb, cuatro psicrómetros, una cinta métrica, una tabla psicrométrica, un banco y una carretilla. La mesa estará ubicada a la par de las cámaras de secado.

Para las demás estaciones del proceso productivo, se seguirán usando las mismas instalaciones que consisten en: una galera de 17,5 m por 39 m con estructura metálica, techo de dos aguas de lámina de zinc y piso de cemento (hormigón). Las operaciones se realizarán de pie, para que el operario tenga un mejor control de los materiales que trabaja en la máquina.

La cantidad de trabajadores en cada estación de trabajo puede verse en la tabla IV.

Tabla IV. **Personal para cada estación de trabajo**

No.	Estación de trabajo	Puesto	Cantidad	Función
1	Aserrado	Operador de aserradero	1	Operar el aserradero
		Ayudante de aserradero	2	Alimentar y descargar el aserradero
		Manejador de materiales	2	movilizar los materiales de la estación
2	Secado	Operador del horno	1	Operar el horno de secado de madera
		Manejador de materiales	2	movilizar los materiales de la estación
3	Reaserrado	Operarios de reaserradora	2	Operar la reaserradora
4	Cepillado	Operario de cepilladora	2	Operar la cepilladora
5	Cabeceado	Operador de Ingleteadora	1	Operar la ingleteadora
6	Clasificado y Embalaje	Clasificador y embalador	1	Clasificar y embalar
7	Afilado	Afilador	1	Afilado de sierras
	Todas	Jefe de producción	1	Coordinar las actividades de producción

Fuente: elaboración propia.

Las herramientas que se usarán en las estaciones de trabajo serán las siguientes:

- Aserrado
 - Una cinta métrica
 - Una carretilla

- Reaserrado
 - Una cinta métrica
 - Una carretilla;
- Cepillado
 - Una cinta métrica
 - Un vernier
- Cabeceado
 - Una cinta métrica
- Clasificado y embalaje
 - Una flejadora

En cuanto a las condiciones en el sitio de trabajo, la ventilación y la iluminación naturales, cubren las necesidades, ya que se trabajará en una jornada diurna.

El nivel de ruido producido por las máquinas es mayor a los 100 decibeles, según comparación con escala de niveles típicos de sonido en decibeles, razón por la cual los operarios deberán usar protección externa para los oídos. La cantidad de polvo de aserrín generada por el corte de las máquinas amerita el uso de mascarillas y lentes de protección.

El equipo de seguridad a utilizar por cada trabajador dentro de la planta de será el siguiente:

- Casco industrial
- Anteojos protectores
- Protectores de ruido para los oídos
- Guantes de cuero para carpintería
- Mascarilla para polvo

El área de afilado se ubicará en el mismo espacio donde se encuentra actualmente. Esta área se encuentra equipada con una mesa de trabajo, un banco, una afiladora, una máquina triscadora, un vernier y una estantería para almacenar insumos y herramienta.

El jefe de producción tendrá a su disposición el área de oficinas. Esta cuenta con un escritorio, tres sillas y un mueble de cuatro gavetas para archivo.

3.4. Normas de producción para el producto

Para el establecimiento de metas diarias, que permitan cumplir con la demanda estipulada, los trabajadores en sus respectivas áreas, deberán cumplir con el volumen de producción por día, ver tabla V.

Tabla V. **Normas de producción para el proceso**

Estación de trabajo	volumen de producción	
	Día completo de trabajo (m ³ /día)	Trabajo día sábado (m ³ /día)
Aserradero Wood-Mizer	2,0944	0,97240
Reaserradora	1,5876	0,73710
Molduradora	1,5876	0,73710
Ingleteadora	0,8750	0,40625
Embalaje	0,8750	0,40625

Fuente: elaboración propia.

3.5. **Análisis financiero**

Por medio del análisis financiero de esta propuesta de producción, se pretende establecer su viabilidad financiera; estimando cuánto efectivo se necesitará, qué ganancias se esperan, cuáles serán los objetivos de venta y qué inversión es requerida.

Para llevar a cabo este análisis se elaboran los presupuestos a continuación mencionados: de ventas, de gastos de instalación, de costo de ventas y de gastos de distribución. Esta información posteriormente se utiliza para elaborar el presupuesto de efectivo, a través del cual se determina si el proyecto es factible en el aspecto financiero o no.

3.5.1. Presupuesto de ventas

Las ventas presupuestadas para cada mes corresponden a la cantidad mínima que puede despacharse a la empresa compradora y se describe en la tabla VI.

Tabla VI. **Presupuesto de ventas mensuales**

Ventas mensuales	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario Q.	Total Q.
Piezas semielaboradas de cocobolo	m ³	20	37 494,02	749 880,44
Ventas totales				749 880,44

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Presupuesto de gastos de instalación

Los gastos de instalación son los gastos en los que se incurre para la implantación del proceso productivo. Éstos incluyen la infraestructura, la maquinaria, y el equipo que deberán sumarse o mejorarse para este proceso. El detalle de estos gastos puede verse en la tabla VII.

Tabla VII. Presupuesto de gastos de instalación

Presupuesto de gastos de instalación	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario Q.	Total Q.
<i>Infraestructura</i>				
Construcción de cámaras de secado		2	40 908,54	81 817,08
Construcción de estufas para horno		2	8 597,57	17 195,14
Construcción e instalación de ductos de aire		2	10 000,00	20 000,00
<i>Acondicionamiento de las instalaciones</i>				
Pintura				760,00
Cambio de láminas				3 240,00
Torta de cemento para el área de producción				12 000,00
<i>Maquinaria</i>				
Ventiladores		8	5 000,00	40 000,00
<i>Equipo</i>				
Mesas fijas		2	500,00	1 000,00
Troquet		2	500,00	1 000,00
Flejadora y engrapadora		1	875,00	875,00
Equipo de seguridad industrial		16	125,00	2 000,00
Gastos de instalación totales				179 887,22

Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Presupuesto de costo de producción

Los costos de producción son los que se generan durante el proceso de transformar la materia prima en producto terminado, ver tabla VIII.

Tabla VIII. **Costo de producción presupuestado**

Costo de producción presupuestado	
Materia prima requerida	405 917,25
Mano de Obra	50 943,12
Gastos indirectos de fabricación	22 851,75
Total: Costo de producción	479 712,12

Fuente: elaboración propia.

El costo de producción está basado en los presupuestos de: materia prima, mano de obra directa y de gastos indirectos de fabricación que a continuación se detallan.

3.5.3.1. Materia prima

En este rubro se estima el costo de la madera en *block* de Cocobolo que será utilizada para satisfacer la producción mensual, ver la tabla IX.

Tabla IX. **Presupuesto de materia prima**

Presupuesto de materia prima mensual	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario Q.	Total Q.
Block de cocobolo	m ³	47,8676	8 480,00	405 917,25
Total de materia prima				405 917,25

Fuente: elaboración propia.

3.5.3.2. Mano de obra directa

Está conformada por los desembolsos que realizará la empresa mensualmente, por concepto de salarios de los trabajadores de la planta de producción, así como sus prestaciones y las correspondientes cuotas patronales al IGSS; ver tabla X.

Tabla X. Presupuesto mensual de mano de obra directa

Mano de obra directa	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario Q.	Total Q.
Operador de aserradero		1	2 493,58	2 493,58
Ayudante de aserradero		2	2 187,54	4 375,08
Manejador de materiales		4	2 187,54	8 750,16
Operador de horno		1	2 493,58	2 493,58
Operario de reaserradora		2	2 493,58	4 987,16
Operario de molduradora		2	2 493,58	4 987,16
Operador de Ingleteadora		1	2 187,54	2 187,54
Clasificador y embalador		1	2 187,54	2 187,54
Afilador		1	2 187,54	2 187,54
Jefe de producción		1	2 893,58	2 893,58
Cuota IGSS patronal		1	3 927,78	3 927,78
Prestaciones de ley		1	9 472,42	9 472,42
Total de mano de obra directa				50 943,12

Fuente: elaboración propia.

3.5.3.3. Gastos indirectos de fabricación

El presupuesto para estos gastos lo conforman todo aquello que deberá realizarse para la elaboración del producto y que no forma parte de la materia prima ni de la mano de obra directa, ver tabla XI.

Tabla XI. **Presupuesto mensual de gastos indirectos de fabricación**

Gastos indirectos de fabricación	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario Q.	Total Q.
<i><u>Materiales indirectos</u></i>				
Parafina	saco	0,50	800,00	400,00
Aceite para afilado	cubeta	0,17	900,00	153,00
Piedra para afilar	unidad	0,05	2 000,00	100,00
Gasolina	galón	132,00	34,00	4 488,00
Aceite para aserradero	servicio	1,00	250,00	250,00
Grasas	tubo	1,00	20,00	20,00
Sierras de cinta para aserradero	caja	1,00	2 900,00	2 900,00
Sierras circulares para reaserradora	caja	4,00	70,00	280,00
Cuchillas para mazos de molduradora	unidad	6,00	300,00	1 800,00
Cuchillas para fresas de molduradora	unidad	6,00	300,00	1 800,00
Sierras circulares para Ingleteadora	unidad	0,17	275,00	46,75
Fleje para 1200 lb de presión	rollo	0,50	1 200,00	600,00
Grapas para flejar	millar	0,50	100,00	50,00
Plástico para embalaje	rollo	3,00	60,00	180,00
Fajas para volantes	unidad	4,00	125,00	500,00
Repuestos de maquinaria	mes			1 000,00
<i><u>Servicios</u></i>				
Reparación de maquinaria	mes			1 000,00
Alquiler de Instalaciones	mes			3 000,00
Energía Eléctrica	mes			3 000,00
Servicio de agua	mes			10,00
<i><u>Depreciación de maquinaria</u></i>				
Aserradero	mes			138,90
Reaserradora	mes			461,10
Molduradora	mes			461,10
Ingleteadora	mes			212,90
<i>Gastos indirectos de fabricación</i>				22 851,75

Fuente: elaboración propia.

3.5.4. Presupuesto de gastos de operación

El último presupuesto realizado, es el de los gastos relacionados con la administración y ventas, los cuales se muestran en la tabla XII.

Tabla XII. **Gastos de operación**

Presupuesto de gastos de operación	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario Q.	Total Q.
<i>Gastos de ventas</i>				
Comisión por venta		1	10 000,00	10 000,00
<i>Gastos de administración</i>				
Secretaria		1	1 000,00	1 000,00
Gerente de producción		1	8 000,00	8 000,00
Contador		1	500,00	500,00
Papelería y útiles de oficina		1	500,00	500,00
Total gastos de administración y ventas				20 000,00

Fuente: elaboración propia.

3.5.5. Presupuesto de efectivo

Para la empresa es vital tener información acerca del comportamiento de su flujo de efectivo. El presupuesto de efectivo permitirá determinar ante todo si la inversión en esta propuesta de producción es rentable y de ser así, ayudará a lograr una mejor administración de su liquidez y así evitar problemas serios por falta de ella.

Para la elaboración del presupuesto de efectivo se utilizan los presupuestos mensuales detallados en los numerales anteriores, tomando en cuenta la programación de producción y de las actividades de instalación, ver apéndice 3.

El presupuesto de efectivo para el primer año, ver apéndice 2, se hace de forma mensual.

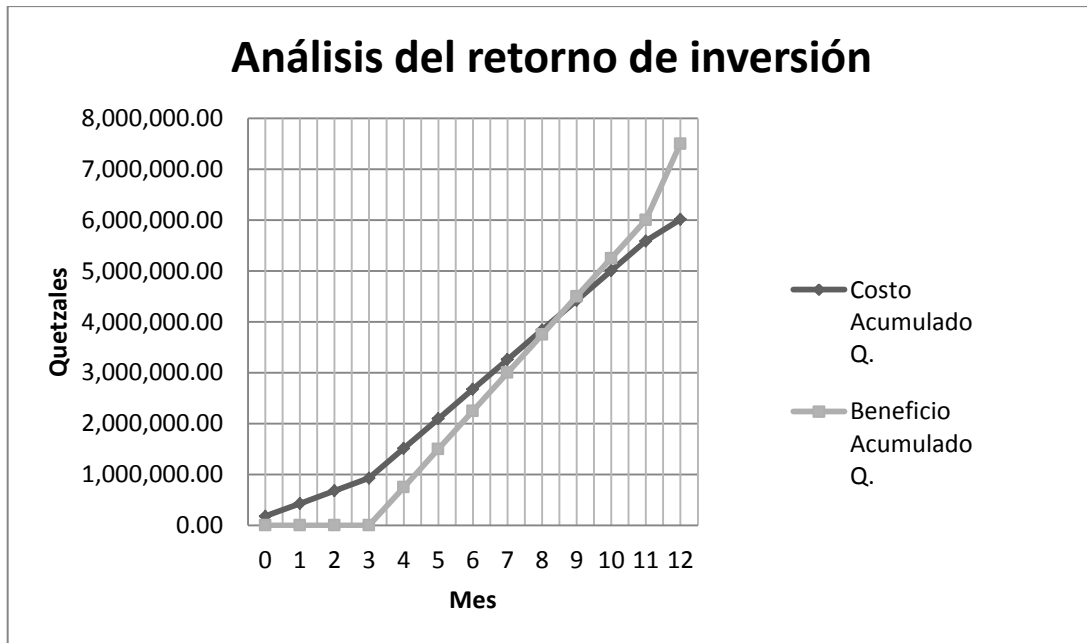
Realizando el presupuesto de efectivo se puede observar en él, las siguientes situaciones:

Para el financiamiento del proyecto se usará capital propio, la inversión total es de Q. 939 455,40.

El presupuesto de efectivo muestra un flujo negativo hasta el tercer mes, siendo este mes el último en el que la empresa debe hacer desembolsos con fondos propios para cubrir los egresos en él presupuestados; esto debido a que se comienza a recibir el pago de las ventas realizadas.

Del cuarto al noveno mes se trabajará con el capital ya aportado hasta lograr el retorno de capital en el noveno mes, ver figura 15

Figura 15. Gráfica de retorno de inversión



Fuente: elaboración propia.

La gráfica de retorno de inversión corresponde a los costos y beneficios acumulados mes con mes y los datos se extraen del presupuesto de efectivo para el primer año y se encuentran tabulados en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Beneficios y costos acumulados**

Mes	Costo Q.	Costo Acumulado Q.	Beneficio Q	Beneficio Acumulado Q.
0	179 887,22	179 887,22	0,00	0,00
1	249 856,06	429 743,28	0,00	0,00
2	249 85,06	679 599,34	0,00	0,00
3	249 856,06	929 455,40	0,00	0,00
4	582 198,97	1 511 654,36	749 880,44	749 880,44
5	582 198,97	2 093 853,33	749 880,44	1 499 760,88
6	582 198,97	2 676 052,29	749 880,44	2 249 641,32
7	582 198,97	3 258 251,26	749 880,44	2 999 521,76
8	582 198,97	3 840 450,22	749 880,44	3 749 402,20
9	582 198,97	4 422 649,19	749 880,44	4 499 282,64
10	582 198,97	5 004 848,15	749 880,44	5 249 163,08
11	582 198,97	5 587 047,12	749 880,44	5 999 043,52
12	424 829,76	6 011 876,87	1 499 760,88	7 498 804,40

Fuente: elaboración propia.

Por último, se observa que luego de un año de operaciones se obtiene una utilidad de Q.1 486 927,53, y como se mencionó anteriormente, el monto de la inversión es de Q. 939 455,40 lo que indica que esta propuesta de producción tiene 159% de rentabilidad en el primer año.

4. IMPLANTACIÓN

Para establecer y poner en ejecución el proceso de producción propuesto, se requerirá realizar actividades que permitan la disponibilidad de todo lo necesario, para su buen desarrollo. Además, se necesita definir que personal las ejecutará y un cronograma para programar su realización.

4.1. Actividades a realizar

Para poder implementar esta propuesta de producción se deberán llevar a cabo actividades de distinta índole, las cuales se describen a continuación:

4.1.1. Infraestructura industrial

- Hornos de secado de madera: se construirán dos cámaras y dos estufas, cada cámara y estufa constituirán un horno de secado de madera. A cada horno se le fabricará e instalará los ductos con un ventilador para conducir el aire caliente de la estufa hacia la cámara; y por último se instalarán los ventiladores que removerán el aire dentro de la cámara de secado.
- Distribución de la maquinaria: esta actividad consiste en llevar cada máquina al lugar asignado en esta propuesta, colocarlas en la posición adecuada para facilitar el flujo de la producción.

- Readequar las instalaciones de la red de energía eléctrica: se harán las instalaciones eléctricas adecuadas a la nueva distribución de las máquinas.
- Acondicionamiento de las instalaciones: es necesario acondicionar las instalaciones existentes: en los servicios sanitarios, pintar las paredes y techo; en el área de producción, cambiar las láminas del techo que están en mal estado.

4.1.2. Adquisición de herramienta y equipo

Comprar herramientas y equipo para suplir a cada una de las estaciones de trabajo, con lo necesario para realizar su labor productiva. Se describe en la tabla XIV.

Tabla XIV. Listado de compras para cada estación

No.	Estación de trabajo	Herramienta y equipo	Materia prima e insumos
1	Aserrado	Cinta métrica y 1 carretilla	20 m ³ de block de cocobolo
2	Secado	Mesa, 1 banco, 1 cuaderno, 1 pesa de 10lb, 4 psicrómetros, 1 cinta métrica y 1 carretilla	-----
3	Reaserrado	1 cinta métrica y 1 carretilla	-----
4	Cepillado	1 cinta métrica, y 1 vernier	-----
5	Cabeceado	1 cinta métrica	-----
6	Clasificado y Embalaje	Flejadora	Flejes y plástico para embalar.
7	Afilado	-----	Aceite refrigerante.

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Actividades administrativas

- Elaboración de hoja de responsabilidades: para la asignación de responsabilidades sobre la maquinaria y las herramientas de trabajo, se deberá elaborar una hoja de responsabilidades para cada trabajador.
- Elaboración del plan de Inducción: para realizar los cambios que se necesitan en la planta debido al cambio de producto a trabajar y a las nuevas operaciones que se adicionarán, se deberá realizar un plan de inducción al nuevo sistema de producción. Este plan de inducción, también será una herramienta para informar a cada empleado individualmente, acerca del qué hacer de la empresa Reforsa, de sus responsabilidades dentro de ella, el objetivo de su puesto de trabajo, los horarios y las normas de conducta dentro de la planta de producción, las normas de producción a cumplir; así como el valor de su trabajo para la empresa.
- Elaboración de controles de producción: deberán crear herramientas sencillas que permitan llevar un control en cada momento, de lo que se está haciendo en la planta, sus niveles de producción y de productividad.
- Elaboración de un sistema para inventarios: crear el sistema de control de inventarios, así como elaborar los formatos para el registro de los movimientos de inventarios de madera y producto en proceso para las diferentes etapas de producción.

4.1.4. Actividades de mantenimiento

Dar mantenimiento a cada una de las máquinas de la planta, para asegurar que trabajen en óptimas condiciones, desde el primer día de operaciones, ver tabla XV.

Tabla XV. **Mantenimiento para cada máquina**

No.	Máquina	Revisar
1	Aserradero Wood-Mizer	<ul style="list-style-type: none"> • Mangueras y cables que no rocen • Fugas de aceite y aire • Que no haya pernos flojos y grietas • El pantógrafo que no tenga pernos flojos y grietas • Sistema de lubricación automático para los brazos de las trozas • Lubricar los rieles con aceite usado • Tensión de cable del carro porta trozas • Tensión de cadenas (verificar y reparar daños) • Lubricar: con aceite usado las cadenas transportadoras • Lubricar: con grasa el cable del carro porta trozas. • Lubricar: engrasar rodillos principales (tres bombeadas)
2	Horno	Revisar su correcto funcionamiento
3	Reaserradora	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar su correcto funcionamiento • Revisión de cojinetes • Engrase de rodos • Afilado de sierras
4	Molduradora	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar su correcto funcionamiento • Revisión de cojinetes • Engrase de rodos • Afilado de cuchillas
5	Ingleteadora	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar su correcto funcionamiento • Limpieza
6	Flejadora	Revisar su correcto funcionamiento

Fuente: elaboración propia.

4.2. Personal requerido

El personal para realizar las diferentes actividades de implantación, se describirá agrupándolo según el carácter de la actividad a realizar, de la manera que sigue:

4.2.1. Infraestructura industrial

- Construcción de los dos hornos de secado de madera: para la edificación de la infraestructura de las cámaras y estufas se contratará a una empresa del ramo de la ingeniería civil para que los elabore con las especificaciones descritas en el apéndice. Para la fabricación e instalación del sistema de secado se contratarán los servicios de una empresa que fabrica infraestructura metálica. Durante el tiempo de la actividad, ésta será supervisada por el gerente de producción.
- Readequar las instalaciones de la red de energía eléctrica: llevada a cabo por un electricista autorizado por la empresa eléctrica, quién será supervisado por el Gerente de Producción.
- Distribución de la maquinaria: el personal actual de la empresa será el encargado de llevar a cabo esta actividad con la supervisión del Gerente de Producción.
- Acondicionamiento de las instalaciones: el personal actual de la empresa será el encargado de llevar a cabo esta actividad con la supervisión del Jefe de Producción.

4.2.2. Adquisición de herramienta y equipo

Esta actividad la llevará a cabo el Gerente de Producción, y si fuera necesario en alguna ocasión contará con el apoyo del Jefe de Producción.

4.2.3. Actividades administrativas

Estas actividades la llevará a cabo el Gerente de Producción contando con el apoyo del Jefe de Producción.

4.2.4. Actividades de Mantenimiento

El operario de cada máquina será el encargado de realizar el mantenimiento de la misma; debido a que se trabajará con máquinas de propósitos generales, y que cada operario tiene conocimiento del funcionamiento de la máquina que opera. El mantenimiento será realizado con el apoyo del Jefe de Producción y supervisado por el Gerente de Producción.

4.3. Cronograma

Para realizar el cronograma para el desarrollo de todas las actividades concernientes a la implementación, se observaron tanto las actividades, el personal requerido, como la programación de la producción que se encuentra en el apéndice 3.

El cronograma para el desarrollo de las actividades se puede observar en la tabla XVI.

Tabla XVI. **Cronograma para la implementación**

Actividades	Mes 1				Mes 2			
	Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Infraestructura industrial								
Fabricación de hornos de secado de madera	■	■	■	■	■	■	■	■
Distribución de la maquinaria	■	■						
Readecuar las instalaciones de la red de energía eléctrica			■	■				
Acondicionamiento de las instalaciones	■	■	■					
Adquisición de herramienta y equipo								
Compra de herramienta y equipo	■							
Actividades administrativas								
Elaboración de hoja de responsabilidades	■	■	■	■				
Elaboración del plan de inducción	■	■	■	■				
Elaboración de controles de producción	■	■	■	■				
Elaboración de un sistema para inventarios	■	■	■	■				
Actividades de mantenimiento								
Dar mantenimiento a cada una de las máquinas			■	■	■			

Fuente: elaboración propia.

5. MEJORA CONTINUA

Establecer un programa de mejora continua que conlleve al aprendizaje continuo de la organización y la participación activa de los trabajadores. Su finalidad será mejorar cualquier aspecto de la empresa que se traduzca en mejoras en la capacidad, la calidad del producto o mejoras en la productividad de los procesos.

5.1. Requerimientos básicos para el programa

Para poder establecer el programa de mejora continua se hace necesario, como primer paso, lograr el compromiso de la alta gerencia, organizar y capacitar al personal que estará a cargo de dicha actividad.

5.1.1. Compromiso de la gerencia

Se requerirá que los directivos, gerentes y personal clave de la planta de producción estén convencidos de los beneficios que trae la implementación de un programa de mejora continua para que estén comprometidos con el mismo y actúen en consecuencia, con las necesidades del programa.

5.1.2. Organización del equipo de trabajo

Integrar un equipo responsable del mismo, que incluya a empleados de las distintas áreas de la empresa, con un alto nivel de compromiso.

El equipo será el responsable de la coordinación del programa, de su implementación y del seguimiento de las medidas recomendadas.

Designar a un coordinador del equipo, quien será el motivador del personal, dará seguimiento a las actividades programadas, llevará registros de los avances, problemas y barreras encontradas; buscará soluciones a estos obstáculos; garantizará el cumplimiento de las metas e informará permanentemente a la gerencia sobre el avance del proceso.

5.1.3. Capacitación del equipo de trabajo

Capacitar al equipo de trabajo encargado del programa de mejora continua para que puedan aplicar este concepto y de ciclos PDCA. La capacitación estará orientada a los siguientes aspectos:

- Qué es un programa de Mejora Continua
- Cómo realizar la planificación del programa de mejora continúa
- Cómo implementar lo planificado
- Cómo verificar lo implementado
- Cómo realizar los ajustes a lo implementado

Los aspectos que cubren lo concerniente al ciclo PDCA se desarrollarán como se indica a continuación.

5.2. El ciclo PDCA

Ideado por Walter A. Shewhart, consiste en una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro fases, llamado el ciclo PDCA por sus siglas en inglés *Plan* (planificar), *Do* (hacer), *Check* (verificar) y *Act* (actuar).

El desarrollo de estas cuatro fases se explica a continuación.

5.2.1. Planificación

En esta fase se establecerán los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados esperados, tomando como foco el resultado esperado.

5.2.1.1. Identificación del problema

Escoger un problema o proceso que se considere de importancia para someterse a estudio y delimitando su alcance del estudio. A continuación se sugiere una lista con temas prioritarios para tomar en cuenta para mejorar la planta de producción:

- Maquinaria más eficiente
- Mantenimiento
- Mejora de instalaciones
- Capacitación del personal
- Mejora en las operaciones

- Seguridad e higiene industrial
- Búsqueda de un aumento en la productividad

5.2.1.2. Recopilar datos

Obtener la mayor cantidad de información sobre la empresa y sus procesos de producción. La toma de datos relevantes del proceso productivo servirá para identificar oportunidades de mejora, entre estos datos se incluirán diagramas del flujo de proceso y de recorrido.

Realizar un recorrido por la empresa, para identificar puntos críticos en las distintas áreas del proceso, haciendo énfasis en el uso eficiente de los recursos. Para esto, previo a realizar el recorrido, el equipo tendrá que tener claridad sobre los aspectos a evaluar y los datos a recopilar

Mediante una lista de chequeo, se establecerán indicadores de comparación que describan o cuantifiquen las variables observadas y que permitan evaluar los avances y logros obtenidos con las medidas que se adopten en las subsecuentes fases del ciclo.

Al momento de recolectar la información y luego al procesarla, se usará un cuadro de situación actual y futura, ver tabla XVII.

Tabla XVII. **Cuadro de situación actual y situación futura**

No.	Situación actual			Situación futura	
	Problemas ¿Qué?	Posibles causas ¿Por qué existe el problema?	Efectos de la situación actual (económicos, seguridad ambiental, organizacional)	Posibles medidas de mejora ¿Con que corregir, que hacer?	Beneficios esperados ¿Cuáles? y, ¿Cuánto en dinero?

Fuente: Centro nacional de producción mas limpia de Honduras. Guía de producción más limpia para la industria forestal primaria. p. 67.

5.2.1.3. Análisis e interpretación de los datos

En esta fase se deberá efectuar el reconocimiento de las distintas etapas del proceso productivo. Identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para el análisis FODA. De este análisis se derivarán las principales recomendaciones de mejora para completar la tabla XVII.

Con la evaluación en planta, se determinará también, la situación general de la empresa, los puntos críticos en el manejo de las operaciones y sus efectos financieros.

5.2.1.4. Establecer los objetivos de mejora

Los miembros del equipo de trabajo deben establecer objetivos, de mejora, así como metas con sus respectivas especificaciones, y establecer indicadores de logros de los resultados esperados, que sean viables.

5.2.1.5. Definir las acciones o procesos necesarios

Una vez definidos objetivos y metas, se elaborará un plan de acción que permita alcanzarlas en el corto, mediano y largo plazo.

Al hacer las recomendaciones, es importante definir con claridad el tipo de medidas a tomar y su forma de implementación, los recursos materiales, de tiempo y humanos necesarios; el costo preciso de inversión requerida, los resultados y los beneficios económicos que se obtendrán.

Al momento de seleccionar las medidas a implementar, se debe analizar la relación costo beneficio de la inversión, así como el período de retorno de las acciones.

5.2.2. Hacer

Con el plan realizado, se prosigue con la implementación de lo previsto llevando un control para que lo que se realice no se desvíe de lo planeado.

5.2.3. Verificar

Pasado un período de tiempo previsto de antemano, se volverán a recopilar datos de control para analizarlos y comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales y así evaluar si se ha producido la mejora.

Monitorear la implementación y evaluar el plan de ejecución, documentando las conclusiones.

5.2.4. Actuar

Con base en las conclusiones anteriormente mencionadas, se analizarán los datos obtenidos como parte de la retroalimentación del sistema y punto de partida para proponer alternativas de mejora o ajustes, si se han detectado errores parciales. Posteriormente, se consolidarán los cambios, terminando así la realización de un ciclo PDCA.

Luego de terminado el ciclo PDCA, el equipo de mejora continua comenzará a trabajar en un nuevo ciclo.

5.3. Temas prioritarios a desarrollar

Los temas que se recomienda abordar en los primeros ciclos de la mejora continua son:

- Mejora de las instalaciones
- Capacitación del personal
- Elaboración de un plan de seguridad e higiene.

5.3.1. Mejora de instalaciones

Actualmente, se está trabajando con las condiciones mínimas de infraestructura, por lo que se recomienda un análisis y mejora de las instalaciones industriales para proveer un mejor ambiente de trabajo.

5.3.2. Capacitación del personal

Sondear la necesidad de capacitación y capacitar al personal de la empresa, debido a que gran parte del éxito de una empresa se debe a su recurso humano, ya que éste debe poseer habilidades, capacidades y conocimientos que le permitan desempeñar de la mejor manera posible sus capacidades dentro del puesto de trabajo

5.3.3. Plan de seguridad e higiene

Es importante implementar un plan de seguridad e higiene industrial en la planta de producción, debido a la naturaleza de los procesos, Los riesgos para la higiene y la seguridad en el trabajo son altos. Incluyen principalmente: peligros físicos, ruido, polvo, sustancias químicas, explosiones, incendios, espacios reducidos.

CONCLUSIONES

1. La planta de producción de la empresa Reforsa posee la infraestructura, maquinaria, servicios y conocimientos mínimos, los cuales son necesarios para llevar a cabo la propuesta de producción, teniendo únicamente que invertir en la fabricación de dos hornos de secado diseñados en el presente trabajo y contratación de nuevo personal.
2. El proceso de producción de la planta deberá tener la capacidad de producir 0,125 m³ de piezas terminadas por hora, que se traduce a 0,2268 m³ de tablón verde por hora y 0,2992 m³ de block por hora.
3. Las estaciones de trabajo se distribuirán como un proceso lineal, ya que se trabajará sólo un producto y de forma secuencial.
4. El análisis financiero muestra que esta propuesta de producción tiene un período de retorno de la inversión de nueve meses, una utilidad acumulada de Q.1 486 927,53 después de su primer año de operación, con una inversión Q. 939 455,40, con una rentabilidad de 159%; por lo que sí es conveniente invertir en ella.
5. Para asegurar un buen desempeño del sistema de producción, se deben comprometer tanto la gerencia como el personal, a implementar un programa de mejora continua.

RECOMENDACIONES

1. Llevar un estricto control de lo planificado para los cambios en infraestructura de propuesta de producción, durante la fase de implantación.
2. Un tiempo después de la implantación, es conveniente realizar un estudio de tiempos y movimientos para establecer tiempos estándares y aumentar la eficiencia en la planta de producción.
3. Mantener despejados los corredores para el flujo del proceso, para ayudar en este esfuerzo, se puede marcar en el piso con pintura, las divisiones de las áreas de cada estación de trabajo, áreas de almacenaje y los corredores para el flujo del producto.
4. Previo a la inversión, se deberá implantar un proyecto de búsqueda de materia prima, para asegurarse el abastecimiento de la misma.
5. Estudiar otros mecanismos de mejora continua para enriquecer el propuesto en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1999. 339 p.
2. BUFFA, Elwood. *Administración y dirección técnica de la producción*. 4a ed. México: Limusa, 1984. 671 p.
3. Centro Regional de Ayuda Técnica Agencia para el Desarrollo Internacional. *El aserradero eficiente*. México: CRATADI, 1970. 39 p.
4. COURTLAND, Nelson; BETHEL, James Samuel. *La industria maderera*. México: Limusa-Wiley, 1965. 397 p.
5. *Diagnóstico del proyecto forest connect sobre las mipymes forestales en Guatemala* [en línea]. <http://www.fao.org/forestry/15914-05aff4878716d778664a4c2461456d813.pdf>. [Consulta: 4 de febrero de 2012].
6. *Guía de Producción Más Limpia para la industria forestal primaria* [en línea]. <http://www.mirahonduras.org/pml/pml.html>. [Consulta: 25 de octubre de 2011].
7. HARDING, H. A. *Dirección de producción*. España: Edaf, 1990. 350 p.

8. *La construcción de viviendas en madera* [en línea]. <http://www.manualespdf.es/manual-construccion-casas-madera>. [Consulta: 10 de febrero de 2012].
9. MALEVSKI, Yoram; ROZOTTO, Alejandro. *Terremoto empresarial*. Guatemala: Piedra Santa, 1996. 223 p.
10. MAYER, Raymond. *Gerencia de producción y operaciones*. México: McGraw-Hill, 1981. 525 p.
11. NIEBEL, Benjamin. *Ingeniería Industrial métodos, tiempos y movimientos*. México: Alfaomega, 1990. 814 p.
12. RAMÍREZ PADILLA, David Noel. *Contabilidad Administrativa*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1994. 360 p.
13. REYES PONCE, Agustín. *El análisis de puestos*. 5a ed. México: Limusa, 1982. 94 p.
14. SCHROEDER, Roger. *Administración de operaciones*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1995. 855 p.
15. VIEHBECK, Peter. *Lo básico del secado de madera con energía solar*. Bolivia: GTZ, 1999. 49 p.
16. VISCARRA, Silverio. *Guía práctica para el secado de madera en hornos* [en línea]. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACG820.pdf. [Consulta: 3 de febrero de 2010].

APÉNDICES

Apéndice 1. Diseño del horno de secado de madera

El secado de madera consiste básicamente en colocar en una cámara de secado una carga de madera separada en hileras por medio de listones de madera, someterla a determinada temperatura mientras se hace circular aire caliente por los espacios entre los listones de la carga; todo esto con el objetivo de extraer su humedad interna hasta que alcance un porcentaje de humedad deseado.

Dentro de este contexto para diseñar el horno de secado se hace necesario contemplar los siguientes cálculos:

1. Cálculos para las especificaciones de diseño de las cámaras

Estos cálculos dan información acerca de las dimensiones de las cámaras, con esta información, también se calcula la disposición de la carga a secar dentro del horno y el caudal de aire que se deberá hacer circular a través de la pila de madera para que ésta se seque rápido, pero evitando los defectos por secado en la madera.

Los cálculos son los siguientes:

Continuación de el apéndice 1.

- a) Dimensiones de la carga o paquete: estas dimensiones corresponden a la altura, ancho y largo de la pila de tablones que se coloca dentro de la cámara del horno para el proceso de secado. Las dimensiones iniciales son las que permiten un secado uniforme en todo el paquete; estas se muestran en la siguiente tabla:

Dimensiones de la cámara de secado

Descripción	Altura (m)	Ancho (m)	Largo (m)
Dimensiones iniciales de la carga del horno	2,5	2,5	5,5
longitud que no se aprovecha debido a las dimensiones de los tablones	0	0,0108	0,0136
Dimensiones de la carga a secar en el horno.	2,5	2,4892	5,4864
Espacio para pasillos de control y paso de aire.	1,0	1,0	1,0
Dimensiones finales de la cámara de secado.	3,5	3,5	6,5

- b) Cálculo del volumen en metros cúbicos (m^3)

Número de hileras por cámara

Altura de la carga 2,5000 m

Altura del tablón 0,0410 m

Altura del listón separador 0,0300 m

Altura de cada hilera:

Altura tablón mas altura del listón separador 0,0710 m

Cantidad de hileras:

Altura del paquete / altura de cada hilera 35,0000

Continuación de el apéndice 1.

- c) Volumen en metros cúbicos por cámara
Volumen de tablón en cada hilera $0,5599 \text{ m}^2$
Capacidad secado de tablonés en la cámara $19,5974 \text{ m}^3$
- d) Cantidad de hornos necesarios para cumplir con la demanda
Volumen de tablonés a secar en un mes $36,29 \text{ m}^3$
Cámaras necesarias 2,0 cámaras
- e) Cantidad de listones separadores necesarios para por hilera:
Espacio entre listones 0,4000
Longitud de la carga 5,4864
Listones por hilera 14,0000
Cantidad de listones por carga 490
- f) Cantidad de ventiladores
A = Área de el espacio entre los listones
A = hileras * (área de espacio entre hileras - área de lo listones)
A = $5,76072 \text{ m}^2$
Q = Caudal de aire, aumentado en un 10%, que los ventiladores deben expulsar, para que la velocidad del aire que corre entre las hileras sea de 1,8 m/s
Q = $1,1 * A * 1,8 \text{ m/seg}$
Q = $11,4062 \text{ m}^3/\text{seg}$
Q = $684,3735 \text{ m}^3/\text{min}$
Q = $41\ 062,4122 \text{ m}^3/\text{hora}$
Qv = Caudal de cada ventilador
Qv = $10\ 000,00 \text{ m}^3/\text{hora}$

Continuación de el apéndice 1.

$$N = \text{Número de ventiladores} = Q / Q_v = 4,1062$$

Con estos cálculos se establece que la cámara debe tener cuatro ventiladores con un caudal de 10 000 m³/hora cada uno.

2. Especificaciones para la construcción de las cámaras

- a) Los cimientos para las cámaras: deben de ser construidos de concreto con las condiciones necesarias para poder soportar la construcción de las cámaras de secado.
- b) El piso de las cámaras: debe de ser construido de concreto con estructumalla con las condiciones necesarias para que pueda soportar las cargas de madera que se han de secar.
- c) Las paredes de las cámaras: deben de ser construidas de ladrillo tayuyo de 6,5 cm X 11 cm X 23 cm para tener suficiente poder aislante y así asegurar la eficiente utilización del calor y deben de tener las columnas de concreto y hierro necesaria para poder sostener el techo de las cámaras.
- d) El techo de las cámaras: debe de ser construido de concreto con estructura metálica con la suficiente capacidad aislante para asegurar la eficiente utilización del calor.
- e) Las puertas de las cámaras: deben de ser de metal, de peso ligero para que se pueda abrir y serrar fácilmente, que ajusten ben para que se pueda aislar bien el exterior del interior.

Continuación del apéndice 1.

3. Fuente generadora de calor

Ésta debe de estar constituida por las siguientes partes:

- a) Quemador de desperdicio: el cual consiste en una estructura de ladrillo de las siguientes dimensiones 2 m de ancho, 2 m de largo y 2 m de alto, que en el centro debe contener un hogar o fogón de 1,5 m de ancho, 1,5 m de largo y 1,75 m de alto, 8 tubos de metal de 6" de diámetro incrustados en la parte superior del hogar estos se colocan con el objeto de calentar el aire que se introducirá a las cámaras de secado y una puerta de metal para serrar el hogar o fogón de 0,5 m de alto por 1 m de ancho.
- b) Tubería de conducción de aire: ésta consiste en unos cilindros que están conectados al quemador de desperdicios y a la cámara de secado con el objeto de introducir aire a las cámaras y de hacer circular el aire entre el quemador y las cámaras.

4. Ventiladores y medidores

- a) Ventiladores: su función es generar la fuerza necesaria para conducir el aire proveniente del quemador a las cámaras.

Equipo para circulación del aire dentro de las cámaras: consisten en cuatro ventiladores de tipo axial que arrojen cada uno de ellos un caudal

Continuación de el apéndice 1.

- b) aproximado de 10 000 m³ por hora, anclados al piso de las cámaras y distribuidos al centro y lo largo de las mismas.
- c) Equipo de control de secado: éste consiste en dos psicrómetros por cámara que nos ayudaran a determinar las condiciones internas de las mismas (temperatura, humedad relativa y la humedad de equilibrio).

Fuente: elaboración propia

Apéndice 2. Flujo de efectivo para el primer año

Flujo de efectivo para el primer año

Concepto	mes 0 Q.	mes 1 Q.	mes 2 Q.	mes 3 Q.	mes 4 Q.	mes 5 Q.	mes 6 Q.	mes 7 Q.	mes 8 Q.	mes 9 Q.	mes 10 Q.	mes 11 Q.	mes 12 Q.	Totales Q.
Ingresos														
Ventas					749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	1,499,760.88	7,498,804.40
Total de ingresos	0.00	0.00	0.00	0.00	749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	749,880.44	1,499,760.88	7,498,804.40
Egresos														
Gastos de instalación	179,887.22													
Costo de producción	0.00	239,856.06	239,856.06	239,856.06	479,712.12	479,712.12	479,712.12	479,712.12	479,712.12	479,712.12	479,712.12	479,712.12	239,856.06	4,797,121.17
Gastos de operación	0.00	10,000.00	10,000.00	10,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	210,000.00
Impuestos	0.00	0.00	0.00	0.00	82,486.85	82,486.85	82,486.85	82,486.85	82,486.85	82,486.85	82,486.85	82,486.85	164,973.70	824,868.48
Total de Egresos	179,887.22	249,856.06	249,856.06	249,856.06	582,198.97	582,198.97	582,198.97	582,198.97	582,198.97	582,198.97	582,198.97	582,198.97	424,829.76	6,011,876.87
Flujo de Efectivo	-179,887.22	-249,856.06	-249,856.06	-249,856.06	167,681.47	167,681.47	167,681.47	167,681.47	167,681.47	167,681.47	167,681.47	167,681.47	1,074,931.12	1,486,927.53
Flujo de Efectivo Acumulado	-179,887.22	-429,743.28	-679,599.34	-929,455.40	-761,773.92	-594,092.45	-426,410.97	-258,729.50	-91,048.02	76,633.45	244,314.93	411,996.40	1,486,927.53	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Programación del proyecto

Id	Nombre de tarea	-1			trimestre 1			trimestre 2			trimestre 3			trimestre 4			tr
		mes -1	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12	mes 13		
1	Primer año de operaciones																
2	Recepción de materia prima																
3	Preparación de infraestructura																
4	Construcción de hornos de secado																
5	Distribución y montaje de maquinaria																
6	Producción de primer embarque																
7	Aserrado																
8	Cargado de madera camara 1																
9	Secado de madera camara 1																
10	Descargado de madera camara 1																
11	Reaserrado de madera camara 1																
12	Cepillado de madera camara 1																
13	Cabeceado de madera camara 1																
14	Embalaje de madera camara 1																
15	Cargado de madera camara 2																
16	Secado de madera camara 2																
17	Descargado de madera camara 2																
18	Reaserrado de madera camara 2																
19	Cepillado de madera camara 2																
20	Cabeceado de madera camara 2																
21	Embalaje de madera camara 2																
22	Finalización de primer embarque																
23	Producción de segundo embarque																
24	Aserrado																
25	Cargado de madera camara 1																
26	Secado de madera camara 1																
27	Descargado de madera camara 1																
28	Reaserrado de madera camara 1																
29	Cepillado de madera camara 1																
30	Cabeceado de madera camara 1																
31	Embalaje de madera camara 1																
32	Cargado de madera camara 2																
33	Secado de madera camara 2																

Continuación del apéndice 3.

Id	Nombre de tarea	trimestre 1			trimestre 2			trimestre 3			trimestre 4			tr				
		mes -1	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11		mes 12	mes 13		
34	Descargado de madera camara 2																	
35	Reaserrado de madera camara 2																	
36	Cepillado de madera camara 2																	
37	Cabeceado de madera camara 2																	
38	Embalaje de madera camara 2																	
39	Finalización de segundo embarque																	
40	Producción de tercer embarque																	
41	Aserrado																	
42	Cargado de madera camara 1																	
43	Secado de madera camara 1																	
44	Descargado de madera camara 1																	
45	Reaserrado de madera camara 1																	
46	Cepillado de madera camara 1																	
47	Cabeceado de madera camara 1																	
48	Embalaje de madera camara 1																	
49	Cargado de madera camara 2																	
50	Secado de madera camara 2																	
51	Descargado de madera camara 2																	
52	Reaserrado de madera camara 2																	
53	Cepillado de madera camara 2																	
54	Cabeceado de madera camara 2																	
55	Embalaje de madera camara 2																	
56	Finalización de tercer embarque																	
57	Producción de cuarto embarque																	
58	Aserrado																	
59	Cargado de madera camara 1																	
60	Secado de madera camara 1																	
61	Descargado de madera camara 1																	
62	Reaserrado de madera camara 1																	
63	Cepillado de madera camara 1																	
64	Cabeceado de madera camara 1																	
65	Embalaje de madera camara 1																	
66	Cargado de madera camara 2																	

Continuación del apéndice 3.

Id	Nombre de tarea	1 trimestre 1			trimestre 2			trimestre 3			trimestre 4			tr				
		mes -1	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11		mes 12	mes 13		
67	Secado de madera camara 2																	
68	Descargado de madera camara 2																	
69	Reaserrado de madera camara 2																	
70	Cepillado de madera camara 2																	
71	Cabeceado de madera camara 2																	
72	Embalaje de madera camara 2																	
73	Finalización de cuarto embarque																	
74	Producción de quinto embarque																	
75	Aserrado																	
76	Cargado de madera camara 1																	
77	Secado de madera camara 1																	
78	Descargado de madera camara 1																	
79	Reaserrado de madera camara 1																	
80	Cepillado de madera camara 1																	
81	Cabeceado de madera camara 1																	
82	Embalaje de madera camara 1																	
83	Cargado de madera camara 2																	
84	Secado de madera camara 2																	
85	Descargado de madera camara 2																	
86	Reaserrado de madera camara 2																	
87	Cepillado de madera camara 2																	
88	Cabeceado de madera camara 2																	
89	Embalaje de madera camara 2																	
90	Finalización de quinto embarque																	
91	Producción de sexto embarque																	
92	Aserrado																	
93	Cargado de madera camara 1																	
94	Secado de madera camara 1																	
95	Descargado de madera camara 1																	
96	Reaserrado de madera camara 1																	
97	Cepillado de madera camara 1																	
98	Cabeceado de madera camara 1																	
99	Embalaje de madera camara 1																	

Continuación del apéndice 3.

Id	Nombre de tarea	-1			trimestre 1			trimestre 2			trimestre 3			trimestre 4		
		mes -1	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12	mes 13	
100	Cargado de madera camara 2															
101	Secado de madera camara 2															
102	Descargado de madera camara 2															
103	Reaserrado de madera camara 2															
104	Cepillado de madera camara 2															
105	Cabeceado de madera camara 2															
106	Embalaje de madera camara 2															
107	Finalización de sexto embarque															
108	Producción de séptimo embarque															
109	Aserrado															
110	Cargado de madera camara 1															
111	Secado de madera camara 1															
112	Descargado de madera camara 1															
113	Reaserrado de madera camara 1															
114	Cepillado de madera camara 1															
115	Cabeceado de madera camara 1															
116	Embalaje de madera camara 1															
117	Cargado de madera camara 2															
118	Secado de madera camara 2															
119	Descargado de madera camara 2															
120	Reaserrado de madera camara 2															
121	Cepillado de madera camara 2															
122	Cabeceado de madera camara 2															
123	Embalaje de madera camara 2															
124	Finalización de séptimo embarque															
125	Producción de octavo embarque															
126	Aserrado															
127	Cargado de madera camara 1															
128	Secado de madera camara 1															
129	Descargado de madera camara 1															
130	Reaserrado de madera camara 1															
131	Cepillado de madera camara 1															
132	Cabeceado de madera camara 1															

Continuación del apéndice 3.

Id	Nombre de tarea	1 trimestre 1			trimestre 2			trimestre 3			trimestre 4			trimestre 4	
		mes -1	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11		mes 12
133	Embalaje de madera camara 1														
134	Cargado de madera camara 2														
135	Secado de madera camara 2														
136	Descargado de madera camara 2														
137	Reaserrado de madera camara 2														
138	Cepillado de madera camara 2														
139	Cabeceado de madera camara 2														
140	Embalaje de madera camara 2														
141	Finalización de octavo embarque														
142	Producción de noveno embarque														
143	Aserrado														
144	Cargado de madera camara 1														
145	Secado de madera camara 1														
146	Descargado de madera camara 1														
147	Reaserrado de madera camara 1														
148	Cepillado de madera camara 1														
149	Cabeceado de madera camara 1														
150	Embalaje de madera camara 1														
151	Cargado de madera camara 2														
152	Secado de madera camara 2														
153	Descargado de madera camara 2														
154	Reaserrado de madera camara 2														
155	Cepillado de madera camara 2														
156	Cabeceado de madera camara 2														
157	Embalaje de madera camara 2														
158	Finalización de noveno embarque														
159	Producción de decimo embarque														
160	Aserrado														
161	Cargado de madera camara 1														
162	Secado de madera camara 1														
163	Descargado de madera camara 1														
164	Reaserrado de madera camara 1														
165	Cepillado de madera camara 1														

Continuación del apéndice 3.

Id	Nombre de tarea	-1			trimestre 1			trimestre 2			trimestre 3			trimestre 4			tr		
		mes -1	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12	mes 13				
166	Cabeceado de madera camara 1																		
167	Embalaje de madera camara 1																		
168	Cargado de madera camara 2																		
169	Secado de madera camara 2																		
170	Descargado de madera camara 2																		
171	Reaserrado de madera camara 2																		
172	Cepillado de madera camara 2																		
173	Cabeceado de madera camara 2																		
174	Embalaje de madera camara 2																		
175	Finalización de decimo embarque																		
176	Fin del primer año de operaciones																		

Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. Tablas psicrométricas

Tabla 1: Humedad Relativa Ambiente y Contenido de Humedad de Equilibrio de la Madera para Diferentes Temperaturas del Bulbo Seco y Depresiones del Bulbo Húmedo

T°C	Humedad %	Diferencia Psicrométrica en °C																															
		1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	25	28										
5	H.R.	86	79	72	65	58	52	45	39	33	20	7																					
	C.H.E.,	19	16	14	12	11	9.5	8.5	7.5	6.5	4.5	1.5																					
15	H.R.	90	85	80	75	71	66	61	57	53	44	36	27	20	13																		
	C.H.E.,	20.5	18	16	14.5	13	12	11	10.5	10	8	7	6	4.5	3																		
25	H.R.	92	88	84	81	77	74	70	67	63	57	50	44	39	33	22	12																
	C.H.E.,	21.5	19.5	17.5	16	15	14	13	12	11.5	10	9	8	7.5	6.5	5	2.5																
35	H.R.	94	90	87	84	81	78	75	72	69	64	59	54	49	44	36	28	20	13	7													
	C.H.E.,	22	19.5	18	16.5	15.5	14.5	13.5	13	12	11	10	9.5	8.5	8	6.5	6	4	3	1.5													
40	H.R.	94	91	88	85	82	80	77	74	72	67	62	57	53	48	40	33	26	20	14	6												
	C.H.E.,	22	19.5	18	17	16	15	14	13	12.5	11.5	10.5	9.5	9	8	7	6	5	4	3	1.5												
45	H.R.	94	91	88	85	83	80	78	75	73	69	64	60	56	52	44	37	30	25	19	14												
	C.H.E.,	22	19.5	18	17	16.5	15	14	13.5	12.5	11.5	10.5	10	9	8	7	6.5	5.5	4.5	4	3												
50	H.R.	95	92	89	86	83	81	79	76	74	70	65	61	58	54	46	40	34	29	24	18	12	5										
	C.H.E.,	22	19.5	18	16.5	15.5	15	14	13.5	12.5	11.5	10.5	10	9	8.5	7.5	6.5	5.5	5	4	3.5	2.5	1										
55	H.R.	95	92	90	87	84	82	80	78	76	72	67	63	60	56	50	43	37	32	27	22	16	10										
	C.H.E.,	21.5	19.5	18	16.5	15.5	14.5	13.5	13	12.5	11.5	10.5	10	9	8.5	7.5	6.5	6	5	4.5	4	3	2										

Continuación del anexo 1.

Continuación Tabla 1

T °C	Humedad %	Diferencia Psicrométrica en °C																					
		1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	25	28
60	H.R.	95	92	90	88	85	83	81	79	77	73	69	65	61	58	52	45	40	35	30	25	20	14
	C.H.E.,	21.5	19	17.5	16.5	15.5	14.5	13.5	13	12.5	11.5	10.5	10	9	8.5	7.5	7	6	5.5	4.5	4	3.5	2.5
65	H.R.	95	93	91	88	86	84	82	80	78	74	70	66	63	60	53	47	42	37	32	28	22	17
	C.H.E.,	21	19.5	17	16	15	14	13.5	13	12.5	11.5	10.5	10	9	8.5	7.5	7	6	5.5	5	4	3.5	3
70	H.R.	96	93	91	88	86	84	83	81	79	75	71	68	65	61	55	50	44	40	35	31	25	20
	C.H.E.,	20.5	18.5	17	15.5	15	14	13.5	13	12	11	10.5	9.5	9	8.5	7.5	7	6	5.5	5	4.5	3.5	3
75	H.R.	96	93	91	89	87	85	83	82	80	76	72	69	66	63	57	51	46	41	38	33	28	22
	C.H.E.,	20	18	16.5	15.5	14.5	14	13	12.5	12	11	10	9.5	9	8.5	7.5	6.5	6	5.5	5	4.5	3.5	3
80	H.R.	97	93	91	89	87	86	84	82	81	77	74	70	67	64	59	53	48	43	40	36	30	25
	C.H.E.,	19.5	17.5	16	15	14.5	13.5	13	12.5	12	11	10	9.5	8.5	8	7.5	6.5	6	5.5	5	4.5	4	3.5
85	H.R.	97	93	91	90	88	86	84	82	81	78	74	71	68	65	60	54	49	45	41	38	32	27
	C.H.E.,	19.5	17	16	15	14	13.5	12.5	12	11.5	10.5	10	9	8.5	8	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4	3.5

To = Temperatura del bulbo seco
 (oC); HR = Humedad relativa (%)
 CHE = Contenido de humedad de equilibrio (%)

Fuente: Hoheisel y colaboradores (1989).

Fuente: VISCARRA, Silverio. Guía práctica para el secado de madera. p. 25-26.